



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL



CARLA CRISTINA FRANCEZ

**QUÍMICA FORENSE E EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA:
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA AS AULAS DE QUÍMICA DO
ENSINO MÉDIO**

Campo Grande – MS

2020

CARLA CRISTINA FRANCEZ

**QUÍMICA FORENSE E EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA:
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA AS AULAS DE QUÍMICA DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Instituto de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof.^a Dra. Daniele Correia

Campo Grande – MS

2020

CARLA CRISTINA FRANCEZ

**QUÍMICA FORENSE E EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA:
UMA PROPOSTA INOVADORA PARA AS AULAS DE QUÍMICA DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Instituto de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Campo Grande, MS, 21 de dezembro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Daniele Correia

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Walmir Silva Garcez

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Sinara München

Universidade Federal da Fronteira Sul

Dedicatória

Dedico a minha mãe, Maria Cecília Bernardelli.

RESUMO

A ciência forense é uma área que fornece suporte às investigações, civis e criminais, de forma que crimes e conflitos possam ser solucionados a partir de métodos e técnicas de análise de vestígios, possuindo diversos segmentos, como engenharia forense, arqueologia forense, entre outros. Neste trabalho, escolhemos uma das ramificações dessa ciência como objeto de estudo: a química forense, que utiliza conceitos químicos para análise, classificação e determinação de substâncias presentes em locais de possíveis crimes, buscando desvendá-los. A química forense possibilita elo entre a disciplina de química do ensino médio em diversas atividades, sendo assim, buscamos em um levantamento bibliográfico compreender como essa área forense tem sido explorada no âmbito educacional, percebemos a carência de trabalhos que abordem conteúdos de química de maneira contextualizada com a área forense e que não sejam apenas atividades lúdicas, como experimentos forenses desvinculados do conteúdo químico, mas sim que agreguem na construção do conhecimento científico. Logo, desenvolvemos um material com potencial para proporcionar aproximação da disciplina de química a situações relacionadas a realidade do aluno, utilizando a química forense como norte, onde através do estímulo da curiosidade e da investigação possibilite favorecer a aprendizagem de conteúdos da disciplina. Para tanto, construímos um produto educacional, voltado ao professor de química, para aplicação com seus alunos, com foco em atividades experimentais investigativas e estudo de casos aliadas à química forense. Nos preocupamos em fornecer um material com diversas atividades e que se adequasse a realidade de muitas escolas, onde não há laboratório de química ou o acesso a reagentes é limitado. Por isso, vídeos dos experimentos forenses estão disponíveis em QR Code no material, além dos roteiros dos experimentos, no formato para impressão, em QR Code, entrevista com um perito criminal, análise de seriados investigativos forenses e estudo de casos. Dessa maneira, as atividades aqui propostas buscam oferecer autonomia aos estudantes, valorizando a experimentação investigativa associada ao estudos de casos, como forma de potencializar o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos químicos.

Palavras-chave: química forense, ciência forense, ensino de química, experimentação investigativa, estudo de casos.

ABSTRACT

Forensic science is an area that provides support to criminal and civil investigations so that crimes and conflicts might be able to be solved through methods and techniques of trace analysis; it has several branches, such as forensic engineering, forensic archeology, among others. In this work, we chose one of the areas of this science as an object of study: forensic chemistry, which uses chemical concepts for analysis, sorting, and defining which substances are present in places of probable crimes, seeking to unravel them. Forensic chemistry allows a connection among chemistry (subject) taught in high school and several activities, and that being so, we tried to find in a bibliographic search how the forensic area has been explored, concerning the educational scope. After that, we could notice the lack of research that addresses the chemistry content in a contextualized way, connected to the forensic area, and also, one that is not only just made of ludic activities such as forensic experiments disconnected from chemical content but also made of activities that aggregate in the construction of scientific knowledge. Therefore, we developed a learning material with the potential to bring the chemistry subject closer to situations related to the student's reality, using forensic chemistry as the guide, where through the stimulus of curiosity and investigation, it can favor the learning of the contents of this subject. Thus, we built an educational product focused on the chemistry educator to apply to their students, focusing on investigative experimental activities and case studies combined with forensic chemistry. We are concerned about providing a learning material with different activities that would suit the reality of many schools, where there is no chemistry laboratory or the access to reagents is limited. So, videos of forensic experiments are available in QR Code inside this material, in addition to the experiment scripts in printable format and QR Code, interview with a criminal expert, analysis of forensic investigative series, and case studies. Thus, the activities proposed here seek to offer autonomy to students, valuing the investigative experimentation associated with case studies as a way to enhance the teaching and learning process of chemistry contents.

Keywords: forensic chemistry, forensic science, chemistry teaching, investigative experimentation, case study.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 SOBRE CIÊNCIA FORENSE E QUÍMICA FORENSE	15
2.1.1 O papel do perito.....	16
2.2 REVISÃO DOS TRABALHOS	17
2.3 EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE VESTÍGIOS FORENSES.....	29
2.3.1 Técnicas para revelação de impressões digitais latentes	31
2.3.1.1 – Técnica do Pó.....	35
2.3.1.2 – Técnica do iodo	38
2.3.1.3– Ninidrina	38
2.3.1.4 – Cianocrilato	40
2.3.2 Técnica para identificação de sangue oculto	41
2.4 ESTUDO DE CASOS.....	43
3 CONSIDERAÇÃO FINAIS	45
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Serviço de perícia criminal simplificado **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2- Reação de complexação dos íons chumbo **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3- Reações químicas envolvendo a precipitação de hexacianoferrato de ferro III
..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4- Marcas reveladas respectivamente da ponta do dedo, palma das mão e palmas
dos pés **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 5- Tipos fundamentais de impressões digitais **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6 - Tipos de impressões digitais..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 7- Aplicação do pó de carvão sobre a impressão digital oculta**Erro! Indicador
não definido.**
- Figura 8 - Impressão digital revelada pela técnica do pó de carvão**Erro! Indicador não
definido.**
- Figura 9- Impressão digital revelada pela técnica do vapor de iodo**Erro! Indicador não
definido.**
- Figura 10- Reação da ninidrina com aminoácidos **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 11- Impressões digitais reveladas em uma folha de papel com solução de
ninidrina..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 12- Estrutura do etilcianoacrilato..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13- Impressão digital revelada utilizando cianoacrilato**Erro! Indicador não
definido.**
- Figura 14- Estrutura química do luminol **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 15- Etapas da aplicação de um estudo de caso **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: composição das glândulas sudoríparas e sebáceas.....	33
Tabela 2: principais pós utilizados para revelação de impressões digitais ocultas.....	36

1 INTRODUÇÃO

A disciplina de química no ensino médio é muitas vezes retratada de maneira onde memorização e conhecimentos pouco aplicáveis ao cotidiano são cobrados. Dessa forma, o estudante tende a acreditar que a ciência está desarticulada do mundo vivencial, pois não consegue relacionar e interpretar fenômenos por saberes científicos, acreditando assim que o conhecimento escolar aparenta estar distante do conhecimento cotidiano. (RICARDO, 2005 ; NEHRING, 2000).

Em vista disso, a contextualização surge como aliada, trazendo significado social para os alunos, possibilitando até mesmo, quando empregada corretamente, que o estudante exerça melhor a cidadania (MARCONDES, 2008).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) (1999) a contextualização ocorre quando há uma relação entre o sujeito e o objeto, ou seja, o tema proposto está associado com a vida dos estudantes, de alguma maneira, e possibilita que o mesmo atue como recurso para a aprendizagem significativa.

“[...] utilizando-se a vivência dos alunos e os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar, busca-se construir os conhecimentos químicos que permitam refazer essas leituras de mundo, agora com fundamentação também na ciência.” (PCNEM, 1999, p.33)

Segundo Marcondes (2008) é possível despertar o interesse do aluno pelo mundo científico utilizando a contextualização, para isso faz-se necessária a escolha de um tema que traga significado ao estudante, pois quando o mesmo reconhece a aplicação e a importância em compreender o conhecimento científico o estudo torna-se interessante e conectado com a realidade, visto que a “aprendizagem significativa pressupõe a existência de um referencial que permita aos alunos identificar e se identificar com as questões propostas” (Brasil, 1999a, p.36).

Diante disso, é relevante buscar temas que proporcionem um ensino de química contextualizado, dentre diversas possibilidades escolhemos a ciência forense, especificamente um de seus ramos: a química forense, utilizada para auxiliar nas investigações criminais, onde diferentes técnicas de análises empregando conceitos químicos são realizadas com o intuito de desvendar crimes.

A ciência forense, bem como a profissão de perito criminal, ganhou destaque nas mídias nos últimos anos, devido a sua importância no desvendamento de crimes, talvez pelo fato do aumento de programas de televisão, documentários e ficção científica relacionados a atividades de equipes de investigadores forenses (BERGSLIEN, 2006; LOCATELLI e MACUGLIA 2018). As séries televisivas CSI (crime scene investigation) e Bones são as mais populares e retratam a rotina de investigadores forenses. Mota e Di Vitta (2014) acreditam que esta exposição na mídia seja benéfica pois há um aumento no número de interessados na química forense e conseqüentemente mais estudos e trabalhos vêm sendo divulgados nesta área.

Entendemos que as discussões geradas a partir da química forense podem ser de extrema relevância nas aulas de química, pois o tema possibilita o estudo de conceitos científicos, tornando-o relevante para abordagem no contexto educacional. Assim a química forense surge como estratégia de ensino onde pode ser explorada em diversas atividades, contendo grande riqueza conceitual e possibilitando conexão em diversos conteúdos a nível de ensino médio.

Nessa perspectiva, o objetivo desse trabalho é elaborar e disponibilizar ao professor de química um produto, em formato de ebook, contendo diversas atividades investigativas de caráter prático (atividades experimentais) e teórico (estudo de caso), para que o professor possa abordar de forma articulada, a química forense aos conteúdos de química do ensino médio.

Essa dissertação está estruturada em 3 capítulos. Nesse primeiro capítulo, introdutório, pontuamos o uso de atividades investigativas para os alunos do ensino médio, em específico, a partir de técnicas forenses.

O segundo capítulo aborda a revisão bibliográfica, dividida em quatro seções. Na primeira parte, sobre ciência forense e química forense, destacamos as divisões da química forense e o papel do perito criminal. Na segunda, realizou-se um levantamento bibliográfico dos artigos relacionados a química forense e o ensino de química no período de 2000 a julho de 2020, envolvendo ou não aplicação experimental com estudantes de nível fundamental, médio ou superior. A terceira seção é destinada à experimentação investigativa e as técnicas de análise de vestígios forenses trabalhadas neste material. Na última parte destacamos a relevância do uso de estudo de casos em sala de aula bem como características que um bom caso deve apresentar.

No último capítulo, capítulo 3, apresentamos as considerações finais.

O produto educacional, o ebook intitulado “Química forense: uma proposta inovadora envolvendo atividades experimentais investigativas e estudo de casos”, é fruto desta dissertação e foi elaborado pensando no professor que não possui dispõe de laboratório de química na sua escola e/ou dispõe de recursos limitados para a compra de vidrarias e reagentes químicos, visto que, em geral, os reagentes forenses são caros de alto custo e de difícil acesso. A seguir faremos uma breve apresentação do produto educacional, que está dividido em 5 capítulos:

- **Capítulo 1: Uma breve introdução à Ciência Forense**

Capítulo introdutório que traz simplificada o que é a ciência e a química forense e, em resumo, as técnicas de análise de vestígios que são abordadas neste material. Professor! Aponte a câmera do seu celular para o QR Code disponível no início do capítulo, você será encaminhado para o vídeo da “entrevista com perito forense”, é um breve bate papo em que o perito explana sobre os desafios da profissão perito forense, áreas de atuação do perito, principais técnicas de análises de vestígios utilizadas em perícias, uma conversa motivadora e esclarecedora para alunos e professores.

