UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Centro Acadêmico do Agreste

Núcleo de Formação Docente

Curso de Química - Licenciatura

VANIEL CANDIDO DA SILVA JUNIOR

A UTILIZAÇÃO DE QUÍMICA FORENSE COMO CONTEXTO PARA UMA AULA DE QUÍMICA EM UMA ESCOLA DO AGRESTE PERNAMBUCANO

Caruaru

2023

VANIEL CANDIDO DA SILVA JUNIOR

A UTILIZAÇÃO DE QUÍMICA FORENSE COMO CONTEXTO PARA UMA AULA DE QUÍMICA EM UMA ESCOLA DO AGRESTE PERNAMBUCANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química - Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduação em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientadora: Prof.ª Dra. Jane Maria Gonçalves Laranjeira

Coorientadora: Prof.ª Dra. Ana Paula Freitas Silva

Caruaru

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,

através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Junior, Vaniel Candido da Silva.
A UTILIZAÇÃO DE QUÍMICA FORENSE COMO CONTEXTO PARA UMA AULA DE QUÍMICA EM UMA ESCOLA DO AGRESTE PERNAMBUCANO / Vaniel Candido da Silva Junior. - Caruaru, 2023.
81 : il., tab.

Orientador(a): Jane Maria Gonçalves Laranjeira
Cooorientador(a): Ana Paula Freitas Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - LicenciaturaQuímica - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. Química Forense. 2. Experimentação. 3. Ensino de Química. 4. Aprendizagem baseada em problemas. 5. Situação Problema. I. Laranjeira, Jane Maria Gonçalves . (Orientação). II. Silva, Ana Paula Freitas . (Coorientação). III. Título.

540 CDD (22.ed.)

VANIEL CANDIDO DA SILVA JUNIOR

A UTILIZAÇÃO DE QUÍMICA FORENSE COMO CONTEXTO PARA UMA AULA DE QUÍMICA EM UMA ESCOLA DO AGRESTE PERNAMBUCANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química - Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduação em Química.

Aprovado em: 16/05/2023.

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof.ª Dra. Jane Maria Gonçalves Laranjeira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Prof.ª Dra. Luana Oliveira dos Santos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Prof.ª Dra. Sulanita Bandeira da Cruz Santos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as bençãos recebidas em minha vida e por sempre estar à frente dos meus projetos; por ter me dado coragem, força de vontade e a oportunidade de superar os desafios

Em segundo lugar agradeço a minha família, minha base, por toda paciência, incentivo e compreensão. Agradecer a minha mãe Sueli (in memoriam) por me educar sempre nos melhores caminhos, ao meu pai Vaniel por me orientar nas decisões mais acertadas e ao meu irmão Valdemilson, meu companheiro nos dias bons e ruins, espero ser tão importante na sua vida como você é na minha. Não chegaria a lugar nenhum sem o apoio de todos vocês.

Aproveito para deixar um agradecimento especial aos meus amigos de caminhada, com vocês a vida acadêmica se tornou muito mais leve. Agradeço a compreensão das ausências e o afastamento temporário, obrigada por me incentivarem e não permitirem que eu desistisse.

O desenvolvimento desse trabalho de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço aos meus professores orientadores que durante todos esses meses me acompanharam pontualmente, dando todo o auxílio necessário para a elaboração desse projeto.

Agradeço imensamente a professora Ana Paula Souza por todo apoio e pela convivência diária na busca pelo aperfeiçoamento dos meus objetivos acadêmicos. A professora Juliana Angeiras por me dar a oportunidade de participar do seu projeto de pesquisa em um ambiente de grandes descobertas. A professora Ana Paula Freitas pela dedicação com seus alunos, mesmo em tempos de tormenta e imprevistos. E a professora Jane Laranjeira por sua disponibilidade e profissionalismo ao me orientar nessa reta final de trabalho em meio a uma agenda repleta de compromissos.

Por fim, quero agradecer a todos que participaram de forma direta ou indireta dessa pesquisa, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de dados e construção desse trabalho contribuindo com o desenvolvimento das minhas ideias.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso que descreve o uso da metodologia Aprendizagem baseada em problemas, em conjunto com práticas de experimentação para abordar diversos conceitos de química, através da análise de um caso criminal fictício. Nessa abordagem, visou-se a relação entre as técnicas forense utilizadas de forma real para resoluções de casos criminais e bases teóricas que envolvem essas técnicas, tendo nessas bases, a oportunidade para se trabalhar os conceitos químicos de interações intermoleculares, ligação química, oxirredução, funções e compostos orgânicos e contribuindo para a construção de conhecimento crítico e contextualizado. A aplicação da atividade se deu em três momentos, todos eles envolvendo a utilização de técnicas forenses. No primeiro momento, houve uma abordagem teórica através de uma aula expositiva, na qual foi exposto o conceito de Química Forense, além do detalhamento de várias técnicas, sendo algumas delas utilizadas no desenvolvimento da atividade. O segundo momento se baseou na aplicação de uma atividade de experimentação envolvendo a comparação de digitais, utilizando as bases teóricas apresentadas na técnica de papiloscopia. Já o terceiro momento se baseou na análise e discussão de um caso criminal fictício, visando colocar em prática os conceitos abordados e entender como esses conceitos foram entendidos pelos estudantes participantes da atividade, a partir disso, foi possível detectar que utilizar uma abordagem dinâmica e contextualizada ajudou os alunos a entenderem a aplicação dos conteúdos visualizados no componente curricular de química no cotidiano, auxiliando também no construção de significado sobre os mesmos.

Palavras-chave: Química Forense; Experimentação; Ensino de Química; Aprendizagem baseada em problemas.

ABSTRACT

The present work presents a case study that describes the use of the Problem-Based Learning methodology, together with experimentation practices to approach several chemistry concepts, through the analysis of a fictitious criminal case. In this approach, the relationship between the forensic techniques used in a real way for solving criminal cases and the theoretical bases that involve these techniques was aimed, having in these bases, the opportunity to work on the chemical concepts of intermolecular interactions, chemical bonding, redox, functions and organic compounds and contributing to the construction of critical and contextualized knowledge. The application of the activity took place in three moments, all of them involving the use of forensic techniques. At first, there was a theoretical approach through an expository class, in which the concept of Forensic Chemistry was exposed, in addition to the detailing of various techniques, some of which are used in the development of the activity. The second moment was based on the application of an experimentation activity involving the comparison of fingerprints, using the theoretical bases presented in the papilloscopy technique. The third moment was based on the analysis and discussion of a fictitious criminal case, aiming to put into practice the concepts addressed and understand how these concepts were understood by the students participating in the activity, from this, it was possible to detect that using a dynamic and contextualized approach it helped the students to understand the application of the contents visualized in the curricular component of chemistry in the daily life, also helping in the construction of meaning about them.

Keywords: Forensic Chemistry; Experimentation; Chemistry teaching; Problem-based learning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos Específicos	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	O Ensino contextualizado de Química	12
3.2	Concepções, aplicações e historicidade da Química Forense.....	14
3.3	A Utilização da Química Forense como ferramenta pedagógica no processo de ensino e aprendizagem.....	27
3.4	Conceitos de Química relacionados às técnicas de Química Forense	29
3.5	Aprendizagem baseada em problemas	35
4	METODOLOGIA	39
4.1	Classificação da pesquisa	39
4.2	População e mostra.....	39
4.3	Coletas e análise de dados	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1	Apresentação da Química Forense e conteúdos de Química	44
5.2	Experimento envolvendo a técnica de papiloscópica	45
5.3	Análise inicial do laudo e erros periciais cometidos	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A – MATERIAL UTILIZADO NA AULA EXPOSITIVA	62
	APÊNDICE B – LAUDO FICTÍCIO UTILIZADO NA ATIVIDADE	74
	APÊNDICE C – PLANO DE AULA	79

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas educacionais relatam inúmeros problemas e dificuldades associados ao processo de ensino e aprendizagem nas diversas áreas do conhecimento. No âmbito das Ciências e do Ensino de Química essas dificuldades têm causado desconforto e desmotivação entre os estudantes, o que contribui para um processo de aprendizagem fragmentado. Sabe-se, que grande parte do ensino dessa Ciência se dá de maneira tradicional, sem contextualização com o cotidiano dos estudantes, podendo contribuir para desinteresse e a resistência dos mesmos quanto a esta área de conhecimento (NUNES; ADORNI, 2010).

Nesse contexto, uma das possibilidades para enfrentar e minimizar essas dificuldades relacionadas ao ensino e aprendizagem de Química tem sido o uso da contextualização dos conteúdos, relacionando-os com a realidade vivenciada pelos educandos, o que contribui para um melhor entendimento, principalmente na abordagem dos conteúdos tidos como mais “abstratos”, como no caso da ciência Química (MORAES e MANCUSO, 2004). Apresentar uma situação na qual os estudantes possam se relacionar de forma mais direta, e ver o uso real do conhecimento construído nos ambientes formais de ensino e aprendizagem é a maior vantagem do ensino contextualizado além de ser um grande desafio.

Com base nestas considerações, utilizar os conhecimentos da Química Forense e seu emprego nas resoluções de casos criminais reais, pode ser uma boa estratégia didática para aumentar o interesse nos estudantes oportunizando ainda relacionar as técnicas forenses aos diversos conceitos da Química, tais como: reações redox, características físico-químicas da matéria (orgânica e inorgânica), ligações e interações químicas, entre outros e que são importantíssimos para firmar uma base sólida do conhecimento químico no Ensino Médio.

De acordo com Silva e Rosa (2013), a utilização da Química Forense em ambientes formais de ensino e aprendizagem pode ser de grande relevância para diminuir as dificuldades que os estudantes apresentam no Ensino da Química, uma vez que esta ramo aplicado da Química faz uso de diversas técnicas na elucidação de crimes que podem ser reproduzidas pelos estudantes, em laboratório ou sala de aula, por meio de experimentos simples, mas que os instigam e estimulam fazendo com que o conteúdo ensinado passe a ter maior significado favorecendo, assim, a aprendizagem.

Diante deste contexto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: Como a abordagem de técnicas forenses, utilizadas na resolução de crimes, podem ser exploradas no Ensino Médio de Química? Assim, este estudo tem como objetivo principal analisar como a metodologia ativa baseada em problemas (ABProb), articulada à Química Forense, através da investigação de casos criminais (reais e fictícios), pode favorecer o processo de construção do conhecimento dos estudantes do 3° ano do Ensino Médio numa escola da Rede Estadual de Ensino no município de Caruaru-PE.

Para isso, optou-se por trabalhar com uma abordagem contextualizada, a partir da apresentação de casos criminais reais, que funcionam como metodologia alternativa ao ensino tradicional, expondo as técnicas utilizadas na Química Forense e tendo a apresentação de um caso fictício como ponto de partida para o desenvolvimento do trabalho.

Essas estratégias didáticas têm como foco transformar o estudante em um sujeito ativo, estimulando o seu raciocínio e a sua participação durante todo o processo de construção do conhecimento. Assim sendo, pode-se inferir que as atividades didáticas desenvolvidas nos ambientes formais de ensino e aprendizagem irão possibilitar a aplicação dos conceitos químicos e que o estudo dos casos selecionados colocará os estudantes diante de situações que os possibilite realizar pequenas pesquisas/investigações tornando-os, consequentemente, sujeitos pensantes durante todo o processo formativo.

Dentro das metodologias ativas existe uma estratégia denominada Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) que, de acordo com Barbosa e Moura (p. 58, 2013), se fundamenta “no uso contextualizado de uma situação problema para o aprendizado autodirigido”. Ainda segundo os mesmos autores enquanto os métodos convencionais têm como objetivo educacional a transmissão do conhecimento centrada no professor, na ABProb, o aprendizado passa a ser centrado no estudante, que deixa de ser um mero receptor passivo da informação para tornar-se um agente ativo por seu aprendizado.

Assim, neste tipo de metodologia, o estudante pode se envolver de forma individual ou grupal, a depender do planejamento didático organizado pelo professor, sendo o mesmo responsável por encontrar soluções para uma determinada situação-problema, proposta de forma investigativa, levando-se em conta materiais apresentados e o conteúdo abordado em sala de aula.

Neste trabalho, além da abordagem do problema de pesquisa previamente citada nesta seção, também será apresentado um referencial teórico tratando das técnicas forenses utilizadas e sua relação com os conteúdos do componente curricular de Química no Ensino Médio, além de sua importância para a sociedade. A metodologia utilizada foi a Aprendizagem Baseada em Problemas, que se classifica como uma metodologia ativa. Sendo assim finalizado com apresentação dos resultados obtidos e a discussão a respeito dos mesmos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar como a metodologia ativa baseada em problemas (ABProb), articulada à Química Forense através da investigação de casos criminais (reais e fictícios), pode favorecer o processo de construção do conhecimento químico dos estudantes do 3° ano do Ensino Médio numa escola da Rede Estadual de Ensino no município de Panelas-PE.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar de que forma os estudantes compreendem a presença da Química Forense em seu cotidiano;
- Analisar como uma proposta contextualizada envolvendo o âmbito da Química Forense contribui para um processo de aprendizagem baseado em problemas, através da exploração dos conteúdos de interações e ligações químicas, reações de oxirredução, características físico-químicas e compostos orgânicos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção está apresentado o embasamento teórico necessário para a construção desse trabalho, abordando o contexto da Química Forense, o ensino contextualizado e os conceitos químicos que podem ser abordados através da relação entre Química Forense e ensino de Química.

3.1 O Ensino contextualizado de Química

O ensino de Química, entre outras ciências, vem passando por diversas transformações devido às mudanças sofridas pela própria sociedade, que interferem de forma direta no contexto educacional. As diversas dificuldades enfrentadas por estudantes e professores para o desenvolvimento de uma relação de ensino e aprendizagem eficaz não é um assunto relativamente novo. Porém, estas vêm sendo cada vez mais discutidas, mediante as novas metodologias e ferramentas que surgem, visando minimizar estas dificuldades e consequentemente tornar essa relação mais fácil para ambas as partes envolvidas (FINGER, BEDIN, 2019).