Como atividade inicial, a problematização inicial, sugerimos a aplicação do “questionário inicial” e “atividade com seriado” descritas a seguir, que estão disponíveis em QR Code para impressão, caso o professor julgar necessário.

Questionário inicial: com o objetivo de verificar os conhecimentos dos alunos em relação a ciência forense e conteúdos de química relacionados aos experimentos forenses que serão discutidos nesse material, o professor pode aplicar o questionário inicial, reservando um tempo de uma hora aula para que os estudantes respondam as questões propostas.

Atividade com seriado: são sugeridos alguns trechos de episódios do seriado de ficção científica que retratam a rotina de um perito criminal. Os trechos foram selecionados de forma que o aluno observe o trabalho do perito em cenas de crime. Sugerimos que após os alunos assistirem os episódios e responderem as questões propostas, seja feita uma discussão com colegas e o professor, procurando apontar os mitos e verdades sobre a rotina do perito em cenas de crime real e de ficção científica.

- **Capítulos 2 ao 4: Experimentação Forense**

São 3 capítulos, destinados à organização do conhecimento, que abordam desde as técnicas de análise forenses utilizadas por peritos criminais na elucidação de crimes aos conteúdos químicos relacionados a elas. O assunto principal de cada capítulo está descrito a seguir:

- Capítulo 2: Revelando a impressão digital: as técnicas do pó de carvão e do iodo.

- Capítulo 3: Revelando a impressão digital: as técnicas do cianoacrilato e da ninidrina.

- Capítulo 4: Identificando sangue oculto com luminol

No início de cada capítulo, o professor encontra um QR Code que contém o roteiro experimental do aluno, que pode ser impresso e/ou compartilhado.

Professor! Entendemos que o difícil acesso aos materiais, vidrarias e reagentes forenses não pode ser um impedimento para que os estudantes conheçam um pouco sobre as técnicas de análise forenses. Pensando nisto, preparamos vídeos curtos de cada uma das técnicas forenses abordadas neste e-book. Os vídeos foram produzidos por uma das autoras deste e-book, disponibilizado em QR code, no canto superior direito de cada roteiro do aluno, e apresentam os objetivos do experimento, materiais e reagentes necessários e realização do procedimento experimental. Assim, o professor pode optar em realizar o experimento (já que cada vídeo apresenta os materiais, reagentes, procedimento e execução bem detalhado) em sala ou reproduzir o vídeo em sala de aula.

Um outro diferencial interessante do roteiro do aluno é que ao final do procedimento experimental constam questões cuja solução está condicionada à atenção do aluno na exibição do vídeo e ao domínio dos conhecimentos de química. A ideia central destas questões é que os estudantes estabeleçam, orientados pelo professor, consigam estabelecer conexões entre os fenômenos observados nos experimentos e os conteúdos de química. Em cada capítulo de experimentação forense, o professor encontra uma breve explicação sobre a técnica de análise de vestígios abordada, e um material complementar químico, que pode ser utilizado para estudo do professor e/ou fornecido aos alunos, caso julgue pertinente.

- **Capítulo 5: Elucidando crimes**

Este capítulo é direcionado à aplicação do conhecimento, para tanto, foram elaborados dois casos de crimes que permitem que os estudantes sejam, de certa forma, “peritos por um dia”, eles precisam elucidar os misteriosos casos criminais, com base nos conhecimentos químicos abordados a partir dos experimentos forenses.

Aconselhamos que os casos sejam aplicados somente depois da realização ou exibição dos vídeos dos experimentos forenses (capítulos 2 ao 4).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOBRE CIÊNCIA FORENSE E QUÍMICA FORENSE

A ciência forense pode ser classificada como uma área interdisciplinar envolvendo física, química, biologia e matemática, com o objetivo de dar suporte as investigações da justiça civil ou criminal (CHEMELLO, 2006; MAIA, 2012; SEBASTIANY et al. 2013). Algumas subdisciplinas são consideradas por Monteiro (2011), tais como balística forense, química forense, biologia forense, cenas de crime, toxicologia, entre outras. Em concomitância, Agostini, Ribeiro e Azevedo Filho (2017, p.8) classificam as ciências forenses como “o termo que designa o desenvolvimento de estudos, teorias e experimentos capazes de compreender e auxiliar o sistema judiciário”.

Dentre todas as ramificações da ciência forense, destacamos a química forense como objeto de estudo, uma das áreas de maior visibilidade, onde utilizam-se conceitos químicos para análise, classificação e determinação de substâncias presentes em locais de possíveis crimes (MAIA, 2012; CHEMELLO, 2006).

A química forense apresenta um leque de atividades, Oliveira (2006) e Mota e di Vitta (2014) destacam algumas delas:

- Doping esportivo: uso de substâncias não permitidas para atletas em competições.
- Ambientais: danos causados por empresas ou pessoas ao meio ambiente.
- Industriais/Trabalhistas: avaliação de equipamentos, segurança no trabalho, espaço físico, etc.
- Perícias policiais: principalmente análise de vestígios encontrados em cenas de crime.

Dentre as aplicações da química forense, a ênfase deste trabalho está nas perícias policiais, procurando mostrar o papel do perito forense em cenas de crime e no laboratório para análises de vestígios, bem como principais testes realizados para solucionar crimes.

2.1.1 O papel do perito

Partindo do pressuposto de Edmond Locard, pioneiro em estudos criminalísticos no início do século XX, — “every contact leaves a trace” — “todo contato deixa um rastro”, White (2004) classifica como um princípio simples mas com grande profundidade e que remete a importância de salientar o papel do perito criminal. Motta e Di Vitta (2014) apontam a presença dos peritos desde a investigação em locais de crime até os testes laboratoriais.

O trabalho desse profissional em geral começa ao ser acionado pela polícia para se dirigir a uma cena de crime, primeiramente o perito analisará as informações repassadas para selecionar o material necessário e então se dirigir ao local do crime. Ao chegar, verifica se a cena está conservada e isolada (geralmente os policiais utilizam uma fita de isolamento) caso não esteja, realiza as anotações e observações pertinentes, visto que a preservação do local é um dos fatores decisivos para que o trabalho do perito seja realizado com sucesso. Os próximos passos são análise preliminar de cadáveres (caso haja), busca e coleta de vestígios (sangue, impressões digitais, fios de cabelo, entre outros) seguindo as técnicas mais apropriadas, fotografar a cena, realizar diversas anotações e liberar o local, esses processos descritos acima são chamados “front offices”. A seguir, serão realizados os “back offices”, ou seja, as análises dos vestígios em laboratório, emissão de laudos e assim, conclusão do caso (RODRIGUES et al. 2010).

A Figura 1, esquematizada por Rodrigues, et al. (2010) inspirado em Johnston e Clark (2005), representa simplificada a atuação de um perito criminal desde a chegada a cena de crime (denominado entrada na Figura 1) entrada até os resultados finais (denominado saída na Figura 1).

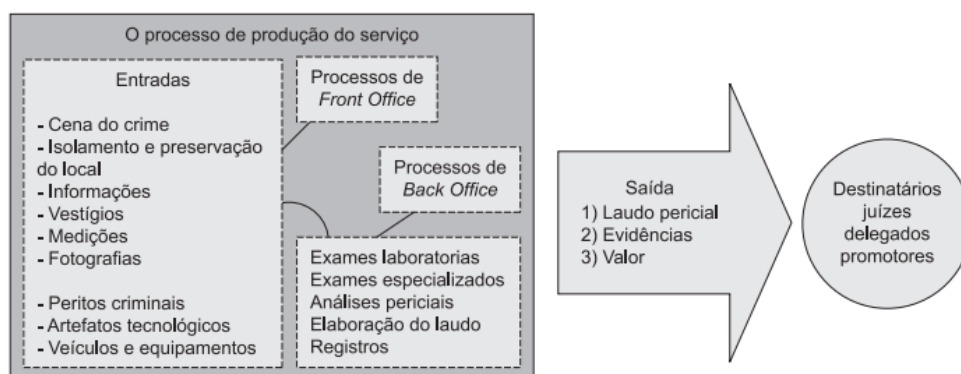


Figura 1- Serviço de perícia criminal simplificado
Fonte: RODRIGUES et al. (2010).

2.2 REVISÃO DOS TRABALHOS

Realizamos um levantamento bibliográfico com o objetivo de investigar como a ciência forense, em particular no ensino de química, vem sendo explorada nos níveis fundamental e médio. Com isso, buscamos examinar aquilo que já foi elaborado nessas pesquisas e apontar os enfoques dados pelos pesquisadores, as abordagens mais utilizadas, bem como as lacunas ainda existentes, a fim de traçar um panorama variado do que vem sendo produzido.

O levantamento das produções foi realizado nas revistas nacionais da área de ensino de ciências, listadas na classificação dos periódicos realizada pelo chamado Qualis da CAPES para a área de Ensino, com conceito A1, A2 ou B1 ou B2, com ano de base 2016. Devido aos objetivos desta pesquisa, foram excluídos os periódicos da área de ensino de matemática. Além disso, selecionamos prioritariamente revistas cujo foco editorial contempla especificamente pesquisas na área de ensino de ciências. Dessa forma, selecionamos para essa busca as seguintes revistas: Química Nova na Escola, Didáctica de la Química, Experiências em Ensino de Ciências, ACTIO: Docência em Ciências, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista brasileira de ensino de Ciência e Tecnologia, Ciência em Tela e Revista Brasileira de Ensino de Química.

Foram selecionados trabalhos que atendessem aos seguintes critérios: reportar o uso de técnicas forenses (em geral, com experimentação), análise de cenas de crime fictícios e utilização de seriados televisivos com tema perícia criminal, em alguma atividade didática aplicada em sala aula (âmbito formal de ensino); e/ou ter sido aplicado na educação básica (EM e EF). Com relação a pesquisa dos artigos nas revistas, optou-se por fazer a busca em cada volume publicado, identificando no título palavras como: “química forense”, “experimentação forense”, “perícia” e “investigação criminal”. Em seguida, realizou-se a leitura do resumo. Em ambos os casos, quando necessário, fazia-se a leitura completa do trabalho para verificar se tratavam de uso da ciência forense aplicada no contexto escolar da educação básica.

Localizamos 14 trabalhos seguindo os critérios anteriormente citados, onde predominou uso de atividades experimentais e análise de cena de crime fictícia.

Rosa, Silva e Galvan (2013) no trabalho intitulado “Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação”, realizaram atividades experimentais com estudantes baseadas em análises feitas em laboratórios da perícia criminal. O estudo

envolveu cerca de 20 alunos da terceira série do ensino médio noturno de uma escola estadual na cidade de Toledo, Paraná. Os autores inicialmente aplicaram um questionário com perguntas do tipo: “você consegue compreender a disciplina de química?”, “você gosta de química?” e “tem interesse por investigação criminal?”. Percebe-se que a ênfase no questionário está em saber a opinião dos alunos quanto a disciplina de química e o que os estudantes sabem sobre química forense, deixando assim, de associar conteúdos de química com a área forense.

Após essa primeira etapa, as técnicas de revelação de impressões digitais com cianoacrilato, identificação de sangue oculto utilizando o reagente Kestle-Meyer, cromatografia em papel e extração de DNA foram realizadas, sendo que os dois primeiros experimentos foram apenas demonstrativos, devido a não disponibilidade de materiais em quantidade necessária.

Para as atividades cromatografia em papel e extração de DNA os alunos se dividiram em grupos e puderam realizar os experimentos sob a orientação dos responsáveis pelo projeto. Segundo os autores, com esses experimentos, foi possível introduzir conceitos químicos como solubilidade, ligações químicas e reações de oxidação e redução. Como material de apoio, os estudantes receberam uma apostila contendo, para cada técnica, a aplicação no ramo forense, o procedimento e uma explicação simplificada do que foi observado na prática.