Utilizar apenas exposições simples de conteúdos, pautadas em repetições de argumentos presentes em livros didáticos com aplicação de exercícios, são formatos de metodologias didáticas que vêm sendo considerados cada vez mais ultrapassadas, no processo de ensino e aprendizagem de Química, e que levam o estudante a questionar sobre qual a importância de determinado conteúdo para sua vida pessoal e profissional.

Esta questão é apoiada por Santos (2013), ao se referir à memorização de conteúdos como sendo uma prática recorrente no ensino e aprendizagem de Química. Neste contexto, tem sido constantemente usadas metodologias com atividades didáticas repetitivas e maçantes e que, em muitos casos, levam o estudante a uma situação de desestímulo.

Uma abordagem, que vem sendo cada vez mais solicitada aos profissionais da educação, é que o ensino e aprendizagem seja pautado na contextualização de conteúdos com utilização de situações e temas que façam parte do cotidiano dos estudantes, possibilitando, dessa forma, uma maior aproximação dos mesmos com os conteúdos vivenciados nos ambientes formativos, na perspectiva de minimizar a

abstração e tornar a aprendizagem de determinados temas mais atraentes para o estudante (SILVA, MARCONDES, 2010).

Para isso, é necessário que os estudantes entendam e se engajem durante as aulas, deixando transparecer seus interesses e aptidões e combinando-os com as propostas apresentadas pelos professores e instituições de ensino. Assim, são necessárias algumas etapas durante a adoção de um ensino contextualizado, como bem colocado na citação seguinte:

> O engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino (FREITAS, 2011, p. 13).

No entanto, para que a contextualização seja realizada pelo professor e identificada pelo estudante, ela deve transcender de simples exemplificações, que podem até ajudar em determinados momentos, mas que, no entanto, não contribuem de forma significativa para a construção da aprendizagem por parte dos estudantes. Para Chassot (2001), utilizar o cotidiano dos estudantes durante as aulas se tornou um modismo que, se mal adotado, explora uma poderosa ferramenta de ensino de forma superficial e não atinge o objetivo de inserir o estudante dentro de um dado conteúdo de uma forma ativa.

Dessa forma, para não recair em uma simples exemplificação, é necessário que o conteúdo abordado seja próximo à realidade do estudante e apresente características pertinentes ao currículo institucional, além de utilizar o recurso da contextualização como uma base metodológica e não apenas como uma fala em um momento específico do processo formativo. Assim, é possível tornar o assunto atraente e próximo, além de utilizar o cotidiano como uma ferramenta de ensino e aprendizagem significativa.

Para Vilela, Vasconcellos e Gomes (2007), uma das ferramentas que pode ser utilizada durante o processo de contextualização é a experimentação, que apresenta aos estudantes situações investigativas e práticas, que são uma combinação eficaz para a construção do conhecimento, possibilitando relacionar os conteúdos abordados em sala de aula com uma situação palpável e que pode ser visualizada. Pois é

possível relacionar os conteúdos abordados em sala de aula com uma situação palpável e que pode ser visualizada na prática.

Tornar o conhecimento científico aplicável em seu próprio contexto é um meio do estudante sentir que a aprendizagem de determinado conteúdo faz diferença, não somente para ele, mas para aqueles que pertencem ao mesmo contexto social no qual ele está inserido. Assim, um ensino contextualizado pode se utilizar de diversos assuntos, a depender da situação social de cada comunidade, o que torna essa abordagem muito versátil e aplicável em contextos diversificados, incluindo diferentes componentes e conteúdos curriculares (WHARTA et. al., 2013).

Sua utilização também é uma saída mostrando novas perspectivas no transcorrer das aulas para aqueles estudantes desmotivados com o cotidiano escolar associado com uma rotina maçante (CARVALHO et al, 2007). Porém, é importante, compreender que o processo de ensino e aprendizagem contextualizado não deve se tornar um grande evento, mas ser incorporado à vida escolar do estudante, trazendo novas abordagens e tornando os conteúdos trabalhados mais palatáveis.

Contudo, apenas focar na utilização de recursos e ferramentas pedagógicas, não torna o ensino contextualizado efetivo para os estudantes. Para isso, é necessária uma base teórica sólida associada ao uso de recursos e ferramentas pedagógicas (LABURÚ et al, 2006), pois sem a devida base teórica, a experimentação se transforma em simples manuseio de materiais e as discussões sobre os temas trabalhados não se desenvolvem ao ponto de promover a construção do conhecimento, concordando com o estudo de Machado e Mol (2008), que apresenta a interdependência entre uma base teórica sólida e um método de ensino atraente e diversificado.

Assim, para conseguir utilizar melhor uma abordagem contextualizada, se faz necessário compreender também as principais características do contexto que será utilizado dentro da situação de ensino e aprendizagem posta, bem como o momento histórico e características técnicas, como pode ser observado no próximo tópico.

3.2 Concepções, aplicações e historicidade da Química Forense

A Ciência Forense é de extrema importância para as investigações criminais e consequentemente para toda a sociedade, contribuindo para a resolução de crimes através de diferentes áreas do conhecimento, tais como: Patologia, Antropologia,

Criminalística, Engenharia, Física, Química, dentre outras. A Ciência Forense tem por objetivo fornecer o suporte necessário nas investigações referentes à justiça civil e criminal. Assim sendo, nas investigações criminais, o papel principal do profissional que trabalha nesta área do conhecimento é adotar técnicas que possibilitem confirmar ou negar o envolvimento de determinado suspeito no crime (CHEMELLO, 2006).

Farias (2008, p. 15) define a Química Forense como sendo “o ramo da Química que se ocupa da investigação forense no campo especializado da Química, a fim de atender aspectos de interesse judiciário”. Contudo, e ainda de acordo com este mesmo autor, um químico forense necessita, além do vasto conhecimento químico, de uma boa capacidade de discernimento, pois é através de suas análises e decisões que se chega à conclusão de uma dada investigação. O escopo deste trabalho será focado na visão deste autor.

Outra definição para a Química Forense é a descrita por Bruni et al (2012) (apud SILVEIRA, 2019, p.5), na qual os autores conceituam esta área do conhecimento como sendo “a ciência encarregada da análise, classificação e identificação de elementos ou substâncias encontradas nos locais de ocorrência de um delito ou que podem estar relacionados a este”. Mas segundo Farias (2008), apesar de estar fortemente associada a crimes contra a vida, a Química Forense também pode ser empregada judicialmente em outros setores: na elaboração de perícias policiais, trabalhistas, industriais, ambientais e doping desportivo.

Adentrando nos aspectos históricos da Química Forense, Farias (2008) relata que desde o início da nossa civilização os conhecimentos científicos já vinham sendo usufruídos com o intuito de analisar evidências criminais como no contexto histórico da Roma Antiga, onde ocorriam investigações constantes relacionadas com o envenenamento de políticos importantes.

Este mesmo autor também faz uma descrição histórica de como, posteriormente, a aplicação dos conhecimentos químicos foram contribuindo para a resolução de crimes, conforme descrito no Quadro 1 a seguir, dando destaque para as descobertas científicas marcantes, a partir do início do século 18 até meados do século 20, relacionadas à Química Forense:

Quadro 1 – Descobertas Relacionadas À Química Forense

ANO	CIENTISTA	DESCOBERTA
1700	Bernardino Ramazzini (1633 -1714)	"As doenças dos trabalhadores", na qual ele expõe conhecimentos a respeito da atuação de algumas substâncias químicas na filosofia humana.
1836	James Marsh (1794-1846)	Desenvolveu um método para detecção de arsênio, que consiste basicamente no aquecimento e contato de um pedaço de tecido ou amostra de sangue da vítima envenenada com zinco e ácido sulfúrico.
1840	Envenenamento e morte de Charles LaFarge, por sua esposa. E M. J. B. Orfila (1787-1853)	A investigação da morte de Charles LaFarge levou a descoberta de arsênio no corpo exumado, provando que este provinha do envenenamento e não do solo em que o corpo foi enterrado.
1882	Sir Francis Galton (1822 - 1911)	Publicação do livro *Finger Prints* que foi referência no estudo das impressões digitais. A datiloscopia já era manipulada pelos japoneses (século VII) e pelos chineses (século XII), no entanto cientificamente falando só foi feito seu uso a partir do século XIX.
1893	Hans Gross (1847-1915)	Publicação do Manual para Juízes de Instrução, no qual após anos de estudo ele aponta a relevância da utilização dos conhecimentos científicos na resolução de crimes.
1910	Siegfried Ruhemann, Oden, Von Hoffsten, Edmond Locard (1877-1966)	A ninidrina é descoberta por Siegfried Ruhemann. A partir de 1954 esta substância é utilizada na Química Forense, por Oden e Von Hoffsten, como reagente que indica impressões digitais pela reação com os aminoácidos que são secretados pelas glândulas sudoríparas e Edmond Locard fundou o primeiro laboratório científico de polícia em Lyon (França).
1937	Walter Specht (1907 - 1977)	Descoberta do luminol na Química Forense, auxiliando na averiguação de manchas de sangue em investigações criminais, visto que ao reagir com o sangue, este torna-se um composto azul fosforescente.

Fonte: FARIAS (2008), adaptado.

Assim, verifica-se que concomitante aos avanços científicos também foram se desenvolvendo os métodos e técnicas empregadas contribuindo de maneira significante para o desenvolvimento da Ciência Forense. Devido a estas contribuições, atualmente se dispõe de uma gama de métodos que são aplicados diariamente na elucidação de crimes, sendo as técnicas mais antigas consideradas como clássicas e as técnicas mais atuais, como as instrumentais. Vale destacar que ambas são utilizadas, pois sua aplicação depende do ambiente e das condições em que se encontra o cenário investigativo (FARIAS, 2008).

Ainda segundo Farias (2008) com o avanço das técnicas analíticas, a Química Forense passou a utilizá-las na identificação e caracterização de substâncias em misturas. Como exemplo, cita-se a cromatografia − técnica utilizada para a análise, identificação e separação dos componentes de uma mistura – que tem sido empregada na identificação de compostos presentes em amostras de drogas, lícitas ou ilícitas, tais como: medicamentos, álcool, maconha, cocaína etc. e também na realização do exame *antidoping* feito em atletas a fim de identificar o consumo de substâncias proibidas.

Dentre os vários tipos de cromatografia existentes, Farias (2008) salienta a importância da cromatografia em camada delgada (CCD) usada nas análises toxicológicas que são fundamentais na detecção e identificação de agentes tóxicos em diversos materiais, podendo ser usadas como técnicas de triagem ou de confirmação para carbamatos e princípios ativos de numerosos inseticidas que são comumente utilizados como veneno nas tentativas de suicídio e homicídio. Cunha (2012) ressalta a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), que é utilizada para obtenção de indícios criminais, sendo de uso recorrente na Fotoquímica para isolamento, pureza e caracterização de substâncias em amostras naturais. Esta técnica foi amplamente divulgada em programas televisivos − tais como: *Crime Scene Investigation* (CSI); *Law and Order; Bones* − que retratam a investigação criminal, a partir do uso da Química Forense.

Isto posto, Mota e Di Vitti (2014) destacam que. por meio da realização do cálculo do tempo de retenção do analito na cromatografia, é possível determinar os compostos presentes na mistura analisada. Logo, pode-se considerar a cromatografia como um dos métodos mais eficientes quando comparada aos testes colorimétricos, por exemplo, que são vastamente aplicados por policiais em sua rotina na busca pela identificação de drogas (CUNHA, 2012).

Outra técnica utilizada é a espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV-Vis) e a espectroscopia na região do infravermelho (IV) que são apontadas por Farias (2008) como as técnicas espectroscópicas mais empregadas na Ciência Forense. A técnica IV com transformada de Fourier tem sido utilizada na análise quantitativa de drogas como cocaína e heroína, conseguindo resultados significativos mesmo quando estão misturadas com outras substâncias como amido, cafeína, açúcares etc.

Destaca-se ainda a técnica de espectrometria de massas, que em concordância com Mota e Di Vitti (2014), é aplicada no estudo das massas dos átomos e moléculas, a partir de um equipamento chamado espectrômetro de massas. Nesta técnica, feixes de elétrons com energia suficiente para ionizar as moléculas produzem íons que fazem parte de um padrão denominado de espectro de massas que, quando analisado, permite a identificação de diversas substâncias. Contudo, no Brasil, a polícia faz o uso de um método que foi desenvolvido pelo Instituto de Química da UNICAMP, o *Easy Ambient Sonic-spray Ionization Mass Spectometry* (EASI-MS), um processo mais simplificado e que também permite a identificação de drogas.

Uma das áreas de atuação da perícia criminal é a Papiloscopia: ciência que estuda a análise e identificação de papilas dérmicas dos seres humanos (ou seja, das impressões digitais). Assim, o estudo da morfologia papilar permite a averiguação e análise das impressões digitais que são deixadas nas zonas criminais, o que pode levar a identificação de um possível criminoso. Os campos de estudo da Papiloscopia são:

> Datiloscopia que estuda os desenhos existentes nas extremidades distais das faces ventrais das pontas dos dedos, a palmatoscopia que estuda os desenhos na face ventral das mãos (palma da mão), a pelmatoscopia que estuda os desenhos na face plantar das extremidades ventrais dos tornozelos (sola e dedos do pé) e a poroscopia que estuda os poros das papilas dérmicas (LIMA, 2013), p. 44).

Dentre estes campos de investigação, a datiloscopia é o mais importante, dado o seu papel decisivo na identificação de uma pessoa. Por consequência, é o método utilizado na elaboração da carteira de identidade. Vale destacar que a impressão digital é única, o que torna praticamente impossível duas pessoas possuírem a mesma digital. Além disso, o seu formato não se modifica ao longo da vida, exceto quando submetido à ação de agentes externos como queimaduras, doenças de pele etc. Conforme literatura, os tipos mais comuns de impressões digitais estão descritos na imagem reproduzida na Figura 1:

Figura 1 - Formas de impressões digitais

Fonte da imagem (tratada): Chemello, 2006.