Após aplicação das técnicas, simulou-se uma cena de crime onde os alunos deveriam utilizar os conhecimentos adquiridos para elucidar o caso, porém não de forma a relacionar com assuntos da disciplina de química, e sim, apenas descobrir qual a técnica forense a ser empregada. Por fim, um questionário foi aplicado, basicamente no formato do inicial, com questões objetivas e discursivas para os alunos opinarem quanto as atividades realizadas (se gostaram ou não). Nesse momento apenas aparecem alguns questionamentos com conceitos químicos: “como ocorre a cromatografia?” (discursiva) e “no teste de identificação de sangue, o que acontece quando o peróxido de hidrogênio reage com a hemoglobina presente no sangue?”(questão objetiva).

O artigo intitulado “A construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais: contribuições de uma Oficina Temática sobre Investigação Criminal”, de Volpato, Aguiar e Reis (2017), traz uma oficina temática sobre investigação criminal aplicada para vinte alunos do ensino médio durante um estágio supervisionado.

A ciência forense foi inserida em um caso fictício de violência doméstica, onde foi montada uma cena de crime e os estudantes deveriam agir como peritos,

investigando e coletando provas e evidências pertinentes, apenas com ênfase na atividade de um perito criminal, não relacionando-a com conteúdos da disciplina de química.

Após esse momento os alunos realizaram o experimento revelação de impressão digital com iodo, e em seguida, responderam um questionário com perguntas relativas a técnica forense realizada e conteúdos de química relacionados, como: “O que ocorre quando aquecemos o iodo? Explique”, “Qual a composição química do resíduo deixado pela impressão digital?” e “Explique por que é possível revelar a impressão digital com iodo”.

A partir das respostas dos alunos, foram trabalhados os conteúdos de polaridade, interações intermoleculares e solubilidade do iodo. Os autores ressaltam que os estudantes tiveram dificuldades para utilizar a linguagem científica e responder as questões discursivas, bem como dúvidas em relação ao conteúdo químico, porém, isso oportunizou as discussões, esclarecimentos e assim ocorreu a construção do conhecimento.

Cruz et al. (2016) também aplicaram a técnica da revelação de impressão digital com o reagente iodo com estudantes, além de uma atividade de identificação de DNA. O trabalho foi desenvolvido com alunos do 9º ano do ensino fundamental.

Inicialmente os alunos tiveram aulas expositivas, para conhecer algumas técnicas forenses e receber informações de como a química está inserida no contexto, e em seguida, a partir de uma história de um crime fictício contada pelo professor, os experimentos foram realizados pelos alunos.

Segundo os autores, o relato do suposto crime foi importante antes da prática para aguçar a curiosidade e tornar a atividade ainda mais interessante, assim, os estudantes sentiram-se no papel de investigadores e peritos criminais.

Os autores citam alguns conteúdos que podem ser trabalhados com os estudantes, como sublimação, pontos de fusão e ebulição das substâncias, halogênios, adsorção física e forças intermoleculares, porém não há registro de que foram feitas contextualizações entre a química forense e conteúdos de química.

Com esse mesmo viés experimental, Sebastiany et al. (2013) propuseram atividades forenses organizadas em 4 módulos, em cada módulo, os autores descrevem os reagentes, materiais e procedimento necessários para cada técnica e também informações complementares forenses diretamente relacionadas com o assunto, por exemplo, o módulo 3 traz estudos relacionados com as manchas e respingos de sangue

em cena de crime, para que o leitor possa entender como os peritos sabem o local exato da cena de crime onde uma vítima foi alvejada, se a vítima estava em pé, deitado ou sentada. Assim, quando aplicado a estudantes da educação básica, o conhecimento adquirido pelo aluno será ampliado, pois além de aprender sobre a técnica forense, o estudante compreende a aplicação de tal, que, segundo os autores, pode facilitar o processo de aprendizagem em diversas disciplinas, conforme a o objetivo e orientação do professor, porém, os autores não relacionam tais atividades da área forense com conteúdos de quaisquer disciplinas do ensino médio em que o professor possa ser orientado a trabalhar com os seus alunos.

Os autores sugerem que os módulos em qualquer nível de ensino, sem citar conteúdos e disciplinas que possam ser trabalhados, além disso, os mesmos ressaltam que caso o objetivo seja discutir conceitos científicos o melhor é realizar as atividades com estudantes do o ensino médio. Assim como Sebastiany et al. (2013), Poletto (2017) propôs atividades experimentais forenses em módulos didáticos, em seus respectivos trabalhos ambos ressaltam que os experimentos podem ser reproduzidos por docentes e discentes de diversos níveis de ensino permitindo integrar conteúdos das disciplinas de química, física, biologia e matemática. Mas, sabendo da realidade da maioria das escolas, tais práticas são de difícil acesso pelo preço de reagentes e materiais necessários.

Poletto (2017) propôs atividades forenses organizadas em 5 módulos, para cada módulo, o autor descreve o procedimento e materiais necessários, reações químicas de algumas técnicas e apenas cita conceitos que podem ser abordados com os estudantes.

De maneira geral, o autor se preocupou em relacionar os experimentos e atividades de modo interdisciplinar, citando conteúdos que possam ser trabalhados. No módulo didático 1, sobre intervalo pós morte, há a sugestão do professor trabalhar conceitos como temperatura, aquecimento, resfriamento, capacidade calorífica e troca de calor, assuntos comumente tratados tanto na física quanto na química. No módulo 2, técnicas de revelação de impressões digitais, diversos conceitos químicos são sugeridos para serem abordados com os alunos, como forças intermoleculares, adsorção, processos endotérmicos e exotérmicos e polimerização. Já no módulo 3, pegadas, em química é possível discutir a composição do gesso e dos polímeros usados para moldar uma pegada, na matemática, equações algébricas e unidades de medida são assuntos relacionados, o autor fornece uma fórmula simples para que a partir de um molde seja calculado o número do calçado do suspeito, podendo ajudar a elucidar crimes, uma vez

que a partir do tamanho da pegada e das marcas deixadas pelo calçado pode-se chegar ao suspeito.

Em balística, módulo 4, não são citados conteúdos didáticos que poderiam ser trabalhados com estudantes, porém há a possibilidade de relacionar física e química. Por fim, o módulo 5, identificação de sangue oculto, cita a disciplina de biologia, onde aparecem conceitos de composição de sangue humano, importância das hemácias nas trocas gasosas e transporte de gases por todo o organismo, e menciona a disciplina de química novamente, ácido-base e reações químicas.

Sebastiany, Pizzato e Salgado (2015), além de experimentos forenses, utilizaram um Ambiente Interativo de Aprendizagem (AIA) como proposta didática com o tema “detetive por um dia – aprendendo a investigar por meio da ciência forense” com o objetivo de aproximar os estudantes das ciências através de atividades investigativas.

O projeto foi promovido pelo Centro Universitário UNIVATES, de Lajeado-RS, e aplicado para 12 alunos do ensino médio em dois encontros, totalizando 10 horas de atividade. Dois cenários compuseram o AIA: um contendo uma cena de crime fictício e outro com um laboratório de análises forenses. Na cena do crime, objetos foram colocados para servirem como pista, que poderiam auxiliar os estudantes para desvendar o mistério, como copos, mural com fotos, sangue, pegadas, entre outros. O laboratório fictício criado continha luvas, pinças, reagentes, computadores contendo entrevistas com testemunhas e suspeitos.

A proposta didática foi organizada em 5 momentos:

- 1º Momento: apresentação da proposta aos estudantes pelos pesquisadores seguida da aplicação de um questionário inicial individual com questões relacionadas a curiosidades e interesses do aluno em relação ao projeto.

- 2º Momento: os alunos ouviram o relato de um “oficial de justiça” apresentando um crime fictício, em seguida elaboraram perguntas relacionadas a cena do crime que seriam feitas ao oficial, caso fosse possível. Por fim, nesse momento, os pesquisadores conversaram com os estudantes para averiguar as percepções e opiniões quanto ao caso.

- 3º Momento: os alunos se dirigiram a cena de crime para observar e fazer anotações, e só então foram liberados para buscar evidências na cena de crime que auxiliassem na elaboração de hipóteses quanto ao caso e continuar fazendo todas as anotações necessárias.

- 4º Momento: nessa etapa, os pesquisadores auxiliaram os alunos, orientando e tirando dúvidas, além disso, disponibilizaram materiais com descrição de técnicas

forenses, como de revelação de impressões digitais, identificação de sangue oculto e balística. Dessa forma, os alunos criaram estratégias e caminhos, realizaram experimentos forenses, como revelação de impressão digital para comparar com a da cena de crime.

- 5º Momento: para finalizar, os estudantes elaboraram um laudo, apresentando os procedimentos e métodos utilizadas na investigação e a conclusão do caso. O 5º momento encerrou-se com o questionário final, buscando a opinião dos estudantes quanto as atividades realizadas.

Esse trabalho não inseriu conteúdos químicos ou referentes a outra disciplina do ensino básico, o foco de Sebastiany, Pizzato e Salgado (2015) foi envolver os alunos como protagonistas, despertar interesse e curiosidade pelas atividades, estimular a criatividade e desenvolvimento de autonomia, novamente esse é mais um trabalho onde os conceitos químicos não são envolvidos nas atividades forenses, o foco é o lúdico e não o conhecimento científico.

Ainda na perspectiva experimental, Oliveira (2006) em seu trabalho com o título “Química Forense: a utilização da química na pesquisa de vestígios de crime”, aborda duas técnicas realizadas em laboratórios forenses: análise de armas de fogo e identificação de adulteração em veículos, o objetivo é compreender as reações químicas relacionadas com essas técnicas.

Em uma breve introdução, o autor traz a importância da química forense na elucidação de crimes e destaca o papel do perito criminal, responsável por identificar, coletar e analisar em laboratório os vestígios encontrados em uma cena de crime.

Diante disso, o autor introduz conceitos químicos sobre a técnica análise de armas de fogo, Oliveira (2006) ressalta que em crimes onde há tais armas, é comum encontrar vestígios do disparo devido a expansão gasosa provocada pela combustão da carga explosiva nas munições, onde muitos compostos estão envolvidos, como CO_2 (g) e SO_2 (g), e outros contendo nitrito, nitrato, cátions de metais de chumbo e antimônio.

Uma das principais análises de vestígios de armas de fogo consiste na detecção de chumbo nas mãos de um suspeito de ter atirado, conhecido como teste residuográfico. Oliveira (2006) descreve o procedimento da seguinte maneira:

“A análise química de chumbo consiste na coleta prévia de amostra das mãos do suspeito, mediante aplicação de tiras de fita adesiva do tipo esparadrapo nas mesmas e subsequente imobilização dessas tiras em superfície de papel de filtro. As referidas tiras, ao serem borrifadas com solução acidificada de

rodizonato de sódio, se apresentarem um espalhamento de pontos de coloração avermelhada, indicam resultado positivo para o disparo”. (OLIVEIRA, p.18. 2006)

A reação química envolvida consiste na complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato, como mostra a Figura 2.

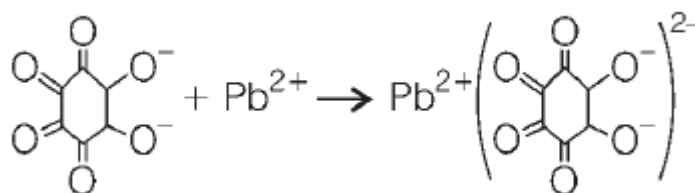


Figura 2- Reação de complexação dos íons chumbo
Fonte: Oliveira (2006)

Uma técnica diferente dos trabalhos mencionados até este momento na revisão é abordada no artigo “a identificação de adulteração em veículos seja por mudança na numeração da placa ou de chassi”, uma maneira de identificar tal falsificação é através de um ataque químico, utilizando uma solução aquosa alcalina de hexacianoferrato de potássio, chamada de reagente de Murikami, e aplicada a superfície adulterada revela a numeração original previamente removida, a explicação química, segundo os autores é a precipitação de hexacianoferrato de ferro III, ou Azul da Prússia, conforme as reações ilustradas na Figura 3:

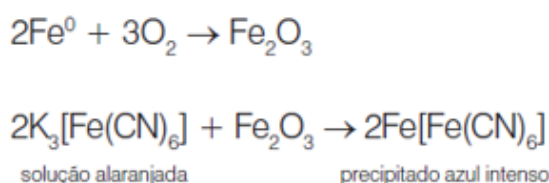


Figura 3- Reações químicas envolvendo a precipitação de hexacianoferrato de ferro III
Fonte: Oliveira (2006)

Assim como autores supracitados, Oliveira (2006) também considera seu artigo bastante útil ao professor, o autor ressalta a possibilidade das atividades descritas serem feitas em um laboratório de química com alunos do ensino médio devido a fácil reprodutibilidade dos experimentos e fácil preparo das soluções dos reagentes empregados, porém, podemos reafirmar que reagentes são de difícil acesso para a maioria dos professores, principalmente em escolas públicas.

Diferente dos trabalhos supracitados, Oliveira et al. (2018) analisaram o conteúdo programático da teoria atômica de Bohr em livros didáticos utilizados em colégios

públicos no Município de Campo Mourão, no estado do Paraná. Os autores relataram a falta de explicações do assunto relacionadas com o cotidiano dos alunos nesses materiais, dificultando assim, a compreensão dos mesmos sobre o tema, visto que, se o aluno não encontra aplicação, dificilmente compreenderá e guardará na memória tal assunto. Oliveira et al. (2018) sugeriram a realização do experimento forense: revelação de sangue oculto com o reagente luminol, onde é possível, a partir dessa prática, explicar a quimioluminescência, fenômeno que é comumente discutido no conteúdo teoria atômica de Bohr. Dessa maneira, o trabalho assemelha-se aos artigos aqui descritos, os autores disponibilizam o procedimento experimental e explicações a cerca da quimioluminescência do reagente forense luminol, sugerindo que o professor reproduza a atividade com seus alunos, o que dificilmente poderá acontecer, visto que, o reagente luminol é caro e de difícil acesso, bem como sua síntese é complexa de ser realizada.

Aliando experimentação e séries televisivas, Dias Filho e Antedomenico (2010) publicaram o trabalho intitulado “A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais”, mostrando que a área forense pode ser uma útil ferramenta de ensino para diferentes disciplinas.

A série televisiva utilizada nesse trabalho foi CSI (Crime Scene Investigation), uma famosa série de investigação criminal muito popular entre os jovens e retrata a rotina de peritos criminais em geral, em uma cena de um crime, coletando evidências e provas, e em laboratórios forenses, realizando análises.

Sobre o seriado CSI, o trabalho explana que é comum em vários episódios os protagonistas chegarem a um local de crime e ao se depararem com uma mancha que parece ser sangue humano, realizarem um rápido teste para confirmarem ou descartarem a hipótese.

Para ser utilizado como forma de contextualização no ensino de física, especificamente no conteúdo relacionado com trocas de calor, Dias Filho e Antedomenico (2010) sugerem a atividade relacionada com a estimativa do tempo de morte, por intermédio da análise do esfriamento corporal. Os autores orientam o professor a levar os alunos ao laboratório para determinar o decaimento da temperatura de uma substância qualquer, para isso, traz orientações de como a atividade deve ser realizada.

Os autores finalizam o trabalho destacando a possibilidade de atividades interdisciplinares e que a falta de exploração da ciência forense é um desperdício para o

sistema educacional brasileiro, visto que a temática desperta interesse entre a maioria dos estudantes, e se bem aplicada, favorecerá o processo de ensino-aprendizagem.

Semelhante ao artigo citado anteriormente, Tenório, Leite e Tenório (2016) fazem uso de seriado com foco forense, sendo escolhido um episódio da série CSI como recurso pedagógico para discutir conceitos da disciplina de física.

Participaram 32 alunos da 2ª série do ensino médio em um colégio militar do Rio de Janeiro. Inicialmente os estudantes assistiram o episódio 182 Miami, we have a problem (Miami, nós temos um problema) escrito por Sam Hill e com duração de 40 minutos, selecionado por possibilitar a discussão de diversos conteúdos de física.

Em um segundo momento, os estudantes receberam um questionário qualitativo onde as perguntas foram direcionadas de forma que os alunos relacionassem os conhecimentos de física adquiridos em sala de aula com cenas do episódio, julgando se as informações estavam de acordo com conceitos físicos tais como: gravidade zero, velocidade máxima, queda livre, terceira lei de Newton e equação de Bernoulli.

Os resultados, segundo os autores, mostraram que os alunos tiveram dificuldade na resolução, mas que durante as discussões as dúvidas foram esclarecidas e ficou nítida a construção do conhecimento de maneira lógica, onde muitos conceitos envolvidos na ficção são aplicáveis na vida real, porém que alguns são mostrados erroneamente em seriados, filmes e programas de TV em geral, o que pode dificultar o aprendizado.

Ainda no tema seriados forenses, Silva e Rosa (2013) trazem uma proposta intitulada: “Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de química”. Como o próprio título sugere, o uso da série forense CSI é o foco principal do trabalho, porém, os autores também realizam atividades experimentais de técnicas forenses.

Por meio de trechos de episódios da série CSI, seguidos da parte experimental forense referente, foram trabalhados os seguintes conteúdos da disciplina de química: reações de oxidação e redução, forças intermoleculares e separação de misturas com ênfase em cromatografia, porém não ficou claro quanto a forma de abordagem desses conteúdos e dos questionamentos feitos aos alunos. Os autores concluíram que os alunos se interessaram pelos conteúdos de química ao saber como era possível relacioná-la em trechos de um programa de TV, no caso o seriado CSI, ou seja, a química está até mesmo no momento de lazer e compreendê-la de maneira contextualizada torna a aprendizagem mais fácil.

O trabalho de Miola e Engelmann (2017) apresenta a ciência forense à estudantes de nível médio, porém, com intuito diferente, alunos do PIBID, Programa

Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, realizaram atividades com estudante do 1º ano do ensino médio técnico integrado em administração, com o objetivo de verificar a interação entre estudantes e futuros professores de química e proporcionar aos pibidianos a vivência da prática pedagógica.

Os futuros professores leram e discutiram um texto “Identificação genômica – o DNA forense” de Watson e Berry (2005). O conteúdo de química discutido foi ligação química e solicitou-se que os alunos identificassem os tipos de ligações presentes na estrutura do DNA. A partir dessas atividades, analisaram as falas dos estudantes e futuros professores e concluíram que diferentes tipos de abordagem de conteúdo podem ser utilizados em contato com um estudante, o professor deve levar o aluno a participar do processo de ensino e de aprendizagem através de questionamentos dando abertura para o estudante expor suas ideias.

Dois relatos relacionados com estudo de caso foram encontrados, o trabalho de Oliveira et al. (2017) intitulado “interdisciplinaridade e ciência forense na perspectiva do ensino de química: um estudo de caso em sala de aula” e o de Miranda et al. (2014) intitulado “Atividades Experimentais e Estudo de Caso Aliados a Investigação Criminal.

Oliveira et al. 2017 utilizaram um estudo de caso para trabalhar os assuntos de reações e soluções químicas, porém, segundo os autores, foi possível inserir a interdisciplinaridade, englobando física, biologia e língua portuguesa.

Participaram da pesquisa 30 alunos do 2º ano do Curso Técnico Integrado de Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* João Pessoa. O projeto teve a duração de 6 semanas e foi dividido em 5 etapas, descritas a seguir:

1ª etapa: os alunos foram convidados participarem de uma história atuando como peritos em formação, em seguida, receberam informações pertinentes a atividades desses profissionais e áreas de atuação.

2ª etapa: os participantes receberam aulas contextualizadas sobre o tema forense, sendo duas aulas de química, duas de física, duas de biologia e uma de língua portuguesa. Nas aulas de química, os participantes aprenderam a preparar soluções que posteriormente seriam utilizadas nas análises referentes a uma cena de crime fictícia criada, realizaram testes de revelação de impressão digital e sangue. Para finalizar essa etapa, os autores citam a aplicação de uma atividade de fixação, com questões

contextualizadas, porém, em nenhum momento são fornecidas essas questões ou descritos os assuntos abordados.

3ª etapa: nessa etapa os alunos tiveram acesso a cena de crime e tentaram reconstruir o crime de acordo com provas como depoimentos, história/trama, provas biológicas e físicas. Em nenhum momento os autores relatam a composição da cena do crime, os tipos de provas ou mesmo a história do crime.

4ª etapa: realização de testes forenses no laboratório, provas do crime foram etiquetadas e fotografadas, formulários preenchidos e então as informações foram inseridas em um site fictício de dados.

5ª etapa: realização de um julgamento. Separados por grupos, os alunos propuseram soluções para o crime, um integrante do grupo representou o papel de promotor e buscou persuadir os demais. Com o julgamento encerrado, a versão verdadeira criada foi revelada e os alunos discutiram conferindo as suas especulações.

Segundo os autores, os estudantes foram avaliados pela participação efetiva, contando: frequência nas aulas, entrega de resumos, relatórios listas de exercícios contextualizados, experimentações, etc. Um questionário chamado pós avaliativo foi aplicado ao final, desejando saber a opinião do aluno quanto as atividades realizadas com questões como: “foi possível assimilar com maior facilidade os conteúdos de química?” “Como você avalia o projeto?”.

O segundo trabalho sobre estudo de caso é de Miranda et al. 2014, intitulado “Atividades Experimentais e Estudo de Caso Aliados a Investigação Criminal: estratégias metodológicas para o Ensino de Química”, como o próprio título sugere, foram utilizados experimentos e estudos de caso com o objetivo de contextualizar conteúdos de química, foi escolhida uma escola pública de São Sepé, Rio Grande do Sul, e participaram 43 alunos da 3ª série do ensino médio.

É interessante a forma como os autores iniciam o trabalho, breves introduções sobre investigação criminal no ensino de química e atividades experimentais são explanadas, onde os autores comentam, dentre outros assuntos, a importância de alguns conhecimentos de química para os peritos forenses realizarem o trabalho e como isso muitas vezes está ligado ao uso de técnicas experimentais. Para finalizar essa etapa inicial, os autores trazem critérios e definições de estudo de caso, além de uma breve revisão de trabalhos no ensino de química que utilizaram estudos de caso como metodologia de ensino.

As atividades desenvolvidas totalizaram 12 horas/aula e foram divididas nas seguintes etapas:

1ª etapa (1 hora/aula): apresentação da proposta. Aplicação de um questionário diagnóstico inicial e apresentação de um vídeo relacionado a história da química forense e contendo trechos da série CSI, com o objetivo de instigar a curiosidade nos estudantes. No questionário, investigou-se os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema e sobre assuntos químicos pertinentes relacionados com o projeto, como funções orgânicas e preparo de soluções.

2ª etapa (6 horas/aula): aplicação e desenvolvimento dos conteúdos científicos relacionados a atividade. 3 horas/aula foram dedicadas a teoria, conteúdos de química pertinentes as atividades que seriam realizadas foram explicados aos estudantes, tais como concentração de soluções e funções orgânicas, além de tópicos da ciência forense: o que são vestígios e provas encontradas em locais de crimes e principais testes forenses. Em outras 3 horas/aula, os seguintes experimentos forenses realizados: revelação de impressão digital e revelação de manchas de sangue a partir do reagente Kestle-Mayer. Não ficou clara a participação direta dos estudantes no experimento relacionado com impressão digital, já no teste do reagente Kastle Meyer, os alunos participaram efetivamente, cada estudante realizou o experimento individual.