Na análise da cena de um crime, o perito pode fazer a identificação de impressões digitais visíveis ou invisíveis, sendo o procedimento de torná-las visíveis denominado de revelação de latentes. As latentes visíveis são formadas quando a mão do indivíduo está suja de tinta ou sangue, enquanto as latentes invisíveis são formadas a partir do suor produzido pelas mãos, levando-se em conta que as pessoas tendem a transpirar em situações de estresse excessivo. (CHEMELLO, 2006).

A técnica escolhida para fazer a identificação da digital leva em conta alguns fatores como, a composição química do suor, que apresenta 99% de água e 1% de substâncias orgânicas e inorgânicas, sendo os compostos orgânicos os mais relevantes na determinação da impressão digital (FARIAS, 2008). No Quadro 2, a seguir, estão mostradas a composição química para glândulas especificas do corpo humano:

Quadro 2 - Composição química de uma impressão digital

Glândulas	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Sudoríparas	Cloretos Íons metálicos Amônia Sulfatos Fosfatos Água	Aminoácidos Ureia Ácido lático Açúcares Creatinina Colina Ácido úrico
Sebáceas		Ácidos graxos Glicerídeos Hidrocarbonetos Álcoois
Apócrinas	Ferro	Proteínas Carboidratos Colesterol

Fonte: Chemello, 2006

Além da composição química da impressão digital, um perito forense deve também levar em consideração o lugar onde aconteceu o crime, os recursos disponíveis para sua revelação e acima de tudo aplicar a técnica correta, evitando-se perder a digital por descuidos periciais, inutilizando uma prova importante para a caracterização do autor do crime sob investigação. (FARIAS, 2008).

Entre as inúmeras opções, a técnica do pó é a mais utilizada entre os peritos para revelar impressões papilares latentes. Ela consiste na análise das características físicas e químicas do pó e das substâncias residuais da impressão digital, explorando principalmente as propriedades específicas da matéria ali presente. O pó é aplicado com o auxílio de um pincel sobre a superfície. Na sequência, a impressão digital é recolhida com fita-cola e depositada em um papel branco obtendo-se, desta forma, a impressão digital para análise (LIMA, 2013). Na Quadro 3, pode-se ver a imagem reproduzindo um quadro com as denominações e composição de alguns tipos de pó, utilizados na revelação de impressões papilares latentes.

Quadro 3 - Tipos de pó usados para revelar impressões papilares latentes

Pós Pretos		
Pó de Óxido de Ferro	Óxido de Ferro Resina Negro-de-fumo	50% 25% 25%
Pó Dióxido de Manganês	Dióxido de Manganês Óxido de Ferro Negro-de-fumo Resina	45% 25% 25% 5%
Pó Negro-de-fumo	Negro-de-fumo Resina Terra de Fuller	60% 25% 15%
Pós Brancos		
Pó Óxido de Titânio	Óxido de Titânio Talco Caulin	60% 20% 20%
Pó Carbonato de Chumbo	Carbonato de Chumbo Goma Arábica Alumínio em Pó Negro-de-fumo	80% 15% 3% 2%

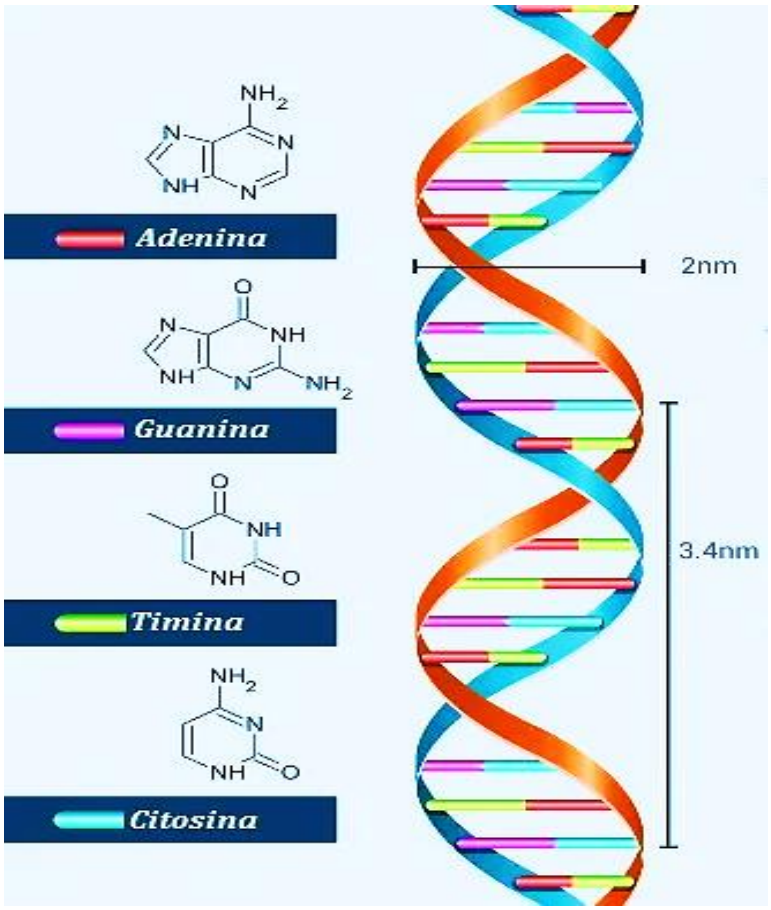
Fonte: Chemello, 2006 (adaptado).

A aderência do pó ao material que será analisado se dá pela porcentagem de água ali presente enquanto que a aderência à superfície em que se encontra a

impressão papilar latente se dá pelas forças intermoleculares incluindo as ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals (CUNHA, 2012). Por conseguinte, a escolha do pó a ser utilizado leva em consideração a superfície em que a impressão papilar latente está localizada, as condições climáticas do ambiente e a experiência do perito (CHEMELLO, 2006).

Uma outra técnica forense bastante utilizada é a identificação do ácido desoxirribonucleico (DNA) que carrega o código genético dos seres vivos. Este código é repassado hereditariamente, sendo, portanto, bastante utilizado em testes de paternidade. O DNA possui na sua constituição uma dupla hélice de nucleotídeos que contém as bases nitrogenadas adenina (A), timina (T), guanina (G) e citosina (C), cujas estruturas químicas estão representadas na imagem reproduzida na Figura 2 (FARIAS, 2008).

Figura 2 - Estrutura de uma molécula de DNA



Fonte da imagem tratada: Santos, 2022,

Na Química Forense, o DNA é capaz de auxiliar na investigação criminal, visto que, a partir dele, pode-se identificar se determinada evidência de material biológico,

como sangue, cabelos, unhas etc. pode pertencer a um suspeito ou a uma vítima, além de permitir a identificação de vítimas carbonizadas (FARIAS, 2008). Atualmente temos inúmeras técnicas que podem ser empregadas na extração e análise do DNA, cuja escolha depende do tipo de tecido encontrado e levado para análise.

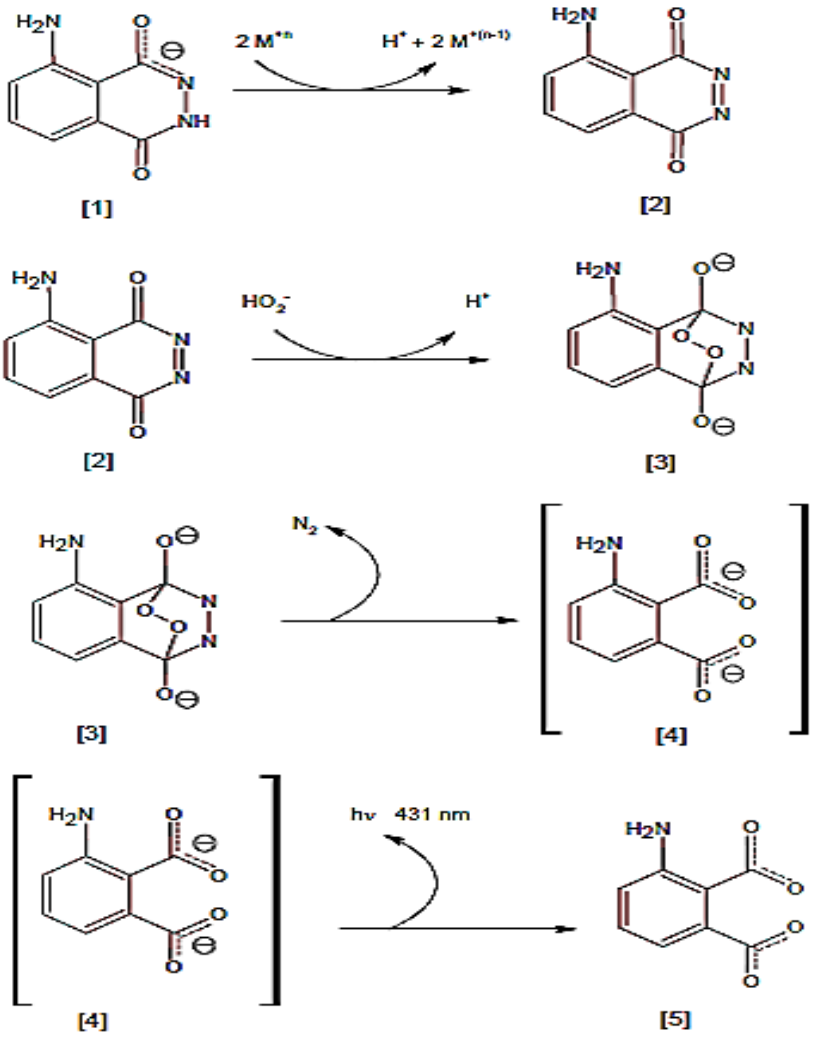
Além destas técnicas supracitados, Farias (2008) destaca a técnica do luminol como sendo a mais empregada na Química Forense. O luminol ($C_8H_7N_3O_2$) é um produto químico que exibe quimiluminescência, com um brilho azul, quando misturado com um agente oxidante apropriado. O luminol é um sólido cristalino com cor variando de branco a amarelo pálido, solúvel na maioria dos solventes orgânicos polares, mas insolúvel em água. Quando irradiado por luz ultravioleta, o luminol reage com a hemoglobina e com as substâncias químicas do sangue, revelando locais e objetos na cena periciada e que possuem manchas de sangue, tais como: roupas e objetos usados pelo suspeito e na cena do crime. Nas imagens reproduzidas na reproduzidas na Figura 3 pode-se ver ambiente da cena do crime com a presença de sangue, antes e depois da aplicação do luminol:

Figura 3 – Um ambiente com presença de sangue antes e depois da aplicação do luminol

Fonte: VASCONCELLOS, PAULA, 2017.

Na Figura 4 é possível visualizar o mecanismo da reação do luminol com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em meio alcalino na presença de um íon de metal de transição proposta por Albertin e colaboradores (2018):

Figura 4 – Mecanismo de reação do luminol com H_2O_2 em meio alcalino



Fonte: SOUZA; FERREIRA, 2018.

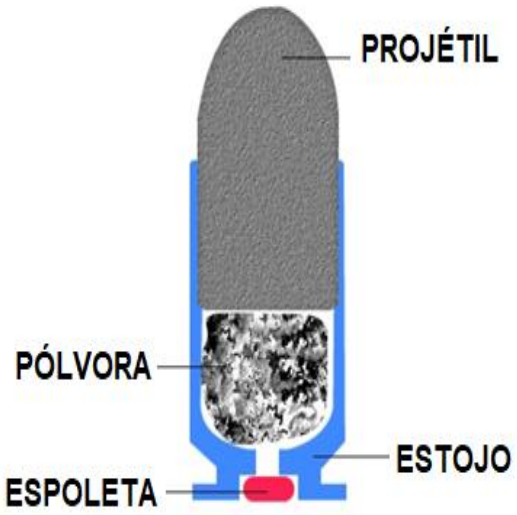
Mas para que a quimiluminescência aconteça, é preparada uma solução com o luminol e peroxido de hidrogênio, na qual acontecerá a reação de oxidação do luminol na preseça um catalisador redox. Muitos metais podem funcionar como catalizador, como no caso do teste para presença de sangue, realizado pelos peritos criminais nas cenas de crime, em que o próprio ferro presente na hemoglobina é o catalizador. O Ferro oxida o luminol, formando diazoquinona [2], que por sua vez é atacado pelo ânion do peróxido de hidrogênio, formando o endoperóxido [3]. Este perde nitrogênio e forma o diânion do ácido 3-aminoftálico no estado excitado [4] o qual decai para o estado fundamental [5], emitindo radiação por fluorescência do 3-

aminoftalato em um comprimento de onda de aproximadamente 431 nm. Observando, no espectrofotômetro, a cor da luz emitida equivalente a este comprimento de onda é azul. Esta cor varia dependendo do agente oxidante, por exemplo, se for utilizado o dimetilsulfóxido no lugar de peróxido de hidrogênio, a cor será verde.

A técnica quimicamente detalhada acima é bastante utilizada para revelar manchas de sangue latentes, pois embora o sangue sofra com o processo de oxirredução em contato com o oxigênio do meio ambiente, sempre restam resquícios do ferro (Fe^{2+}) presente, sendo este o íon de metal utilizado para reagir no mecanismo detalhado por Albertin e colaboradores (2018). A intensidade do brilho gerado pelo luminol irá depender diretamente da concentração do íon metálico, porém devido à concentração alta de ferro no sangue, como já destacado anteriormente, mesmo após vários dias, meses e até mesmo anos, ainda é possível notar brilho de manchas de sangue, se algum resíduo foi preservado.