3ª etapa (4 horas/aula): estudos de caso. Momento de aplicar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores partindo da aplicação do estudo de caso, em seguida, análise de uma cena de crime e por fim produção de um relatório pericial pelos estudantes. O caso elaborado foi: “O Mistério do Assassinato de Marina”. Em grupos, os estudantes deveriam propor soluções para o crime, com isso receberam informações sobre a vítima e os últimos momentos da vida da jovem, a construção de uma cena de crime fictícia do assassinato oportunizou a coleta de evidências e vestígios auxiliando nas investigações. Os estudantes tiveram o prazo de 4 dias para entregarem a solução para o caso por escrito.

4ª etapa (1 hora/aula): aplicação do questionário final. A análise dos resultados está baseada na comparação entre as respostas dos alunos no questionário final e inicial, verificando se houve construção do conhecimento.

Os autores apontam para uma evolução dos alunos, tanto nos conhecimentos teóricos da disciplina de química quanto na motivação para estudar, os estudantes mostraram-se interessados, curiosos e participativos. Dessa forma, os pesquisadores

concluíram que atividades experimentais e estudos de caso podem ser utilizados como aliados ou complementos ao ensino tradicional.

2.3 EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE VESTÍGIOS FORENSES

É consenso entre professores e diversos autores que a experimentação no ensino de química é um importante recurso pedagógico e pode auxiliar na construção do conhecimento. Em geral, os estudantes se mostram interessados pelas aulas práticas, a princípio por realizarem uma atividade diferente, que desperta curiosidade, porém, o papel da experimentação no ensino está muito além de tirar o aluno da rotina de uma aula tradicional, levando-o a observar fenômenos e reações que estão relacionadas com conteúdos vistos em sala de aula. (GIORDAN, 1999; PEREIRA, 2010)

Entendemos que a experimentação deve ser aliada à contextualização, como declara Wartha e Faljoni-Alário (2005), é de suma importância compreender o significado de contextualização, que não é apenas exemplificar com fatos do cotidiano, o aluno deve entender a relevância e a aplicação do conhecimento:

“Contextualizar é construir significados e significados não são neutros, incorporam valores porque explicitam o cotidiano, constroem compreensão de problemas do entorno social e cultural, ou facilitam viver o processo da descoberta”. (WARTHA e FALJONI-ALÁRIO, p.43, 2005)

Os PCN+ (BRASIL, 2002) ressaltam a importância da experimentação no ensino de química em uma abordagem relacionada com o cotidiano do estudante, com o cuidado para que não seja uma mera experimentação, mas sim, apresente papel didático, contribuindo para a aprendizagem.

“Defende-se uma abordagem de temas sociais (do cotidiano) e uma experimentação que, não dissociadas da teoria, não sejam pretensos ou meros elementos de motivação ou de ilustração, mas efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes. Para isso, é necessária a articulação na condição de proposta pedagógica na qual situações reais tenham um papel essencial na interação com os alunos (suas vivências, saberes, concepções), sendo o conhecimento, entre os sujeitos envolvidos, meio ou ferramenta metodológica capaz de dinamizar os processos de construção e negociação de significados” (BRASIL, 2002, p. 117).

Tais situações podem ser associadas à experimentação investigativa, onde inicia-se de uma problematização e há a participação do aluno de forma ativa, possibilitando o

estudante a ir além de realizar um experimento, fazendo-o refletir, investigar, debater, formular hipóteses e tomar decisões (MORTIMER, MACHADO e ROMANELLI 2000; GUIMARÃES, 2009).

Borges (2002) alerta para o fato de que a experimentação investigativa não é tão simples de ser conduzida e realizada, o processo de autonomia e diversas habilidades que uma atividade com esse perfil pode desenvolver requer tempo e etapas de aplicação. É importante que os estudantes tenham contato de início com atividades investigativas mais simples, onde os alunos podem ser divididos em grupos, recebendo questionamentos diretos relacionados com a prática. Em níveis mais aprofundados de experimentação investigativa, os alunos poderão debater assuntos que envolvam criação de hipóteses, tomada de decisões, como qual técnica experimental deve ser realizada, ou como proceder na investigação de um caso, dentre outras situações que necessitam de grande autonomia dos estudantes.

A experimentação pode ser classificada como tradicional ou investigativa, a tradicional inclui demonstrações, ilustrações e comprovações de teorias onde o aluno muitas vezes já conhece o resultado que será obtido e, portanto, não envolve formulação de hipóteses para posterior elaboração de conclusões. Por outro lado, a experimentação investigativa envolve a participação do estudante para resolução de uma situação problematizadora, e assim, há elaboração de hipóteses, ou seja, as atividades planejadas para que haja reflexão e tomada de decisões pelos próprios alunos (SOUZA et al, 2013).

Na experimentação investigativa os alunos têm papel ativo, Segundo Souza et al. (2013), partir de uma situação problema, onde os alunos sintam-se interessados e busquem solucioná-la, tornam a ação do educando mais ativa, motivando-os a busca pelo conhecimento, para a resolução de desafios.

É papel do professor a orientação do processo, questionar os estudantes para que eles proponham maneiras de solucionar o problema apresentado, podendo também indicar ou fornecer informações necessárias bem como auxiliá-los na análise de dados. Porém, essa não é uma tarefa simples ao educador, uma atividade investigativa exige planejamento, em termos de conteúdo e sobre questões sociais, culturais, políticas ou outras que possam surgir, dependendo do assunto tratado (GIBIN e FERREIRA, 2014).

Cabe ao aluno estabelecer relações, discutir, refletir, testar hipóteses e elaborar uma conclusão possível. O estudante pode apresentar dificuldades de interpretação das informações, pois as atividades apresentam orientações, e não ordem diretas, visto esse papel do aluno, as atividades pré e pós experimentação podem contribuir para a

compreensão do processo (DAMIANI, 2013; PESSOA e ALVES 2011; SOUZA et al. 2013).

Discussões prévias sobre o assunto a ser tratado na prática investigativa podem ser classificadas como atividades pré-experimentação, onde há análise os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema principal, isso tende a enriquecer as discussões e favorecer a construção do conhecimento, como exemplo o uso do questionário inicial. As discussões pós experimentação também são enriquecedoras, faz com que os estudantes pensem sobre os dados obtidos, sobre as conclusões propostas diferentes entre grupos ou individualmente e analise as conclusões relacionando-as com assuntos estudados em sala, uma discussão mais científica e aprofundada é esperada nessa etapa (SOUZA et al., 2013; BORGES, 2002).

As atividades investigativas proposta nesse material estão relacionadas com técnicas forenses de revelação de impressões digitais e identificação de sangue oculto, as quais estão descritas a seguir.

2.3.1 Técnicas para revelação de impressões digitais latentes

A papiloscopia é um método técnico-científico de identificação humana por meio de impressões papilares, subdividida em quiroscopia, podoscopia e datiloscopia. A quiroscopia e a podoscopia examina, respectivamente as impressões deixadas pelas palmas das mãos e palmas dos pés, enquanto a datiloscopia analisa as impressões digitais, que são linhas formadas pelas pontas dos dedos de mãos e pés (FARIAS, 2010). A Figura 4, traz as marcas reveladas na papiloscopia.

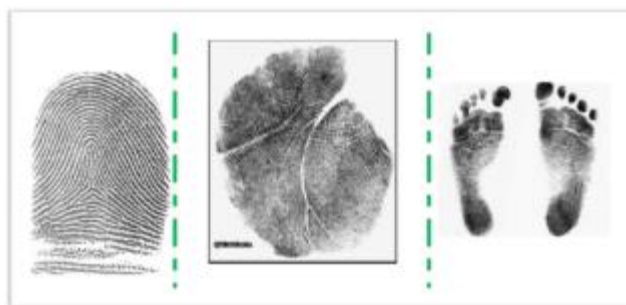


Figura 4- Marcas reveladas respectivamente da ponta do dedo, palma das mão e palmas dos pés
Fonte: <https://segurancaenciasforenses.com/2014/06/18/lofoscopia-2/>

Dentre as subáreas da papiloscopia, a datiloscopia é a mais importante no campo forense, pois impressões digitais são mais comuns de serem encontradas em cenas de

crime e são eficazes para a identificação de um indivíduo, visto que os padrões das linhas das digitais são únicos e exclusivos de uma pessoa e são formados ainda na barriga da mãe e influenciados por diversos fatores, como: movimentações do feto, genética e nutrição da mãe. Sendo assim, nem mesmo gêmeos idênticos, terão todos esses fatores iguais e por isso não apresentarão as mesmas digitais, podendo assim, serem identificados individualmente. Além disso, os padrões das linhas das digitais não costumam apresentar mudanças significativas ao longo do tempo (DALUZ, 2014).

Não se pode afirmar quando surgiram as técnicas de identificação biométricas (por impressões digitais), mas certamente não é recente. Segundo Ramotowski (2012), foram encontradas marcas de impressões digitais aparentemente propositais, usadas como sinal de identificação, em sítios arqueológicos datados do período neolítico. Outros estudos, mostram marcas intencionalmente depositadas em artefatos da antiga Babilônia, (500 a.C) como identificação pessoal.

Oficialmente, o primeiro registro de um sistema de classificação de impressões digitais é datado de 1858 por Sir William Herschel, um administrador britânico que trabalhava no governo na Índia Britânica (atual Paquistão, Bangladesh e Myanmar). A princípio, Herschel começou a utilizar marcas das impressões das mãos para assinatura de contratos com o intuito de gerar temerosidade, garantindo assim que quem assinasse cumprisse com os compromissos. Porém, com o tempo, analisando diversas digitais coletadas, Herschel percebeu o potencial de utilizá-las para identificar indivíduos e então propôs um sistema de classificação (RAMOTOWSKI, 2012).

Na área criminal, a Argentina foi o primeiro país a utilizar um sistema de identificação decadactilar, ou seja, impressão digital dos dez dedos das mãos de um indivíduo, registrando todos os detentos do sistema penitenciário. O responsável pela classificação foi Juan Vucetich, antropólogo e policial Croata naturalizado Argentino, que criou em 1882 o sistema que ficou conhecido em todo o mundo como Sistema Vucetich, (VEIGA, 2020).

A classificação das impressões digitais segundo o método de Vucetich consiste em quatro grupos fundamentais: arco, presilha interna, presilha externa e verticilo. A seguir estão descritos e ilustrados na Figura 5 os quatro tipos de impressões digitais:

- Presilha interna: um delta a direita do observador, linhas nucleares correm para a esquerda do observador
- Presilha externa: um delta a esquerda do observador, linhas nucleares correm para a direita do observador

- Verticilo: dois deltas, um à esquerda e outro à direita do observador. Linhas assumem configurações variadas.
- Arco: ausência de delta, as linhas atravessam a impressão de um lado para o outro em uma forma abaulada

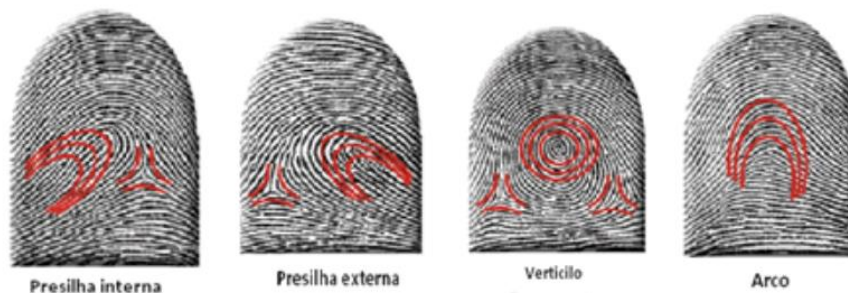


Figura 5- Tipos fundamentais de impressões digitais
Fonte: CHEMELLO, 2006.