Outra técnica utilizada é a de balística, em virtude da alta taxa de crimes realizados com armas de fogo. Esta técnica permite aferir a autoria dos disparos feitos pela arma, indicando se a arma analisada foi ou não utilizada em determinado crime. A arma de fogo é basicamente uma máquina térmica baseada nos princípios da termodinâmica, que possui em sua estrutura um aparelho arremessador (que é a própria arma) e o cartucho no qual tem-se a pólvora (carga de projeção) e o projétil (CHEMELLO, 2007). Na Figura 5 está reproduzida uma representação esquemática da composição interna de um cartucho de arma de fogo:

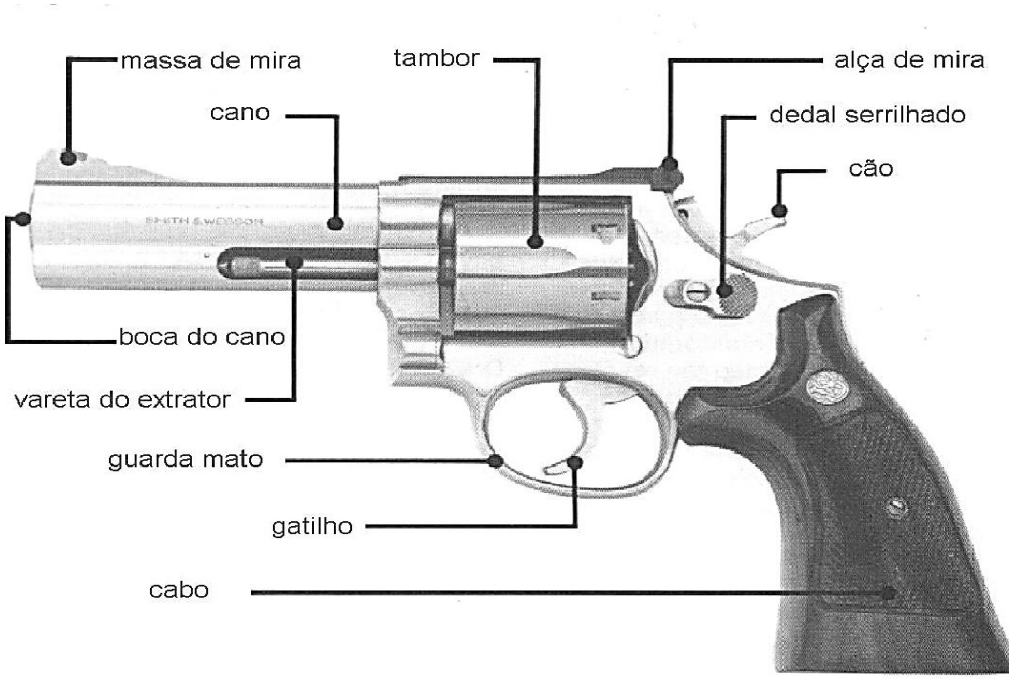
Figura 6 - Composição interna de um cartucho



Fonte: CHEMELLO, 2007

Na Figura 6 tem-se uma reprodução da representação esquemática de uma arma de fogo com seus dispositivos detalhados:

Figura 6 – Esquema de uma arma de fogo

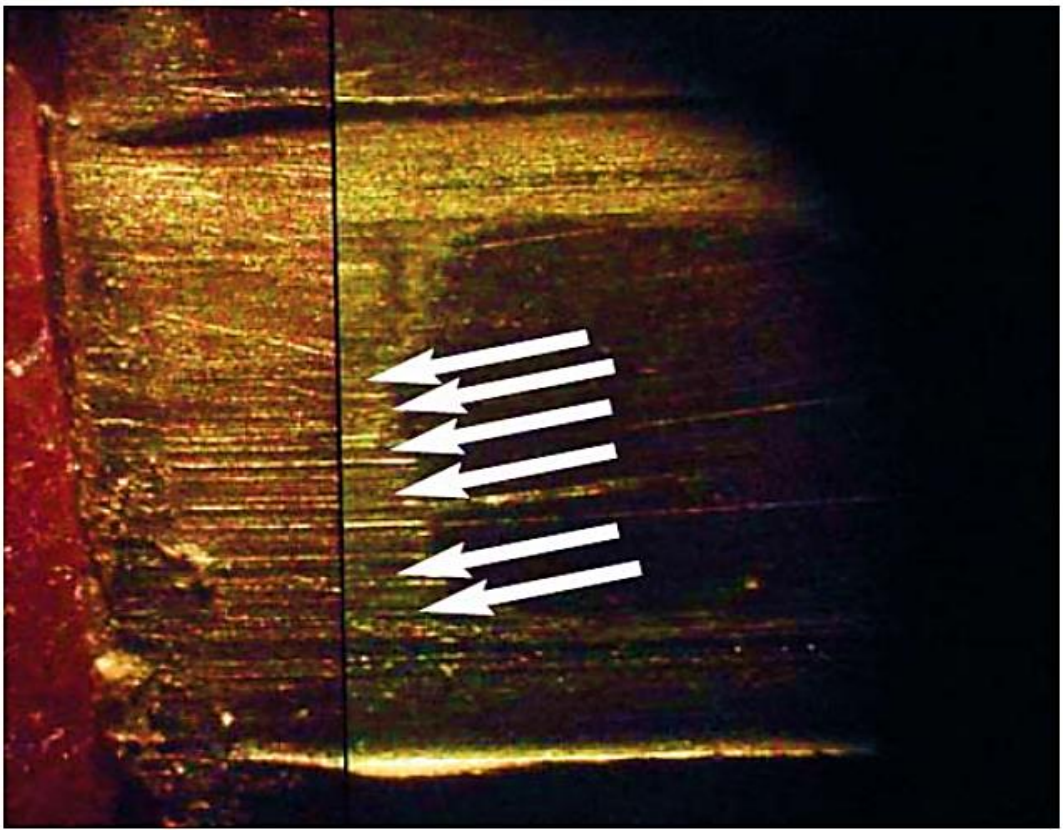


Fonte: Serviço de Armamento e Tiro – SAT,

Quando uma arma de fogo é disparada, apenas o projétil é lançado para fora da arma no ato do disparo. Sua força de projeção depende do processo de combustão da pólvora que em muito pouco tempo produz um volume de gases que, por sua vez, expele o projétil pelo cano da arma. Além de atuar empurrando o projétil, a pressão feita por esses gases também age na parte interna da arma, formando o fenômeno denominado de “soco da arma”, fazendo com que a mesma se projete para trás (CHEMELLO, 2007). Como o projétil está propriamente em contato com a parte interna do cano da arma, ao serem disparados deixam marcas e microestiramentos na arma, que podem ser analisados como evidências de um crime.

Na Figura 7 é possível verificar as marcas e microestiramentos produzidos por uma arma de fogo. “À esquerda da linha preta, a bala em questão e à direita da mesma linha o padrão de marcas observado nos testes com a respectiva arma de fogo. As setas indicam as marcas que coincidem, o que confirma que os projéteis foram expelidos pela mesma arma” (CHEMELLO, 2007).

Figura 7 - Marcas e microestiramentos na arma de fogo



Fonte da imagem tratada: CHEMELLO, 2007.

Assim, para determinar qual arma de fogo foi utilizada em um crime, os peritos podem fazer uso da técnica de confronto microbalístico. Neste caso, coleta-se o projétil que foi alojado na vítima e realizam-se testes disparando as armas de fogo suspeitas, com o intuito de observar microestrias similares ao que foi formado no disparo contra a vítima. Além da análise dos projéteis, no confronto microbalístico também é possível averiguar as cápsulas e cartuchos que foram deflagradas no local do crime, analisando indícios de percutor e ranhuras geradas na culatra (CHEMELLO, 2007).

Na conjuntura do disparo, o projétil não é o único a ser lançado para fora da arma. Nesta ocasião também há a produção de vários resíduos sólidos pelo projétil, mistura iniciadora e pólvora, além de gases como monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, etc. Esses resíduos estão representados na imagem reproduzida na Figura 8.

Figura 8 - Nuvem de fumaça formada pelo disparo da arma

Fonte da imagem tratada: CHEMELLO, 2007.

O atrito e a fragmentação do projétil lançado geram cátions metálicos de chumbo, antimônio e bário que são descartados por trás da arma. Estes resíduos aderem à mão do atirador ficando sob a superfície da sua pele, possibilitando, assim, a sua detecção através de análises químicas feitas por testes residuográficos (CUNHA, 2012).

Como as técnicas apresentadas anteriormente possuem caráter de análise química, este contexto da Ciência Forense e suas técnicas específicas pode ser utilizado no ensino e aprendizagem de Química, através do estudo de casos criminais e da realização de experimentos mais simplificados que possibilitem aos estudantes ao menos visualizar como um dado conceito químico se relaciona de forma real com a resolução de um crime.

3.3 A Utilização da Química Forense como ferramenta pedagógica no processo de ensino e aprendizagem

Para despertar a atenção dos estudantes, é necessário buscar caminhos que despertem o seu interesse. Nos dias atuais, a televisão e a internet se tornaram meios de comunicação presentes diariamente no cotidiano dos mesmos e, portanto, podem ser utilizados como recursos didáticos motivacionais no processo formativo. Segundo

Silva e Rosa (2013), os recursos audiovisuais são interessantes para uso didático na sala de aula, uma vez que possuem a capacidade de expandir os conteúdos vistos pelos estudantes, contribuindo para aumentar a compreensão dos mesmos acerca de um determinado tema, além de ser considerada uma maneira alternativa e prazerosa de estudar. Com o aumento e popularização das séries de ficção científica produzidas e transmitidas em canais televisivos e websites, cada vez mais este tipo de conteúdo passou a ser consumido pela população, possibilitando a sua utilização na construção de metodologias de ensino e aprendizagem que possam ser usadas com o intuito de promover a melhora da cognição dos estudantes (CRUZ *et al*, 2016).

Na perspectiva deste estudo, entre as séries que abordam a ficção científica, destacam-se aquelas que possuem como temática central a Química Forense, especificamente as series: *Crime Science Investigation* (*CSI*), *Criminal Minds, Cold Case e Bones,* cujos personagens são profissionais que se dedicam a solucionar crimes a partir da coleta e análise de evidências deixadas pelo criminoso (SILVA e ROSA, 2013). Além disso, estas séries podem motivar o interesse dos estudantes pelas Ciências Forenses e suas áreas de conhecimento, entre elas a Química Forense, possibilitando evidenciar a sua importância social para os estudantes (SOUZA, 2008).

Na intervenção realizada por Silva e Rosa (2013), os estudantes puderam ser peritos criminais por um dia. Inicialmente, foram apresentados trechos da série CSI para que os estudantes se familiarizassem e compreendessem melhor a dinâmica desta profissão. Em seguida, adentraram em um cenário fictício de crime, montado pelo professor, no qual puderam coletar e analisar amostras de DNA e sangue deixadas como evidências. Por fim, os autores concluíram que o uso de seriados em conjunto com as aulas práticas se mostrou eficaz no ensino e aprendizagem de Química ressaltando que, nos dias atuais, é cada vez mais necessário que os professores articulem os conteúdos ministrados em sala de aula aos fenômenos cotidianos.

Na perspectiva desta discussão, é importante destacar que a Ciência Forense abrange uma grande quantidade de áreas do conhecimento, o que possibilita o desenvolvimento de atividades interdisciplinares nos ambientes formativos propiciando uma maior eficácia do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, por auxiliar na resolução de crimes a partir de conhecimentos científicos, a Ciência Forense se torna um ótimo instrumento para ser explorado metodologicamente, pois

expande a visão do estudante perante os problemas enfrentados pela sociedade (CRUZ *et al*, 2016).

A partir disso, é necessário conhecer bem os conceitos químicos que são aplicados de forma corriqueira na Química Forense, como será abordado em nosso próximo tópico.

3.4 Conceitos de Química relacionados à Química Forense

A Ciência Forense trata-se de uma grande área do conhecimento que envolve diversos campos do saber com a contribuição de várias ciências, incluindo a Química Forense, cujos profissionais envolvidos na área irão, a partir de técnicas específicas, avaliar vestígios deixados em cena, como impressões digitais, fluidos corporais, marcas em documentos e outros que darão o material necessário à reconstituição de crimes.

A seguir estão destacados alguns aspectos teóricos da Química que são fundamentais na utilização corriqueira das seguintes técnicas forenses, selecionadas no contexto deste estudo: revelação de digitais, balística e detecção de sangue. Estas técnicas, importantes da Ciência Forense, foram selecionadas, pois se fundamentam em diversos conceitos da Química (Geral; Orgânica e Inorgânica) caracterizando seu potencial elevado como temáticas contextualizadas no Ensino Médio de Química.

Nas técnicas papiloscópicas (ou revelação de digitais), é possível explorar as interações intermoleculares, pois, como citado por Farias (2008), as técnicas que utilizam algum tipo de pó na revelação de impressões papilares latentes são as mais amplamente utilizadas e se baseiam em dois tipos de interações: forças de Van der Waals e Ligação de Hidrogênio.

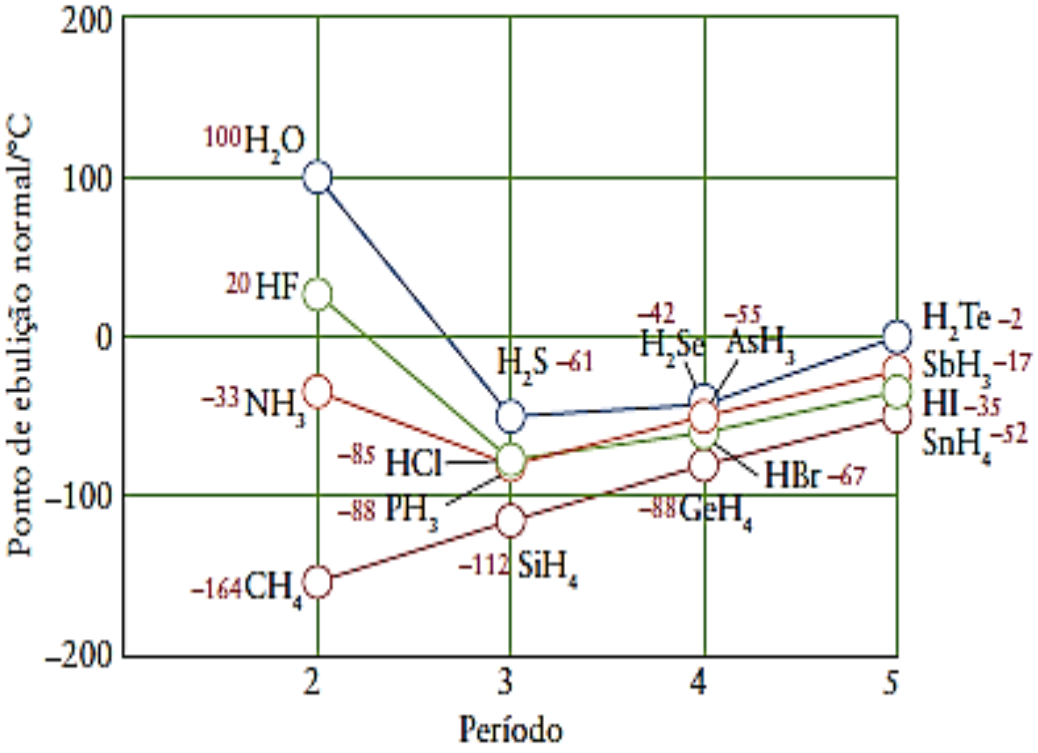
Para Atkins (p. 185, 2018), as “forças intermoleculares são responsáveis pela existência das várias ‘fases’ da matéria”, pois quando se apresentam de forma atrativa conseguem juntar moléculas, formando fases condensadas (líquidos e sólidos). A depender do nível das repulsões geradas, a fase pode ser sólida, pois a distância entre as moléculas é basicamente insignificante para a estrutura, ou líquida, quando as repulsões causam distâncias suficientes para permitir uma movimentação maior das moléculas. Com o aumento das forças repulsivas, se tem uma vibração e movimentação ainda maior, possibilitando a formação da fase gasosa.

Dentre das chamadas interações de Van der Waals destacam-se dois tipos interações intermoleculares: (i) dipolo permanente/dipolo permanente; (ii) dipolo instantâneo/dipolo induzido (ou forças de London). As primeiras ocorrem entre moléculas polares, ou seja, cuja estrutura apresenta um momento de dipolo permanente, enquanto que as segundas são decorrentes da polarizabilidade da nuvem eletrônica e ocorrem tanto em moléculas polares como apolares. As interações de Van der Waals são interações consideradas fracas (ATKINS, 2018), fazendo com que sejam facilmente desfeitas por interferências externas quando comparadas com as ligações de hidrogênio. Este aspecto é um dos fatores limitadores para o uso de técnicas com pó dentro da Ciência Forense, pois é necessário que os vestígios deixados sejam recentes, para que a interação entre o pó e os componentes da digital tenha um resultado visível (BRUNI et al, 2012).

Segundo Atkins (2008) as ligações de Hidrogênio são um tipo de interação específica das moléculas que contêm átomos do elemento químico hidrogênio (H) ligados a átomos mais eletronegativos, conferindo ao hidrogênio uma densidade de carga parcial positiva (δ+). A ligação de hidrogênio será formada pela interação deste hidrogênio com caráter ácido a um átomo doador de um par de elétrons livres, na mesma ou em outra molécula. Especificamente os átomos dos elementos Nitrogênio (N), Oxigênio (O), Flúor (F), com raios atômicos pequenos e bastante eletronegativos formam ligações de hidrogénio fortes.

Esse tipo de ligação é mais forte quando comparadas com as interações de Van der Waals, influenciando de maneira direta nas propriedades físico-químicas da matéria, como evidenciado pelos valores das temperaturas de fusão e de ebulição dos hidretos dos grupos 15, 16 e 17 que formam ligações de hidrogênio (NH_3; H_2O; HF) cujos valores das temperaturas de ebulição são bem mais elevados do que seria previsto pela tendência normal das respectivas curvas das temperaturas de ebulição versus a massa molecular dos hidretos de cada grupo nos períodos sucessivos reproduzida na Figura 9, a seguir:

Figura 9 – Pontos de Ebulição dos hidretos dos grupos 13, 15. 15 e 17



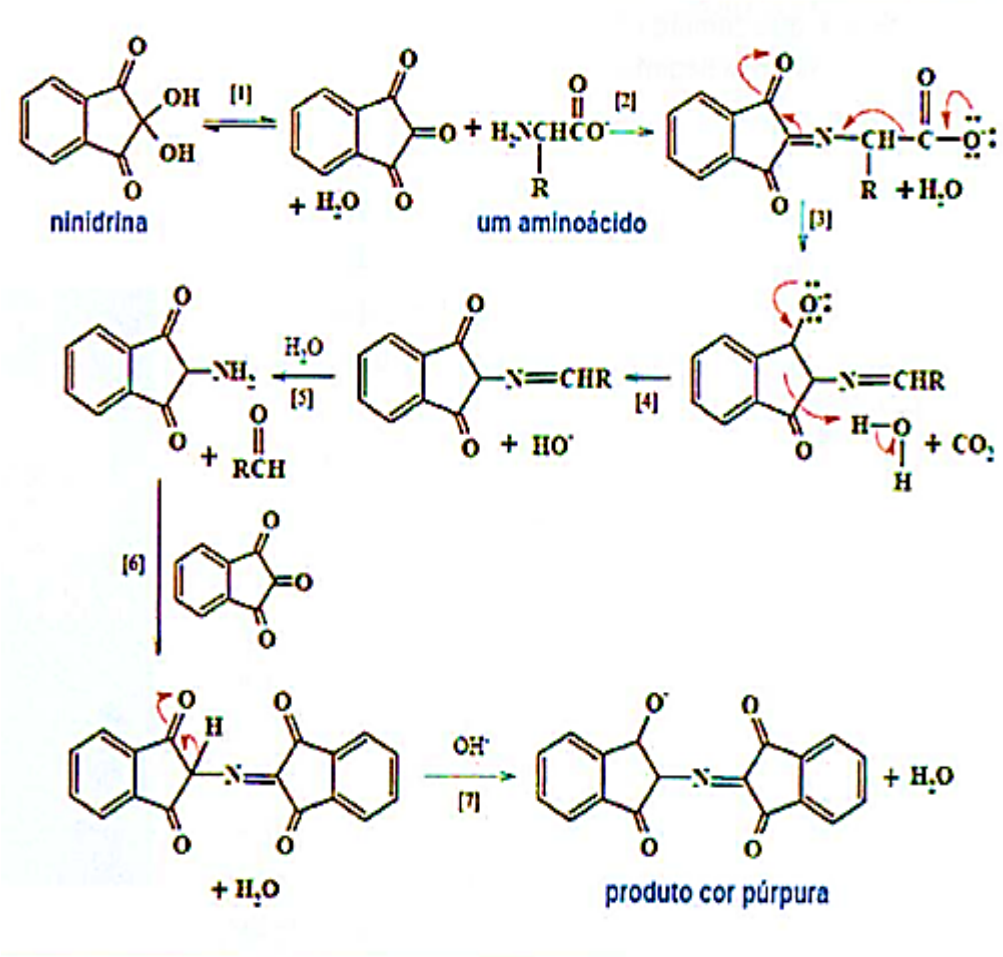
Fonte da imagem: ATKINS, p. 191, 2018.

Na utilização de compostos capazes de formar Ligações de Hidrogênio, é possível obter resultados mais visíveis no teste do pó na revelação de impressões papilares latentes, pois a interação entre o átomo eletronegativo e o Hidrogênio dos resíduos digitais é muito mais forte que no caso das Forças de van der Walls. Porém, o fator limitante permanece sendo o tempo ao qual a digital ficou exposta ao ar, pois o desgaste e perda de determinados elementos podem tornar impossível ou ineficaz o uso dessa técnica.

No contexto da papiloscopia, merece destaque uma técnica que consegue trabalhar com resíduos mais antigos e que se baseia no uso da Ninidrina, um composto orgânico que reage com aminoácidos presentes nas mãos humanas, gerando uma coloração denominada de “*púrpura de Ruhemman”*, revelando impressões latentes (FARIAS, 2008). O uso de dessa técnica é pautado pela composição do suor, que apresenta cerca de 98% de compostos orgânicos, entre eles os aminoácidos que reagem nessa técnica, e cerca de 2% de compostos inorgânicos,

utilizados nas técnicas anteriores (BRUNI et al, 2012). As etapas reacionais, neste processo, estão detalhadas na imagem reproduzida na Figura 10, a seguir:

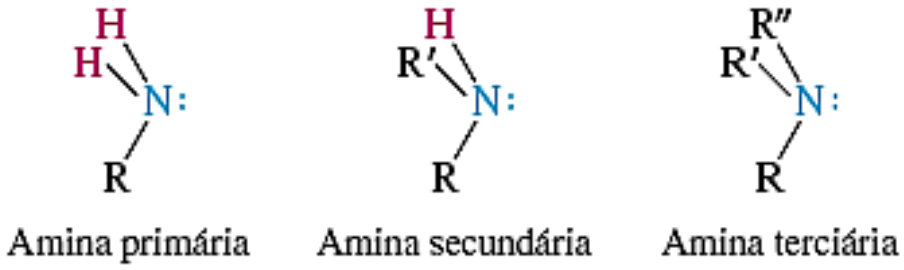
Figura 10 – Reação química entre a Ninidrina e um aminoácido qualquer



Fonte da imagem: BRUNI et al, p. 179, 2012.

Portanto, a apresentação contextualizada desta técnica permite abordar os grupos funcionais da Bioquímica e da Química Orgânica e suas especificidades estruturais e de ligação, uma vez que a reação da Ninidrina é utilizada para detecção de aminas primárias presentes nos aminoácidos. Segundo Carey (2011), aminas são uma classe de compostos orgânicos derivados da amônia (NH_3) que se caracterizam como bases fracas envolvidas, geralmente, em reações ácido-base biológicas, daí sua presença nos aminoácidos. As aminas podem ser classificadas em primárias, secundárias ou terciárias, a depender do número de radicais de carbono (R; R'; R") ligados ao nitrogênio, como podemos visualizar na Figura 11 seguinte:

Figura 11 – Representações de aminas



Fonte da imagem: CAREY, p. 938, 2011.

O par de elétrons não compartilhados no átomo de nitrogênio domina a química das aminas sendo responsável pela sua basicidade (compartilhamento do seu par solitário de elétrons com um próton) e nucleofilicidade (compartilhamento do seu par solitário com um carbono eletrofílico). Assim, o par isolado de elétrons do nitrogênio funciona como base de Lewis ou como um nucleófilo nas reações químicas como a da Ninidrina (CAREY, 2011).

Embora as aminas sejam bases fracas, elas são consideravelmente mais básicas do que álcoois, éteres e água. O átomo de nitrogênio na maioria das aminas tem hibridização sp^3. Três dos orbitais híbridos sp^3 formam ligações sigma com o quarto orbital carregando o par de elétrons solitários. O nitrogênio de ligação simples tem forma piramidal trigonal, com o par de elétrons solitários não ligantes apontando para o vértice desocupado de um tetraedro. Devido à maior aglomeração dos elétrons do par solitário, o ângulo de ligação C-N-C entre os substituintes alquil em uma amina é aproximadamente 108º, que é ligeiramente menor que o ângulo de ligação 109,5º para uma geometria tetraédrica perfeita (LIBRETEXTS CHEMISTRY, 2023).

Já na área de detecção de sangue, a utilização de reagentes luminescentes, mais especificamente o luminol, tem sido uma das técnicas mais amplamente utilizadas, pelo fato de conseguir ressaltar manchas de sangue antigas e pela latência de uso, podendo ser utilizada em investigações anos depois da ocorrência criminal (BRUNI et al, 2012).

O mecanismo reacional da reação do luminol com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em meio alcalino e na presença de um catalisador (um íon de metal de transição) proposto por Albertin e colaboradores (2018) já foi mostrado na Figura 5. Portanto, com a abordagem contextualizada desta técnica forense é possível explorar

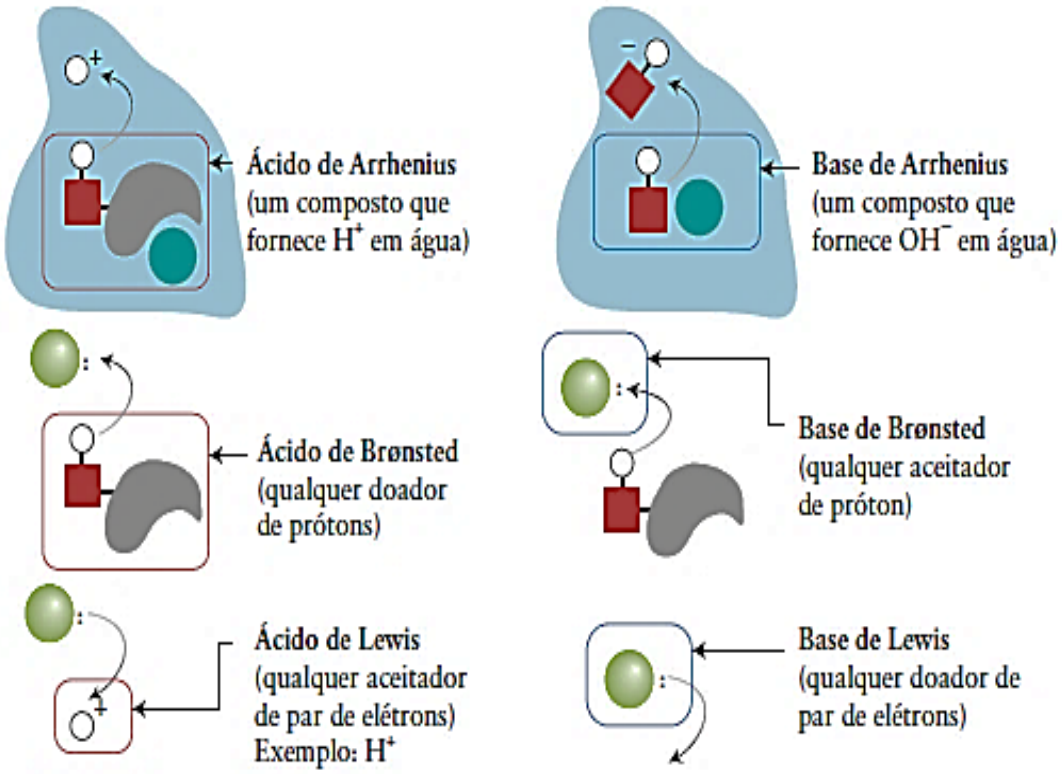
uma variedade de conceitos químicos tais como: estados e números de oxidação; reações de oxirredução; agentes oxidantes e redutores; catalise química; complexos metálicos; luminescência, considerando que neste processo o reagente luminol sofre oxidação pelo peróxido de hidrogênio, sendo a reação catalisada pelo grupo heme, presente no sangue. Nesta reação, a presença do peróxido de hidrogênio causa a oxidação do Ferro presente no sangue humano, formando um estado de transição na forma de Fe(IV). Este intermediário sofre redução durante a oxidação do luminol, formando o Fe(III), sendo que nesta etapa ocorre a luminescência.