As impressões digitais são classificadas em moldada, visível e latente (Figura 6). Peixoto e Ramos (2010) definem a impressão moldada como a formação da impressão digital em uma superfície macia, como ceras e pomadas, ou assentamento em substâncias onde possam aderir algumas misturas, tais como poeiras, tinta a ou verniz frescos. A impressão digital visível, também chamada de impressa, resulta de mãos sujas geralmente com tinta, sangue ou poeira que em contato com uma superfície adequada ficam aparentes. Por fim, as impressões digitais latentes ou ocultas, formadas pelos resíduos de diversas substâncias presentes nas pontas dos dedos, que resultam em marcas invisíveis ou fracamente visíveis em determinadas superfícies. A Figura 6, traz as classificações das impressões digitais.

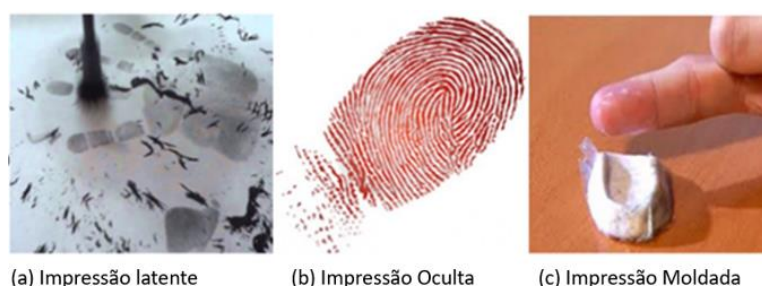


Figura 6 – Tipos de impressões digitais
Fonte: <https://segurancaenciasforenses.com/2014/06/18/lofoscopia-2/>

As impressões latentes, também chamadas de impressões papilares latentes e identificadas com a sigla IPL, são comumente encontradas em cenas de crime. Pois, ao tocarmos objetos ou superfícies, marcas das nossas digitais ficam registradas de maneira invisível. Identificar todos os componentes de uma impressão digital é bastante complexo, além da água, que representa 99%, é possível encontrar aminoácidos, compostos nitrogenados, ácidos graxos, ácido láctico, glicídios e lipídios, ânions cloreto, fosfato e sulfato, alguns cátions metálicos, entre outros (ATKINS e JONES, 2012; CHEMELLO, 2006; FARIAS, 2010).

Quando as marcas não são recentes, a composição basicamente será compostos oleosos, gordurosos ou sebáceos. Duas glândulas contribuem majoritariamente para a composição das marcas: sebáceas e sudoríparas (ATKINS e JONES, 2012; CHEMELLO, 2006).

As glândulas sebáceas secretam os chamados sebos, estão associadas aos folículos capilares, são abundantes no couro cabeludo e ao tocarmos o cabelo compõem a impressão digital. As glândulas sudoríparas produzem o suor, logo, quando uma pessoa está realizando algo ilícito tende a aumentar a transpiração e assim, mais marcas de impressões digitais podem ficar ocultamente registradas na superfície tocada. As glândulas sudoríparas são divididas em écrinas e apócrinas. O suor écrino é excretado pelas palmas das mãos e dedos e as apócrinas em regiões como axilas e aréolas mamárias (BLEAY, CROXTON e DE PUIT, 2018). A composição química das glândulas citadas, que conseqüentemente faz parte das impressões digitais, está descrita na Tabela 1:

Tabela 1: composição das glândulas sudoríparas e sebáceas

Glândulas	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Sudoríparas	Cloretos	Aminoácidos
	Íons metálicos	Uréia
	Amônia	Ácido láctico
	Sulfatos	Açúcares
	Fosfatos	Creatinina
	Água	Colina Ácido úrico
Sebáceas		Ácidos graxos Glicerídeos

	Hidrocarbonetos
	Álcoois

Fonte: adaptado de Bleay, Cronton e De Puit (2018).

A composição das impressões digitais é bastante complexa, sendo que o contato com cosméticos, cremes, alimentos, sabonetes, poeiras pode aderir componentes a mais nas impressões digitais (DALUZ, 2014).

Atualmente, a observação e análise das impressões digitais competem ao papiloscopista, o trabalho exige muita experiência para obtenção de resultados confiáveis, sua função é revelar as IPL, registrá-las e/ou recolhê-las para posterior análise em um laboratório.

Muitos são os métodos para detectar IPL justamente pelos diferentes tipos de impressões que podem existir em um local de crime, sendo assim a escolha da técnica ideal pelo perito é de suma importância para que a impressão revelada seja de excelente qualidade ou para que a mesma não se perca durante o processo de revelação. Portanto, alguns fatores devem ser considerados tais como: tipo de superfície e temperatura. É preciso se ater as condições climáticas para que a impressão digital revelada tenha uma boa qualidade ou não acabe se destruindo bem como analisar o material da superfície onde se deseja revelar a digital (CHEMELLO, 2006).

O perito papiloscopista é o responsável por coletar fragmentos papilares em locais de crimes e analisa-los em equipamentos laboratoriais ou utilizando reagentes químicos, posteriormente, por comparação com impressões digitais já conhecida, poderá avaliar e de excluir todas, exceto de um indivíduo, e, portanto, têm certeza de que a impressão da cena do crime foi feita pelo mesmo indivíduo que também forneceu a impressão de controle: o doador da impressão de controle foi identificado ou individualizado como o doador da marca (RAMOTOWSKI, 2012).

As técnicas mais utilizadas para revelação de IPL estão descritas a seguir.

2.3.1.1 – Técnica do Pó

Os pós provavelmente são os meios mais antigos de revelação de impressões digitais, estão em uso desde o final do século XIX e muito utilizados até os dias atuais pois são de baixo custo e em geral bastante eficientes. Historicamente, os pós continham metais pesados inorgânicos, como chumbo e mercúrio, além de outros componentes tóxicos. Um método bastante arriscado envolvia polvilhar acetato de chumbo ou

carbonato em papel e depois fumegar o substrato com sulfeto de hidrogênio para produzir cristas marrons (RAMOTOWSKI, 2012).

A escolha do pó é de fundamental importância, condições como tipo de superfície (vidro, madeira, papel, entre outras) e condições climáticas (umidade do ar), tempo de impressão digital (recente ou não) devem ser levados em consideração. Além disso, a cor do pó deve contrastar com a superfície, para que a impressão digital seja claramente visível ao ser revelada, por isso, muitas opções estão disponíveis, como os pós fluorescentes, magnéticos, brancos e os mais comuns, os pós pretos (DALUZ, 2014; FARIAS, 2010).

Há uma grande variedade de pós pretos e muito finos, muito utilizado para superfícies lisas, não rugosas e não adsorventes, como o vidro. Os pós pretos mais utilizados por peritos são o pó de dióxido de ferro e o pó dióxido de manganês (CHEMELLO, 2006). Na Tabela 2 são listados os principais pós utilizados e a composição de cada.

Tabela 2: principais pós utilizados para revelação de impressões digitais ocultas

Pós Pretos		
Pó óxido de ferro	Óxido de ferro	50%
	Resina	25%
	Negro-de-fumo	25%
Pó dióxido de manganês	Dióxido de manganês	45%
	Óxido de ferro	25%
	Negro-de-fumo	25%
	Resina	5%
Pó negro-de-fumo	Negro-de-fumo	60%
	Resina	25%
	Terra de Fuller	15%
Pós Brancos		
Pó óxido de titânio	Óxido de titânio	60%
	Talco	20%
	Caulin	20%
Pó carbonato de chumbo	Carbonato de chumbo	80%
	Goma arábica	15%
	Alumínio em pó	3%

	Negro-de-fumo	2%
--	---------------	----

Fonte: Chemello, 2006.

Poletto (2017), em seu trabalho que abordou alguns experimentos forenses, utilizou carvão para a revelação de impressões digitais. Essa técnica consiste em triturar o carvão, com o auxílio de almofariz e pistilo, para a obtenção de um pó bastante fino. Em uma superfície lisa, como uma folha de papel, colocou a impressão digital, borrifou o pó sobre a superfície, agitou o papel para espalhar o pó e cuidadosamente retirou o excesso do pó com um pincel. A impressão é revelada por meio do processo conhecido como adsorção. A adsorção é a adesão de átomos, íons ou moléculas de um gás, líquido ou sólido dissolvido a uma superfície. Este processo cria uma película do adsorvato na superfície do adsorvente. Este processo difere da absorção, em que um fluido (o adsorvente) é dissolvido por ou permeia um líquido ou sólido (o adsorvente), respectivamente.

O pó utilizado para revelação de impressões digitais é apolar e interage com os compostos gordurosos (apolares) da impressão digital, a interação é de caráter elétrico, do tipo dipolo induzido, tipicamente forças de van der Waals pois ambos são apolares. As Figuras 7 e 8 a seguir ilustram, respectivamente, a aplicação do pó de carvão na base de uma taça de vidro, onde há uma impressão oculta, e o resultado obtido após o decalque da impressão digital utilizando uma fita adesiva.



Figura 7- Aplicação do pó de carvão sobre a impressão digital oculta

Fonte: as autoras



Figura 8 – Impressão digital revelada pela técnica do pó de carvão
Fonte: as autoras

2.3.1.2 – Técnica do iodo

Técnica utilizada para revelação de impressões digitais em superfícies porosas claras, como folhas de papel. É uma das técnicas mais antigas, juntamente com a do pó, utilizada a cerca de 150 anos (BLEAY, CROXTON e DE PUIT, 2018).

O iodo é um sólido de coloração cinza-violeta, volátil a temperatura ambiente e quando aquecido sofre sublimação, propriedade de poucas substâncias (SANTOS e SOUZA 2016). Sebastiany et al. (2013) e Silva e Rosa (2013) propuseram atividades investigativas sobre ciência forense e investigação criminal utilizando iodo para revelar impressões digitais. Utilizando esse método, a impressão digital revelada deve ser rapidamente fotografada pois o iodo adsorvido na impressão tem a tendência de sublimar novamente, mesmo que a temperatura ambiente, e assim, a digital volta a ser latente. A Figura 9 retrata uma impressão digital revelada utilizando a técnica do vapor de iodo.



Figura 9- Impressão digital revelada pela técnica do vapor de iodo
Fonte: as autoras.

2.3.1.3– Ninidrina

A ninidrina é historicamente o reagente mais comum para a revelação de impressões digitais em substratos porosos, usada desde a década de 1950. A síntese da

ninidrina foi relatada pela primeira vez pelo professor Siegfried Ruhemann em 1910 (DALUZ, 2014; RAMOTOWSKI, 2012).

A ninidrina reage com os aminoácidos, polipeptídeos e proteínas produzidos pelas glândulas sudoríparas e sebáceas presentes nas impressões digitais formando um componente violeta conhecido como púrpura de Ruhemann. A superfície onde há a IPL não deve estar molhada ou exposta a umidade muito alta, além disso, temperaturas elevadas propiciam a revelação mais rápida, em torno de 70°C é o ideal (FARIAS, 2010; JELLY, 2009; MALUQUE, 2016).