Além dos conceitos relacionados anteriormente na utilização dessa reação, pode-se explorar outros conceitos importantes da Química, tais como as teorias ácido-base e suas especificidades que se aplicam em diferentes contextos a depender do meio no qual as reações estão acontecendo como descrito por Atkins (2018):

- A teoria ácido-base de Arrhenius se aplica para sistemas em meio aquoso. De acordo com esta teoria, um ácido é um composto que contém hidrogênio e libera íons hidrogênio (H^+) em meio aquoso. A base de Arrhenius é um composto que produz íons hidróxido (OH^-) em meio aquoso. Dessa forma, trata-se de uma teoria com a limitação de ser restrita aos sistemas reacionais em meio aquoso, o que impede a sua aplicação em várias reações que ocorram em outros tipos de solvente ou mesmo na ausência de solvente.
- Segundo a teoria de Bronsted-Lowry, um ácido é uma substância doadora de prótons, ou seja, uma fonte de íons hidrogênio (H^+). Uma base é uma substância receptora de prótons, ou seja, uma substância a qual íons hidrogênios podem ser ligados. Portanto, trata-se de uma teoria baseada na transferência de prótons.
- De acordo com a teoria de Lewis, ácido é uma substância que atua como receptora de par de elétrons, enquanto base é uma substância que doadora de par de elétrons. Trata-se de uma de alcance mais amplo para conceituar ácidos e bases.

Uma representação esquemática resumida destas três teorias ácido-base, amplamente exploradas no processo de ensino e aprendizagem de Química está apresentada na imagem reproduzida na Figura 12, a seguir:

Figura 12 – Representação das teorias de ácido-base



Fonte: ATKINS, p. 448, 2018.

A partir desta discussão e diante da amplitude de possibilidades para a utilização da Química Forense como um contexto para se abordar conteúdos de Química, pode-se perceber, que o uso do contexto forense para se estudar os conteúdos desta Ciência no Ensino Médio pode ser esta uma estratégia metodológica de ensino e aprendizagem extremamente versátil, podendo instigar o estudante para investigar situações, entender como as técnicas funcionam e quais análises podem ser utilizadas em determinados contextos, levando o mesmo a desenvolver e aprofundar sua base teórica de conhecimento sobre os conteúdos de Química trabalhados.

3.5 Aprendizagem Baseada em Problemas

Para levar os estudantes a uma melhor participação das atividades em sala de aula, além de um maior envolvimento com o conteúdo trabalhado, o uso de Metodologias Ativas (MA) pode ser uma boa estratégia. Esse tipo de metodologia

possui raízes no movimento escolanovista, que busca favorecer no estudante o desenvolvimento do seu pensamento crítico e reflexivo a respeito daquilo que está desempenhando, desenvolvendo uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), na qual o estudante realmente constrói um significado acerca daquilo que está sendo abordado em sala de aula, construindo o processo de aprendizagem.

Nas metodologias ativas, os estudantes são sujeitos ativos no seu processo de aprendizagem, não esperando passivamente pelas informações do professor. Neste contexto, o papel do professor não é de detentor da informação, mas sim de orientador, supervisor e facilitador do processo de aprendizagem. Já o estudante constrói seu próprio conhecimento utilizando os estímulos e orientações fornecidos e, segundo Meyers & Jones (2013), este processo contribui para uma aprendizagem realmente efetiva.

No contexto das metodologias ativas existe uma estratégia denominada Aprendizagem Baseada em Problemas (ABProb) que, segundo Barbosa e Moura (p. 58, 2013), se fundamenta “no uso contextualizado de uma situação problema para o aprendizado autodirigido”. Ainda de acordo com estes autores, enquanto os métodos convencionais têm como objetivo educacional a transmissão do conhecimento centrada no professor, na ABProb, o aprendizado passa a ser centrado no estudante, que deixa de ser um mero receptor passivo da informação para tornar-se um agente ativo por seu aprendizado.

Neste tipo de metodologia, o estudante pode se envolver de forma individual ou grupal, a depender do planejamento didático organizado pelo professor, sendo o mesmo responsável por encontrar soluções para a situação-problema proposta de forma investigativa, levando em conta materiais apresentados e os conteúdos abordados em sala de aula.

Portanto, é através dessa investigação que o estudante pode construir seu conhecimento, se aprofundando através de pesquisas e refletindo sobre cada estratégia utilizada nesse processo (BARBOSA & MOURA, 2013), através de erros e acertos, com orientação do professor, que deixa de lado o papel de único detentor do conhecimento, com os conteúdos sendo abordados de forma mais dinâmica e interativa, gerando um real cenário de construção de conhecimento, que não se resume apenas a exposição de informações que pode gerar um maior desinteresse por parte dos estudantes.

Neste modelo de ensino e aprendizagem, também é possível construir o conhecimento de maneira não formal, pois o estudante, pode até não formular uma resposta formal com termos científicos, porém ele é capaz de ilustrar fenômenos de forma correta, explicando-o à sua maneira, seguindo a teoria de forma correta (MOREIRA, 2008).

Este é um ótimo ponto de partida para a construção do conhecimento, pois, a partir de um nível inicial de compreensão, é possível evoluir de maneira mais fácil o processo de aprendizagem.

A ABProb é uma metodologia extremamente versátil, podendo ser utilizada em qualquer área do conhecimento para uma variedade imensa de conteúdos curriculares, podendo a partir dela promover a interdisciplinaridade e até mesmo trabalhar na perspectiva de um ensino e aprendizagem contextualizado. No Quadro 4 pode-se ver alguns aspectos comparativos da ABProb e do ensino tradicional:

Quadro 4 – Aspectos comparativos da ABProb e do ensino tradicional

	Ensino Convencional	**ABProb**
Professor	• Função de especialista ou autoridade formal; • Trabalho Isolado; • Transmissor de informações aos alunos; • Conteúdo organizado em aula expositiva; • Trabalho individual por disciplina.	• Orientador ou consultor; • Trabalho em equipe; • Ensina ao aluno gerenciar sua aprendizagem; • Curso organizado em problemas reais; • Estímulo ao trabalho interdisciplinar.
Aluno	• Receptores passivos da informação; • Trabalho individual isolado; • Transcrevem, memorizam e repetem; • Aprendizagem individualista e competitiva; • Busca resposta certa para se sair bem na prova; • Avaliação dentro de conteúdos limitados; • Avaliação somativa e só o professor avalia; • Aula baseada em transmissão de informação.	• Valorização do conhecimento prévio; • Interação com colegas e professores; • Função de buscar/construir o conhecimento; • Aprendizagem em ambiente colaborativo; • Buscar questionar e equalizar problemas; • Análise e solução ampla de problemas; • Aluno e o grupo avaliam contribuições; • Trabalho em grupo para buscar soluções, conhecimento é aplicado em vários contextos, busca da informação com orientação docente.

Fonte: RIBEIRO adaptado, 2005.

A partir das características mostradas no Quadro 3, é possível notar uma postura mais colaborativa entre professor e estudante, assim como entre os próprios estudantes com a adoção da ABProb, a adoção desse tipo de postura, pode facilitar o desenvolvimento do processo de construção do conhecimento, além de instigar o interesse dos estudantes contribuindo para um nível de responsabilidade maior no processo formativo, já que a adoção de uma postura ativa coloca o estudante numa posição de responsável pelo seu próprio conhecimento. Porém, para a adoção deste tipo de metodologia, é necessário alocar um tempo maior para o seu desenvolvimento, além da mudança no comportamento do professor, que pode levar um período de adaptação longo para o desempenho da função.

Essa abordagem também pode contribuir para aproximação entre professor e estudantes, retirando o estudante da posição de “recipiente de informações” e o professor da posição de “detentor do conhecimento”, uma vez que dentro dessa proposta ambos se auxiliam e constroem situações de parceria, essenciais para o bom convívio e desenvolvimento educacional, na perspectiva de que essa:

> Dialogicidade é, sobretudo, uma condição de igualdade, uma postura entre professor e alunos dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos. (FREIRE, 1985, p.85).

Assim como todos os tipos de metodologias, a Aprendizagem baseada em Problemas possui vantagens e desvantagens, porém é extremamente válida sua adoção para o desenvolvimento um estilo educacional mais descentralizado, contextualizado e interdisciplinar.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

Este trabalho se constitui em um estudo de natureza aplicada com abordagem qualitativa e quanto aos procedimentos (ou delineamento) adotados trata-se de um estudo de caso. De acordo com Minayo (2002), este tipo de estudo é adequado na compreensão dos significados que são produzidos no processo de ensino e aprendizagem. Ainda segundo este Autor, a pesquisa qualitativa “corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis” (2002, p.21). Desta forma, este modelo de interpretação de pesquisa se refere a conhecimentos que não podem ser quantificados. Também pode-se classificar esta pesquisa como sendo de natureza exploratória, pois busca-se compreender as características de determinado fenômeno e explicar suas causas e consequências (RICHARDSON, 1989).

4.2 População e mostra

O universo (ou população) deste estudo foram os estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da Rede Estadual de Ensino no Agreste pernambucano. A amostra foi constituída por 30 estudantes regularmente matriculados numa turma do 3º ano do Ensino Médio da referida escola. Para a realização da intervenção, os estudantes foram divididos em grupos, com cada grupo contendo um total de 5 (cinco) estudantes, que trabalharam em conjunto para analisar os casos criminais apresentados pelo professor, buscando-se relacionar o uso correto da técnica forense de acordo com as características do cenário encontrado.

A escolha dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio levou em consideração a relação observada entre os conteúdos programados para este nível de escolaridade na Rede Estadual de Ensino de Pernambuco com os conceitos químicos necessários para o desenvolvimento das atividades propostas neste estudo. A escolha da turma foi feita utilizando como critérios: a disponibilidade de horário do professor e se a turma já havia presenciado, no processo de ensino e aprendizagem, os conteúdos de Química que foram abordados durante a aula expositiva inicial nesta sequência didática, sendo eles: interações intermoleculares, ligações químicas, reações de

oxirredução, características físico-químicas de substâncias, funções e compostos orgânicos.

4.3 Coleta e análise dos dados

Primeiramente, foi realizada uma conversa com o professor responsável pela turma, buscando-se entender quais conteúdos curriculares relativos à Química já haviam sido trabalhados com a turma participante da pesquisa e, também, ter uma ideia sobre o nível de compreensão dos estudantes desta turma em relação aos conteúdos que seriam selecionados para a realização da intervenção didática proposta.

A partir dessa conversa, foi possível planejar a aula expositiva e inserir os conteúdos a serem trabalhados, nesse caso, reações químicas, reações de oxirredução, características físico-químicas de substâncias e compostos orgânicos.

A realização da coleta de dados se deu de forma presencial, através da análise de um laudo forense fictício, com a qual os estudantes deveriam identificar as falhas técnicas, associando conceitos químicos durante esse processo. Esta atividade foi aplicada para os estudantes participantes do estudo divididos em grupos. A turma utilizou como base teórica para realização da atividade proposta os conteúdos abordados previamente em sala de aula sobre as especificidades técnicas e teóricas das técnicas usadas na Química Forense e selecionadas neste estudo, cujas etapas de desenvolvimento ocorreu de acordo com os seguintes momentos:

- *Apresentação da Química Forense para os estudantes.* Neste momento foi realizado em sala de aula com uma exposição de conteúdos que teve como contexto a Química Forense (Apêndice A). Esta ação didática teve como objetivo pedagógico apresentar aos estudantes as técnicas forenses necessárias para a execução da atividade posterior, suas aplicações e os princípios químicos empregados nas mesmas. Além disso, também foi abordado a importância da Química Forense e sua relevância no contexto policial nacional e internacional. Também foi apresentado neste momento pedagógico um exemplo de um caso que só foi resolvido graças à atuação exemplar de um perito criminal;

- *Princípios teóricos técnicos e suas relações.* Neste momento, buscou-se o aprofundamento teórico dos estudantes sobre os princípios químicos utilizados nas técnicas forenses selecionadas, especificamente a análise papiloscópica e detecção e análise de manchas de sangue. Também foram abordados os princípios das técnicas de análise balística e diferenciação de DNA, já abordadas na apresentação inicial. A exploração dos conteúdos se deu através das explicações das técnicas, fazendo relação com os conceitos químicos utilizados em cada umas delas. Assim, no contexto da papiloscopia, foram abordadas as propriedades da matéria, as interações e ligações químicas. No contexto da detecção de sangue, foram abordados os tipos de cadeias carbônicas e de funções orgânicas. Independente do contexto, a relação entre o conteúdo e técnica se deu através dos princípios químicos que são empregados durante a execução da técnica forense. Além da exposição oral, as técnicas forenses citadas foram abordadas através de registros em vídeos e imagens, juntamente com a realização de um experimento simples envolvendo a técnica de papiloscopia, para melhor explicitar a relação entre Química Forense e conceitos da Química para os estudantes participantes deste estudo. Neste experimento, cada grupo marcou um vidro de relógio com digitais e utilizou o pó de carimbo para marcar também uma folha de papel com a identificação de cada digital. Em seguida, os grupos trocaram os vidros e folhas entre si. A partir daí, as digitais no vidro deveriam ser reveladas com o pó de carimbo e comparadas com aquelas presentes na folha, tentando identificá-las.
- *Aplicação da atividade*: A turma foi dividida em 5 grupos, com cada grupo recebendo um “relato” de um mesmo caso criminal fictício (Apêndice B). Cada um desses relatos continha as circunstâncias do crime em questão e as evidências coletadas, assim como informações sobre os suspeitos e suas características. A partir disso, foi solicitado a cada grupo que, através da natureza química das evidências apresentadas, relacionasse uma técnica forense, justificando o motivo de sua escolha com base nos conceitos já discutidos em sala de aula, além de apontar um suspeito. Partiu-se da premissa de que os estudantes ao selecionar e usar determinada técnica forense, fossem guiados pelas características químicas de cada pista, sendo forçados a observar essas pistas de um ponto de vista químico.

Esses momentos se dividiram no tempo de 4 aulas (Apêndice C), divididas em dois dias, ou seja, duas aulas “germinadas”, sem interrupção, em cada dia seguindo a seguinte organização de planejamento didático:

Quadro 5 – Organização das aulas integrantes da pesquisa

1ª Aula	• Roda de conversa inicial sobre o tema Química Forense, buscando estabelecer uma relação de comunicação com a turma, além de entender o que os estudantes entendiam sobre o assunto; • Início da aula expositiva sobre as técnicas forenses e sobre os conceitos químicos nos quais essas técnicas se baseiam, nesse caso: ligações químicas, reações de oxirredução, características físico-químicas e compostos orgânicos.
2ª Aula	• Continuação da aula expositiva; • Organização dos grupos por parte dos estudantes; • Realização do experimento de revelação de digitais pelos estudantes; • Discussão acerca do experimento realizado.
3ª Aula	• Apresentação do laudo fictício para os grupos; • Leitura e socialização entre os integrantes dos grupos, além das organizações das ideias e realização da atividade.
4ª Aula	• Socialização das ideias construídas; • Discussão a respeito das divergências entre os grupos; • Reflexão sobre as dúvidas que surgiram sobre a relação entre as técnicas forenses e os conceitos químicos; • Entrega da atividade de elaboração dos laudos.

Fonte: Próprio Autor (2023).

Os momentos foram registrados, através de fotos e gravações de áudio, que foram transcritos posteriormente para a sistematização dos dados e devidas análise e discussão. O método utilizado foi a análise discursiva, a qual segundo Caregnato (2006) questiona os significados estabelecidos e produzidos de formas variadas.

Assim, para a análise foram utilizadas as atividades de análises dos laudos entregues pelos estudantes participantes, além das respostas e discussões realizadas em sala de aula, após a construção do novo laudo.

Utilizando esse método, foi possível analisar a compreensão dos alunos acerca da relação entre os princípios químicos que pautam as técnicas forenses apresentadas e os conteúdos vistos durante o componente curricular de Química.

A avaliação se deu no momento da aplicação da atividade “Investigação Criminal”, na tentativa de entender o nível de relação entre técnica forense e princípio químico construído por cada grupo de estudantes. Isso foi possível através da análise documental do laudo, identificação das falhas e a justificativa para cada uma delas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo utilizou uma sequência de quatro aulas, com cinquenta minutos de duração cada, reservadas para o ensino e aprendizagem de Química na grade curricular da referida escola para aplicação da intervenção didática numa turma de terceiro ano do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino no município de Panelas-PE. Nesta intervenção, os estudantes participantes foram divididos em cinco grupos buscando-se estimular a discussão entre os integrantes e o desenvolvimento de ideias para a resolução do caso proposto. A seguir estão apresentados e discutidos os dados levantados neste estudo de caso.

5.1 Apresentação da Química forense e conteúdos de Química

O estudo começou com uma aula expositiva sobre Química Forense, utilizando as técnicas forenses como um contexto para a abordagem de conteúdos químicos. Essa aula introdutória foi essencial para situar os estudantes tanto com uma revisão de assuntos específicos da Química, como para a contextualização da Química Forense na abordagem dos conteúdos de ligações químicas, reações de oxirredução, características físico-químicas de substâncias e compostos orgânicos.

Essa contextualização inicial forneceu as ferramentas necessárias para iniciar o processo de análise e investigação proposto na atividade de avaliação deste estudo, sendo o desenvolvimento desse processo um dos principais pilares para a compreensão do assunto abordado durante as aulas e a construção da atividade proposta partindo-se da premissa de que

> O engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino (FREITAS 2011, p. 13).

Durante a aula, foi abordada a definição de Química Forense e sua utilização no cotidiano de toda a sociedade, além disso, foram expostas algumas técnicas

forenses destacando as seguintes: papiloscópicas, detecção e revelação de sangue através de reagentes químicos e exames de balística.

Como várias técnicas forenses são dependentes do uso de reagentes químicos para uso exclusivo em laboratório, ou necessitam de equipamentos sofisticados e de uso restrito, a utilização de recursos audiovisuais para melhor elucidar essas técnicas foi fundamental. Pois os estudantes conseguiram ao menos, visualizar: as situações de uso e os equipamentos utilizados; os efeitos do uso dessas técnicas, como no caso das manchas fluorescentes no caso do reagente luminol; os diferentes pontos de análise de uma impressão papiloscópica; os gabaritos de comparação balística etc. Numa perspectiva formativa interessante levando-se em consideração que:

> De maneira geral, a integração de todos esses recursos audiovisuais na sala de aula, além de servir para organizar as atividades de ensino, serve também para o aluno desenvolver a competência de leitura crítica do mundo, colocando-o em diálogo com os diversos discursos veiculados pelo audiovisual (ARROIO; GIORDAN, 2006, p.7).

Para o momento didático futuro da aplicação das técnicas forense partiu-se da premissa de que uma base teórica bem fundamentada é uma condição essencial para que os estudantes consigam correlacionar a teoria química com uma possível aplicação prática e contextualização dos conceitos. Assim, a integração de recursos audiovisuais diversos foi pensada e utilizada buscando-se minimizar as barreiras entre conteúdo químico e sua aplicação.

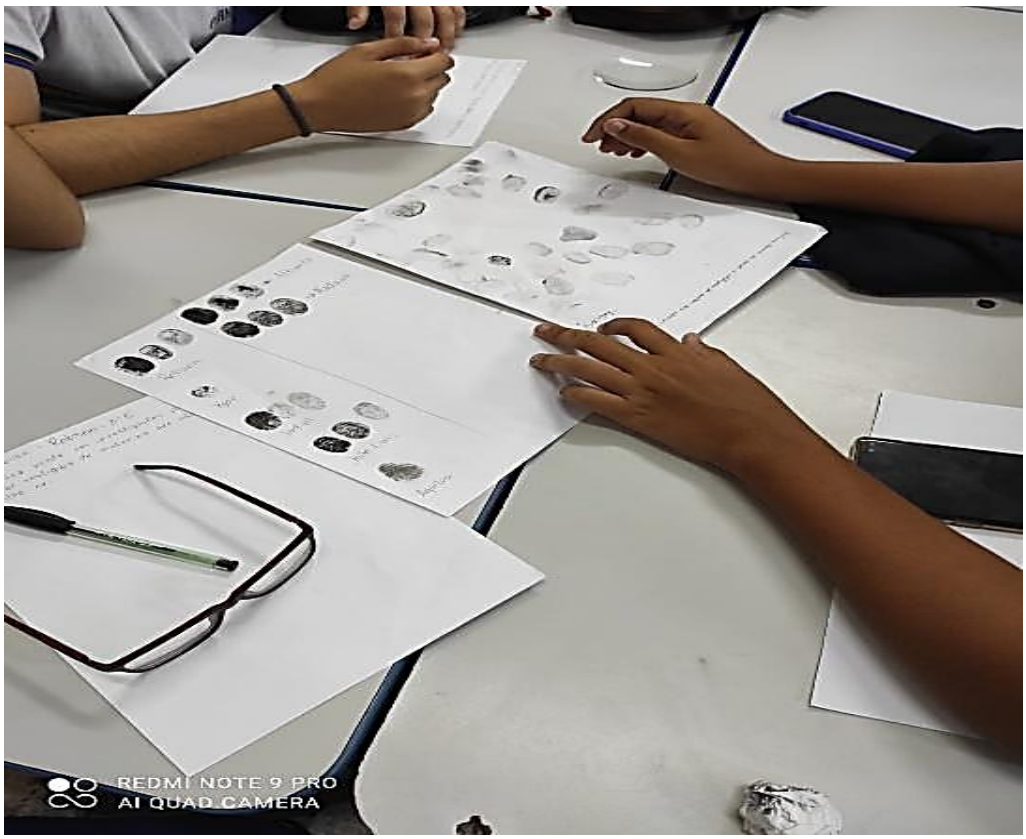
Mesmo diante da dificuldade de utilizar nos ambientes formais de ensino e aprendizagem os equipamentos utilizados nas técnicas forenses, ainda foi possível demonstrar de forma prática uma das técnicas explicitadas na Ciência Forense. Nesta perspectiva, optou-se pela técnica de Papiloscopia por possibilitar a sua aplicação prática em sala de aula. Como já detalhado anteriormente, esta técnica consiste na revelação de impressões digitais em ambientes diversos, a partir de reagentes adequados a uma situação criminal específica.

5.2 Experimento envolvendo a técnica de papiloscopia

Esta atividade de cunho experimental foi ministrada logo após a abordagem teórica da técnica selecionada, visando traduzir de forma prática a teoria exposta em sala de aula. Nela, os estudantes foram instruídos a marcar um vidro de relógio com

suas impressões digitais e fazer a mesma coisa com uma folha de papel utilizando pó de carimbo na identificação de cada uma delas conforme registrado na imagem da Figura 13:

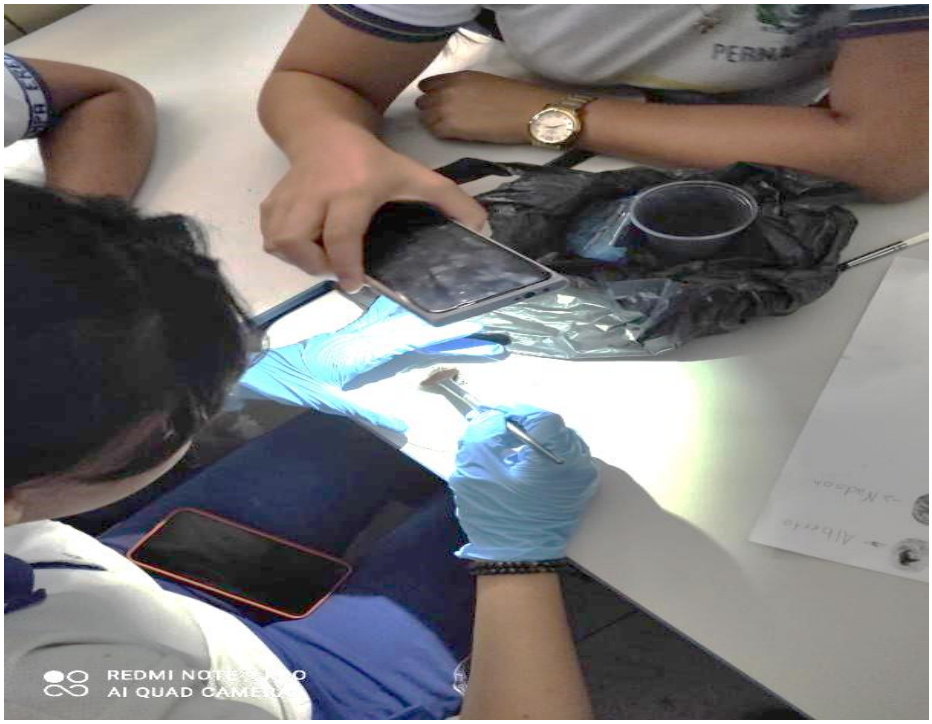
Figura 13 – Impressões digitais dos alunos já reveladas



Fonte: Dados da pesquisa.

Na segunda etapa, os vidros e as folhas de papel com as impressões digitais dos estudantes foram trocados entre os grupos. Assim, cada grupo utilizou pó de carimbo e um pincel para revelar as impressões digitais contidas nos vidros de relógio recebidos, após essa revelação, as mesmas foram comparadas com as impressões digitais contidas na folha, possibilitando identificar a qual estudante da turma as mesmas pertenciam. Na Figura 14, apresentada a seguir, tem-se um registro fotográfico do momento da revelação de impressões digitais pelos estudantes após a troca entre os grupos:

Figura 14 – Revelação de impressões digitais por alunos após a troca entre os grupos



Fonte: Dados da pesquisa.

Mesmo sendo um experimento simples, foi possível observar que a adesão dos estudantes foi muito satisfatória, assim como a empolgação dos mesmos de ver a prática consolidar a teoria vista anteriormente, o que gerou um interesse ainda maior pelo assunto trabalhado durante as aulas, contribuindo para o engajamento dos estudantes na atividade seguinte, em concordância com a ideia de que:

> [...] a ciência forense requer conhecimentos de diversas áreas para elucidação de crimes. Além disso, essa temática está bastante atrelada ao dia a dia dos estudantes. Deste modo, a utilização da química forense no ensino médio faz com que desperte um maior interesse dos alunos em estudar os conteúdos. Por fim, é possível adotar essa temática no ensino para contextualizar diversos conceitos químicos. (NUNES, 2017, p.27)

Propiciar situações em que os estudantes participem de forma mais ativa durante o processo de ensino e aprendizagem os incentiva no sentido de despertar o interesse e promover um engajamento maior dos mesmos pelos conteúdos abordados no processo formativo, pois é gerada a sensação de construção do conhecimento, na qual os estudantes percebem que também são capazes de construir e não somente receber informações prontas.

Para Vilela, Vasconcellos e Gomes (2007), o uso de experimentos possui um grande potencial didático, pois os estudantes têm acesso a diferentes formas de explorar os conceitos abordados, o que cria um senso de investigação e interpretação dos fatos, essencial, não somente para o ensino de ciências, mas também para os componentes curriculares como um todo.

Assim, a partir de experimentos simples e sem a necessidade de equipamentos laboratoriais, é possível integrar na rotina didática do ensino e aprendizagem de Química, estratégias de ensino mais dinâmicas e que deixem as aulas mais fluídas e agradáveis tanto para o professor quanto para o estudante, fugindo de uma rotina didática tradicional, conforme apontado por Carvalho et al (2007).