Bleay, Croxton e Puit (2018) representaram a reação que ocorre entre a ninidrina e aminoácidos, Figura 10, que resulta na formação da cor púrpura:

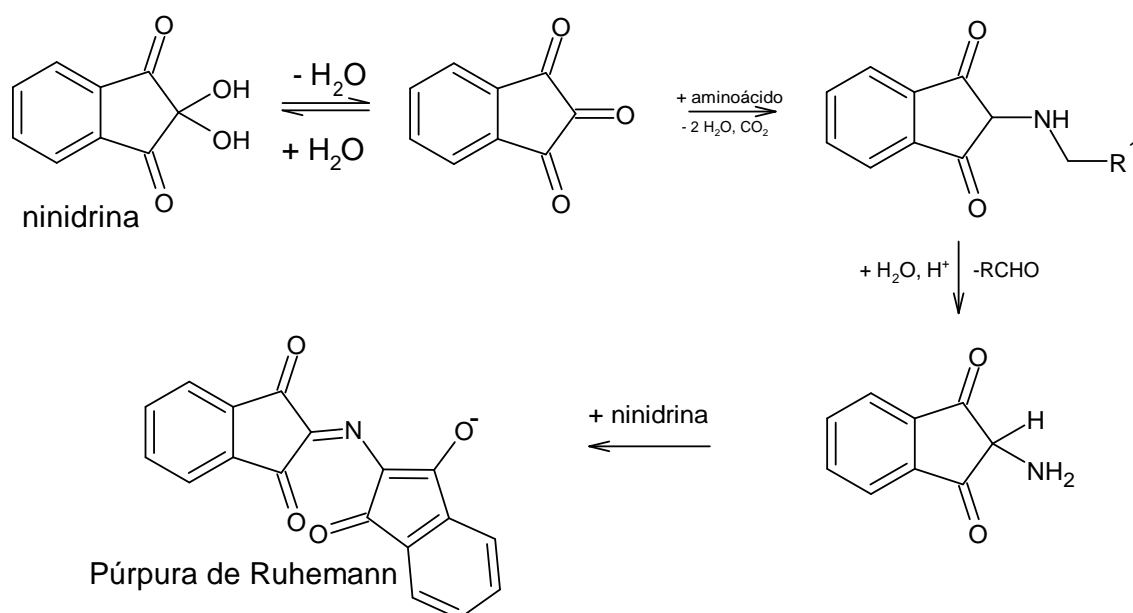


Figura 10- Reação da ninidrina com aminoácidos
Fonte: as autoras

Chemello (2006) propõe uma atividade experimental para revelação de impressão digital em papel utilizando uma solução preparada com 0,5g de ninidrina em 30mL de etanol. A mistura deve ser borrifada a cerca de 15 cm de distância do papel, aguardar a evaporação completa e repetir o procedimento quantas vezes for necessário até a revelação das impressões digitais. A Figura 11 traz a impressão digital revelada em um papel utilizando essa técnica.

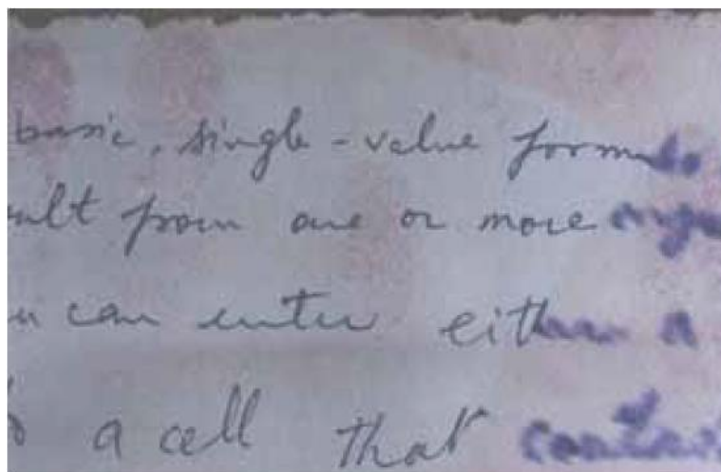


Figura 11- Impressões digitais reveladas em uma folha de papel com solução de ninidrina
Fonte: (Chemello, 2006)

2.3.1.4 – Cianoacrilato

O cianoacrilato foi descoberto em 1949 pelo químico Harry Coover. Essa descoberta foi na realidade acidental, o objetivo de Coover era sintetizar alguns tipos de plásticos transparentes e percebeu que os cianoacrilatos grudavam em tudo que tocavam, reconhecendo assim o potencial como “super cola”.

Colas compostas a base de cianoacrilatos foram utilizadas na guerra do Vietnam para estancar ferimentos instantaneamente, isso salvou muitas vidas, pois dessa forma os feridos poderiam ser transportados até locais de atendimento médico para tratamento convencional.

Atualmente, colas a base de cianoacrilatos são utilizadas em diversas áreas, desde reparo de objetos em casa até aplicações industriais ou mesmo médicas. Porém, há diferentes tipos de cianoacrilatos, alterando o comprimento da cadeia lateral, conforme a aplicação. A super cola comercial é basicamente composta de cianoacrilatos de cadeia curta (metil-cianoacrilato ou etilcianoacrilato) um exemplo é a famosa superbonder® que usa o etilcianoacrilato, cuja estrutura está representada na Figura 12.

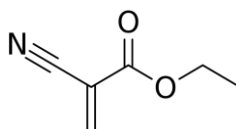


Figura 12- Estrutura do etilcianoacrilato
Fonte: as autoras

As super colas utilizadas atualmente na área médica são a base de cianoacrilatos de cadeia longa, pois são menos tóxicos. (OLLIVIER et al., 2001). Durante a degradação subprodutos tóxicos são liberados, como ormaldeído e cianoacetato, nos radicais com menor número de carbonos a liberação destes compostos é mais rápida, ocasionando em seu maior acúmulo no organismo, já em cadeias longas essa liberação ocorre de maneira mais lenta e o tecido receptor tem maior habilidade para lidar com menores quantidades dos subprodutos por vez (BRAGA, 2007). Além disso, quanto maior a cadeia, me menor a velocidade de degradação da cola.

O uso do cianoacrilato na ciência forense começou em 1984 na Alemanha, como o objetivo de revelar impressões digitais. O ácido graxo presente nas digitais reage com o cianoacrilato, que é um monômero líquido, onde inicia-se o processo de polimerização devido a presença de umidade na superfície onde há a IPL, forma-se um polímero duro e esbranquiçado, observe na Figura 13, a digital revelada dessa maneira é preservada por muito tempo (KOTZ; TREICHEL, 2009).



Figura 13- Impressão digital revelada utilizando cianoacrilato
Fonte: as autoras

2.3.2 Técnica para identificação de sangue oculto

O sangue é uma mistura de vários componentes como células, proteínas, sais e água. São diversas as funções do sangue no organismo, uma das principais é o transporte de gás oxigênio e gás carbônico pelo corpo (CHEMELLO, 2007).

Dentro da investigação criminal, o sangue tem uma enorme importância, pois está presente na maioria dos casos de investigação forense em geral que envolvem morte e

violência. O sangue contém o DNA e outras informações que podem auxiliar os peritos em resoluções de casos utilizando a análise de padrões nas manchas de sangue, que podem revelar se um tiro foi acidental, distância de um disparo, altura do agressor, e muitos outros fatores, ou em revelação de sangue oculto (MILESKI, 2016; MONTEIRO, 2011).

As manchas de sangue em uma cena de crime podem ser aparentes ou ocultas, em geral, as manchas ocultas estão onde houve tentativa de limpeza para eliminar vestígios e assim, evidências. No campo forense, há diversos reagentes que podem revelar sangue oculto, dentro desse grupo está o reagente químico Luminol, bastante utilizado pelos peritos por possuir uma alta sensibilidade. (MONTEIRO, 2011).

O luminol (5-amino-2,3-diidroftalazina-1,4-diona), estrutura na figura 14, é um reagente quimiluminescente muito utilizado para revelar sangue oculto, pois consegue detectar quantidade mínimas de sangue em diferentes superfícies. Possui a característica de reagir com quantidades muito pequenas de sangue. Portanto, é possível detectar a presença de sangue oculto com o luminol mesmo depois de anos da ocorrência de um crime. (BARNI, 2007; CHEMELLO, 2007).

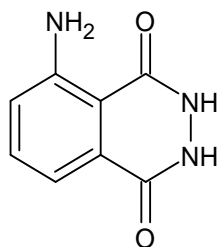


Figura 14- Estrutura química do luminol
Fonte: as autoras

O ferro presente na hemoglobina do sangue atua no peróxido de hidrogênio contido na solução do luminol e ocorre uma reação de oxidação. Na oxidação, o luminol perde átomos de nitrogênio e hidrogênio e adquire átomos de oxigênio, formando o composto 3-aminofalato em um estado de energia excitado e ao retornar para o estado eletrônico fundamental, emite luz com um brilho característico azulado (VAZ e KOBACHUCK, 2017)

A quimioluminescência dura em torno de 30 segundos e faz-se necessário que o ambiente esteja completamente escuro para visualizar o azul da reação química. (MILESKI, 2016)

2.4 ESTUDO DE CASOS

A metodologia de estudo de casos foi escolhida na busca em favorecer a aprendizagem dos alunos através da investigação, utilizando narrativas, que descrevem situações de personagens onde há necessidade de tomada de decisões. No que se refere a esse trabalho, o estudo de casos é uma forma de aplicação dos conhecimentos adquiridos em relação a química forense e aos conteúdos químicos relacionados.

O estudo de caso baseia-se no método conhecido como *Problem Based Learning* (PBL), ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), com origem na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, em Ontário, no Canadá, difundindo-se rapidamente no final dos anos setenta por universidades de medicina de diversos países (SÁ e QUEIROZ, 2009).

Atualmente além da medicina, e em outros níveis de ensino, tem utilizado variações do método PBL, como é o estudo de caso. Essa variante oportuniza estudantes a colocarem em prática conhecimentos adquiridos em situações reais ou simuladas (SÁ e QUEIROZ, 2009).

Segundo Luciana Passos Sá e Salete Linhares Queiroz, no livro intitulado Estudo de casos no ensino de química, um bom caso deve apresentar as seguintes características:

- Apresentar utilidade pedagógica: o caso deve servir para agregar em assuntos de uma determinada disciplina, mostrando, por exemplo, como situações do caso podem envolver conteúdos vistos em sala de aula;
- Ser relevante ao leitor: é importante que o caso apresente situações que façam com que o aluno tenha conhecimento para saber como enfrentar, a familiarização com o contexto impulsiona os alunos na tomada de decisões;
- Despertar interesse: um drama ou suspense, costuma prender a atenção do leitor, preferencialmente que pareça ou seja real;
- Ser atual: tratar de questões atuais faz com que o estudante perceba que a resolução do problema é importante;
- Ser curto: os casos não podem ser tediosos, casos curtos com enredo claro costumam envolver o aluno leitor;
- Provocar um conflito: algo controverso, que gere dúvidas e discussões pode fazer parte de um bom caso;

- Criar empatia com personagens: o aluno ser empático a situação dos personagens pode atraí-lo a resolver o caso;
- Forçar uma decisão: necessidade de resolução rápida, preferencialmente;
- Narrar uma história: o estudante é capaz de compreender a situação através de uma breve história;
- Incluir citações: ajuda a compreender uma situação e criar empatia com personagens.

Como visto, a elaboração de um bom estudo de casos exige a presença de diversas características, é um trabalho extenso e minucioso, realizado por parte de quem escreveu (podendo ser ou não o professor). A aplicação do estudo pode parecer simples, mas exige do professor uma participação ativa, não basta redigir um caso ou escolhê-lo para ser trabalhado, é necessário que o professor tenha um bom conhecimento sobre o assunto e esteja preparado para possíveis discussões. Além disso, faz-se necessária a avaliação do processo, os estudantes devem ser avaliados em grupo ou individualmente, como mostra a Figura 15 a seguir. Já ao aluno compete identificar e definir o problema, posteriormente analisar as informações fornecidas e apresentar a solução para o problema (SERRA e VIEIRA, 2006).

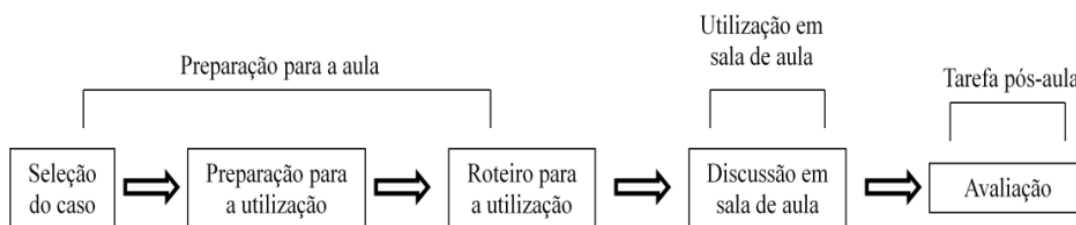


Figura 15- Etapas da aplicação de um estudo de caso
Fonte: SERRA e VIEIRA, 2006.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico, constatamos que a maioria dos estudos aborda experimentação, com foco em revelação de impressões digitais latentes envolvendo a técnica do carvão ou do iodo, uso de seriados, normalmente é citado ou utilizado episódios da série CSI e análise de um crime fictício, onde uma cena de crime fictícia é montada e os alunos têm que desvendar o crime através de vestígios e evidências.

Encontramos também trabalhos com objetivos semelhantes em termos educacionais: desenvolver ou propor atividades onde os alunos assumam o papel principal, porém percebemos que nem sempre são fornecidas ferramentas para isso. Visto que, não se deve propor ao aluno um papel de protagonista em uma atividade sem que haja orientação e preparo, ou ainda que a atividade sugerida apresente a necessidade de compra de reagentes caros e/ou de difícil acesso.

Pensando em todas essas informações coletadas e analisadas, decidimos propor uma série de atividades relacionadas a química forense para serem aplicadas no ensino de química a nível de ensino médio, sendo um material para o professor utilizar conforme a realidade que está inserido. Para as atividades foram utilizadas metodologias fundamentadas nos Três Momentos Pedagógicos aliadas a experimentação investigativa e estudo de casos.

Nos preocupamos primordialmente em atender o professor que leciona em escolas onde não há recursos, ou são limitados, para compra de reagentes e onde não há um laboratório estruturado com vidrarias e equipamentos, para isto foram produzidos vídeos com as atividades experimentais investigativas e disponibilizadas em QR Codes.

Ao professor que tem os recursos disponíveis na escola para realização dos experimentos, oferecemos o procedimento experimental no roteiro do aluno.

Certamente a utilização das técnicas forenses como recurso para uma aprendizagem significativa foi o foco desse trabalho, porém sugerimos atividades pré-experimentais importantes para enriquecer debates e questionamentos sobre conceitos químicos e ciência forense, tais atividades foram a entrevista com o perito, o questionário inicial e a atividade com trechos do seriado Dexter, série que retrata a rotina de um perito criminal e que não consta nos trabalhos analisados.

Como sugestão de atividade pós-experimentação, propusemos os estudos de casos, possibilitando ao aluno a aplicação de todo conhecimento adquirido através das atividades anteriormente realizadas.

Acreditamos que nossa pesquisa amplia o uso da ciência forense como ferramenta para o ensino de química, mostrando ao professor que independente da realidade escolar é possível levar as técnicas forenses e diversas atividades aos alunos, buscando um aprendizado contextualizado, onde é possível que o aluno compreenda diversos conteúdos científicos ao despertar curiosidade, autonomia e desafiar os a participarem efetivamente da construção do seu próprio conhecimento.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, G.; RIBEIRO, Rute T. da Silva; AZEVEDO FILHO, Wilson S. **Ciências Forenses ao alcance de todos**. 2015. São Paulo: Perse, 2017.

ARAÚJO, P. A experimentação de química forense como recurso motivacional para o ensino de química. XIII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE) **Curitiba, PR, Brasil**, 2017.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química-: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2012. ISBN 8582604629.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais; MÉDIO, Ensino. orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, v. 32, 2002.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BARNI, F. et al. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. **Talanta**, v. 72, n. 3, p. 896-913, 2007.

BERGSLIEN, E. Teaching To Avoid the " CSI Effect". Keeping the Science in Forensic Science. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 5, p. 690, 2006. ISSN 0021-9584.

BLEAY, S. M.; CROXTON, R. S.; DE PUIT, M. **Fingerprint Development Techniques: Theory and Application**. John Wiley & Sons, 2018. ISBN 111918746X.

BRAGA, F. de V. A. et al. **Uso de adesivo de cianoacrilato para a fixação de botão corneal autógeno ou alógeno conservado em glicerina a 98% na ceratoplastia penetrante em coelhos**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

- CHEMELLO, E. Ciência forense: impressões digitais. **Química virtual**, p. 1-11, 2006.
- _____. Ciência forense: Manchas de sangue. **Química virtual**, p. 1-11, 2007.
- CRUZ, A. A. 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.
- DALUZ, H. M. **Fundamentals of fingerprint analysis**. CRC Press, 2014. ISBN 1466597976.
- DAMIANI, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. Pelotas: [s.n.]. UFPel, p. 57 – 67, maio/ago. 2013.
- DE SOUZA, F. L. et al. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. **São Paulo: EDUSP**, 2013.
- 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.
- FARIAS, R. Introdução à Química Forense. 3ª Edição. **São Paulo: Editora Átomo**, 2010.
- FARY, B. A.; OLIVEIRA, M. A. Uma forma de espanto-pensando uma aula de química com o seriado televisivo *Breaking Bad*. **REVISTA ACTIO**, Curitiba, v. 3, n. 1, p.167-183, jan./abr. 2018.
- GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Concepções de estudantes do Ensino Médio sobre atividades experimentais investigativas. XVII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVII ENEQ), Ouro Preto-MG, Atas do XVII ENEQ, 2014.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.
- GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.
- JELLY, R. et al. The detection of latent fingerprints on porous surfaces using amino acid sensitive reagents: A review. **Analytica chimica acta**, v. 652, n. 1-2, p. 128-142, 2009.
- KOTZ, J. C.; TREICHEL JR, P. M. **Química geral e reações químicas**. Pioneira Thomson Learning, 2009.
- LOCATELLI, A.; MACUGLIA, U. As séries de TV como ferramenta pedagógica no ensino de Química. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1294-1301, 2018. ISSN 2177-2894.
- MAIA, F. S. Criminalística geral. **Fortaleza, Ceará**, 2012.

MALUQUE, A. F. Química Forense: O Papel e Desafios na Investigação Criminal. **Revista Científica do Isctac**, v. 3, n. 7, 2016. ISSN 2519-7207.

MARCONDES, M. E. R. Proposições metodológicas para o ensino de Química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. **Revista em extensão**, v. 7, n. 1, 2008.

MIRANDA, A. C. et al. "Química a favor da justiça"-A contextualização do ensino de Química a partir de uma abordagem forense. 33º ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA (EDEQ). **Íjuí, RS, Brasil.**, 2013.

MILESKI, T. C. Aplicação de corantes benzazólicos fluorescentes por ESIPT para a revelação de manchas de sangue em cenas de crime e a síntese do luminol. 2016.

MIOLA, D.; ENGELMANN, G. L. Abordagem comunicativa em sala de aula: uma autorreflexão docente. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 115-132, out./dez. 2017.

MIRANDA, A.C.G. et al. Atividades Experimentais e Estudo de Caso Aliados a Investigação Criminal: Estratégias metodológicas para o Ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 9, n. 2, p. 48-60, 2014.

MONTEIRO, I. V. D. P. " Vestígios hemáticos no local de crime-Sua importância médico-legal". 2011.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Rev. Acad. Oswaldo Cruz**, v. 1, 2014.

NEHRING, C. M.; SILVA, C. C.; TRINDADE, J. A. D. O.; PIETROCOLA, M.; LEITE, R. C. M.; PINHEIRO, T. D. F. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 2, n. 1, p. 88-105, 2000.

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

OLIVEIRA, L. S.; RESENDE FILHO, J. B. M.; FIGUEIRÊDO, A. M. T. A.; FERREIRA, J. M. Interdisciplinaridade e ciência forense na perspectiva do ensino de química: um estudo de caso em sala de aula. **Ciência em tela**, v. 10, n. 2, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, A. S.; RODRIGUES, M. V. O.; PEREIRA, L. G. S. O.; FARY, B. A. "Ensino do modelo atômico de Bohr, quimioluminescência e luminol: análise dos livros didáticos de Campo Mourão com base nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Química do Paraná". **ACTIO: Docência em Ciências**, 3 (1): 75, 2018.

OLLIVIER, F.; DELVERDIER, M.; REGNIER, A. Tolerance of the rabbit cornea to an n-butyl-ester cyanoacrylate adhesive (Vetbond®). **Veterinary Ophthalmology**, v. 4, n. 4, p. 261-266, 2001.

PEREIRA, B. B. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, v. 9, n. 11, 2010.

PESSOA, W. R.; ALVES, J. M. Motivação para estudar química: configurações subjetivas de uma estudante do segundo ano do ensino médio. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v. 8, 2011.

PEIXOTO, A. S.; RAMOS, A. S. Filmes Finos & Revelação de impressões digitais latentes. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 22, n. 1-2, p. 29-47, 2010.

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

RAMOTOWSKI, R. (Ed.). **Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology**. CRC press, 2012.

REGIANI, A. M.; GOMES, C. S., SOUZA, M. S.; BRITO, C. D. H. Seguindo os passos de Sherlock Holmes: Experiência interdisciplinar em encontro de divulgação científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 14, n. 3, p. 185-198, 2012.

RICARDO, E. C. Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências. **Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC**, 2005.

RODRIGUES, C. V.; SILVA, M. T.; TRUZZI, O. M. S. Perícia criminal: uma abordagem de serviços. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 843-857, 2010.

ROSA, M. F.; SILVA, O. S.; GALVAN, F. B. Ciência Forense no Ensino de Química por meio da Experimentação. **Química Nova na Escola**, p. 1-9, 2013.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Estudo de Casos no Ensino de Química. Campinas: Editora Átomo, 2009. 95 p.

SANTOS, R.; SOUZA, D. Utilização de experimentos de Química Forense no ensino de Química. Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. **Florianópolis, SC, Brasil**, 2016.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C.; SALGADO, T. D. M. 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. ISSN 0187-893X.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; SALGADO, T. D. M. Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre Ciência Forense e Investigação Criminal. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa. Vol. 8, n. 4 (set./dez. 2015), p. 252-287**, 2015. ISSN 1982-873X.

SERRA, F.; VIEIRA, P. S. Estudos de Casos: como redigir, como aplicar. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 98 p.

SILVA, P. S. D.; ROSA, M. F. D. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2013. ISSN 1982-873X.

TENÓRIO, T.; DE MELO LEITE, R.; TENÓRIO, A. Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências: Uma proposta educacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, 2014.

VALE, I. G. D. C. **Ciência forense na escola: a motivação para estudar química**. 2013.

VAZ, V. S.; KOBACHUCK, L. D. G. A interferência da solução de luminol em teste imunocromatográfico para pesquisa de sangue humano. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 6, n. 3, p. 17-22, 2017.

VEIGA, J. M. F. **Investigación Criminal**. José Manuel Ferro Veiga, 2020.

VOLPATO, V. C.; AGUIAR, J. A.; REIS, J. M. C. A construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais: contribuições de uma Oficina Temática sobre Investigação Criminal. **Revista ACTIO, Curitiba**, v. 2, n. 3, p. 249-269, 2017.

WARTHA, E. J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no ensino de química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, v. 22, n. 2, p. 42-47, 2005.

WATSON, J. D.; BERRY, A. **DNA: o segredo da vida**. Editora Companhia das Letras, 2005.

WHITE, P. C. Crime Scene to Court: The Essentials os Forensic Science. . **Cambridge: The Royal Society of chemistry**. , 2004.