Através da análise da atividade de revelação de digitais realizadas pelos estudantes participantes deste estudo, verificou-se que, nesta abordagem experimental, além da participação ativa dos estudantes, houve também um grande engajamento dos mesmos na realização da etapa de comparação papiloscópica, percebendo-se que cada grupo desenvolveu sua própria forma de investigar, porém sempre levando em conta os princípios da técnica apresentada durante a aula, citando falas do professor e fazendo correlações entre aquilo que foi previamente apresentado e a situação atual.

Essa situação verificada neste contexto investigativo está de acordo com o entendimento de Laburú et al. (2006), considerando que as estratégias mais dinâmicas de ensino potencializam a motivação dos estudantes, desde que acompanhadas por uma boa base teórica que venha a ser utilizada como um guia durante a aplicação desse tipo de abordagem metodológica.

Durante a atividade, os estudantes em seus diálogos associaram as marcas das digitais (manchas papiloscópicas) a reação (ou interação) entre suor e gordura nos dedos e o pó, de forma muito contundente. Porém, os mesmos apresentaram dificuldade de explicar, com base nos modelos da Química, porque essa reação (ou interação) acontece, como pode-se constatar nas respostas dos estudantes transcritas a segui sem fazer qualquer alusão às interações intermoleculares, mesmo com o início de uma discussão guiada pelo professor.

“O suor segura o pó no vidro” (Estudante A);

“A gordura nos dedos segurou a marca da digital” (Estudante B).

Assim, é possível perceber que no caso destes dois estudantes, apesar de entenderem o princípio que rege a técnica papiloscópica, os mesmos não foram capazes de a associar ao conceito químico que embasa a sua aplicação na investigação forense de uma maneira formal. Esta situação é apresentada por Moreira (2011), como sendo recorrente em atividades experimentais no início do processo de construção do conhecimento, pois, os estudantes conseguem entender a base do conteúdo, porém sua aplicação de maneira formal ainda é deficiente.

Essa situação foi presenciada e discutida com o professor do componente curricular de Química responsável pela turma, sendo acordado que seria necessário um foco maior na discussão das interações intermoleculares, visando o maior aprofundamento conceitual dos estudantes da turma, pois, mesmo com a introdução teórica do assunto relacionando a técnica forense ao conteúdo que fundamenta sua aplicação no âmbito da Química, não houve por parte dos estudantes uma construção argumentativa eficiente da relação entre conteúdo e técnica.

Mas, mesmo com essas dificuldades, com o desenvolvimento desse momento mais integrado dos estudantes, aproveitou-se a oportunidade para dar início a terceira parte desta intervenção didática que consistiu na análise inicial do laudo e dos erros cometidos pela perícia.

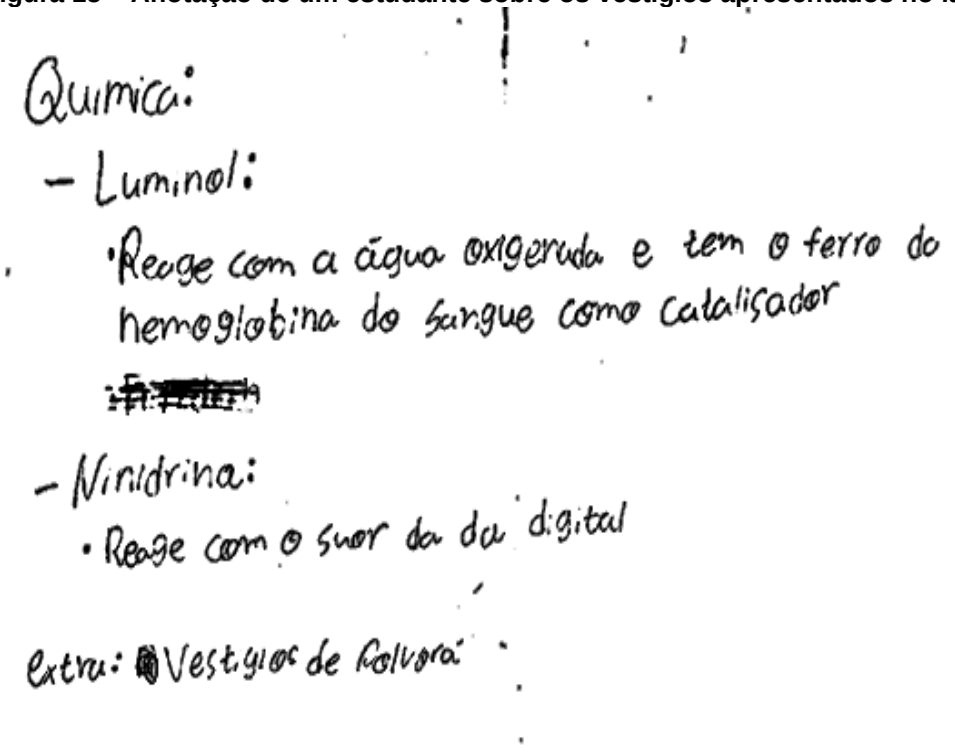
5.3 Análise inicial do laudo e erros periciais cometidos

Logo após a atividade envolvendo a técnica de papiloscopia, iniciou-se a análise do “laudo” da cena de crime fictício. A atividade foi explicada aos estudantes já divididos em grupos, momento no qual a leitura dos grupos foi iniciada, assim como o processo de *brainstorm,* no qual os estudantes participantes apresentaram diferentes ideias (hipóteses) sobre o que poderia ter acontecido com o Sr. “*Eddard Stark”* (suposta vítima no caso apresentado no laudo fictício).

O momento de compartilhamento de ideias entre os integrantes do grupo, foi essencial para gerar a comparação entre os possíveis fatores motivacionais para o cometimento do “crime”, levando-os também a questionar sobre os produtos de limpeza utilizados pelo Autor do crime (componentes como a água sanitária ou cloro que acabaram gerando o forte odor de alvejante no local), para eliminar os possíveis vestígios do delito, o que os remeteu aos princípios químicos empregados nas técnicas de perícia forense apresentadas durante a aula introdutória.

Durante a discussão entre os estudantes integrantes dos grupos, foi possível verificar que os mesmos começaram a identificar as primeiras relações entre os conteúdos de Química apresentados (ligações químicas, reações de oxirredução, características físico-químicas de substâncias e compostos orgânicos) e as técnicas forense utilizadas na cena do crime detalhada. Essa percepção foi possível a partir da observação das interações dialógicas que ocorrerem tanto entre os próprios integrantes no grupo quanto com o próprio professor em sala de aula, como pode ser constatado nas anotações de um grupo de estudantes participante deste estudo reproduzida na imagem da Figura 15, fazendo referência aos reagentes químicos bem como suas reações com analitos biológicos específicos.

Figura 15 – Anotação de um estudante sobre os vestígios apresentados no laudo.



Fonte: Dados da Pesquisa.

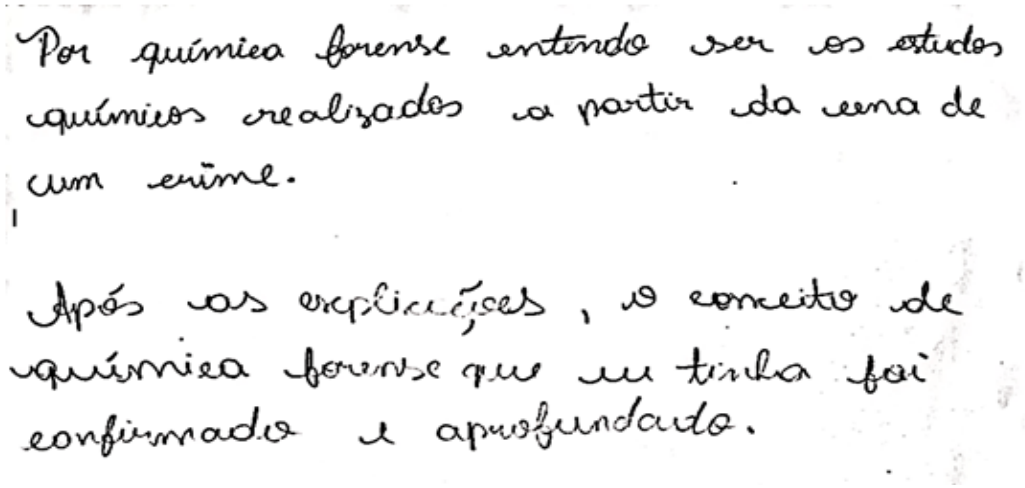
Dentro da proposta de um ensino investigativo, o diálogo entre os estudantes e também o envolvimento do professor foram extremamente importantes para o andamento da atividade, o que gerou um sentimento de construção do aprendizado entre os mesmos e coloca o professor na posição de igualdade cuja função é de orientá-los nesse processo formativo pois

> A dialogicidade é, sobretudo, uma condição de igualdade, uma postura entre professor e alunos dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos. (FREIRE, 1985, p.85)

Esse tipo de postura adotada em sala de aula, leva o estudante a desenvolvê-la também fora do ambiente escolar, o que ajuda na formação social de um indivíduo questionador e político.

O cenário criminal foi uma excelente oportunidade para se trabalhar a investigação em sala de aula, pois a Química Forense se tornou uma área extremamente versátil para gerar indagações e apresentar questionamentos aos estudantes, além de apresentar situações didáticas propícias à introdução de conteúdos diversos, tanto como uma forma de revisão de conteúdos trabalhados em anos anteriores, ou seja, como uma abordagem prática de aprofundar e fundamentar os conteúdos curriculares da Química do Ensino Médio e suas relações com outras áreas do conhecimento. Na Figura 16, pode-se ver uma reprodução da análise comparativa realizada por um estudante entre o conhecimento prévio do mesmo sobre a Química Forense e o aprofundamento da sua compreensão possibilitado pela atividade realizada.

Figura 16 – Relato de um estudante



Fonte: Dados da Pesquisa.

Machado e Mol (2008) apontam que o modelo de ensino por investigação só faz sentido quando propicia a construção de aprendizagem, sendo utilizado para abordar conteúdo que seriam vistos de forma tradicional em sala de aula pelos

estudantes, gerando situações de aprendizagem, construção de conceitos e entendimento de aplicações práticas dos conteúdos. Podendo ser utilizado como uma metodologia ativa que instigue os estudantes no processo de construção de conhecimento.

A atividade desenvolvida nesse trabalho conseguiu englobar a abordagem de conteúdos diversos da Química, como ligações químicas, cadeias carbônicas e propriedades da matéria de uma forma mais dinâmica, pois mesmo com uma aula expositiva introdutória, os estudantes foram convidados a contextualizar os conteúdos vistos em sala, tornando o momento muito participativo e proveitoso.

Segundo Cruz et al. (2016), a utilização de problemas reais gera essa melhor participação dos estudantes e também um maior nível de percepção da aplicação dos conceitos abordados em sala de aula. Durante a aula, quando abordado sobre o uso do luminol na cena do crime fictício, um estudante justificou da seguinte maneira “O luminol brilha porque perde elétrons” (Estudante C). Sendo essa informação abordada durante a aula expositiva, embora o estudante não identifique a reação de oxirredução, ele consegue identificar a movimentação dos elétrons no processo de luminescência.

Porém, no seguimento da atividade, foram identificados alguns pontos de dificuldade durante a realização da etapa da construção dos novos laudos, a partir das análises dos erros presentes no laudo inicial.

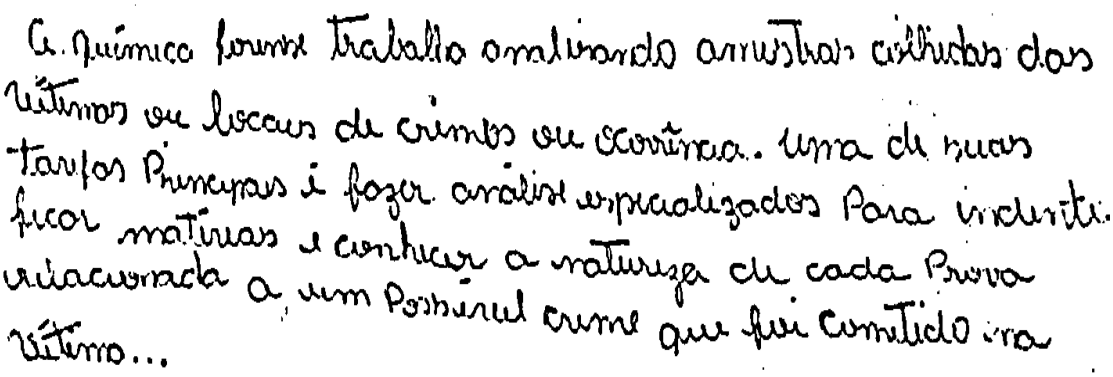
Enquanto alguns grupos desenvolveram uma boa relação entre os conceitos apresentados na aula introdutória com os pontos de abordagem presentes no laudo inicial, outros grupos apresentaram dificuldades para relacionar o emprego das técnicas forenses aos conteúdos abordados durante a exposição oral. Este diagnóstico é importante para que o professor possa orientá-los no sentido de mitigar essas dificuldades.

Essa situação é abordada por Barbosa e Moura (2013), como uma das principais características do modelo de ABProb. Durante o momento de construção do novo laudo por parte dos estudantes, foram feitas perguntas sobre como se analisar esses laudos, requisitando-se muitas vezes a resposta já pronta e acabada sobre o que fazer com o material, porém, quando essas perguntas eram devolvidas aos estudantes com a questão “O que você acha que aconteceu?” ou “Por que isso acontece?”, os mesmos pareciam confusos em construir a própria resposta, mas ao

notarem que seria necessário uma reflexão, embora com dificuldade, essa ação era feita.

Embora alguns estudantes tenham relacionado os princípios químicos às técnicas empregadas na investigação dos casos apresentados verificou-se que outros estudantes, participantes desta intervenção didática, não conseguiram identificar o conceito de Química Forense e relacioná-lo aos conteúdos de Química vistos em seu cotidiano escolar. As técnicas exploradas durante a cena descrita no laudo, em grande maioria dos relatos obtidos nem sequer foram citadas, como pode ser verificado no relato reproduzido na Figura 17. Esta situação se repetiu durante o momento em que os estudantes construíam os laudos em grupo, realizando suas próprias análises.

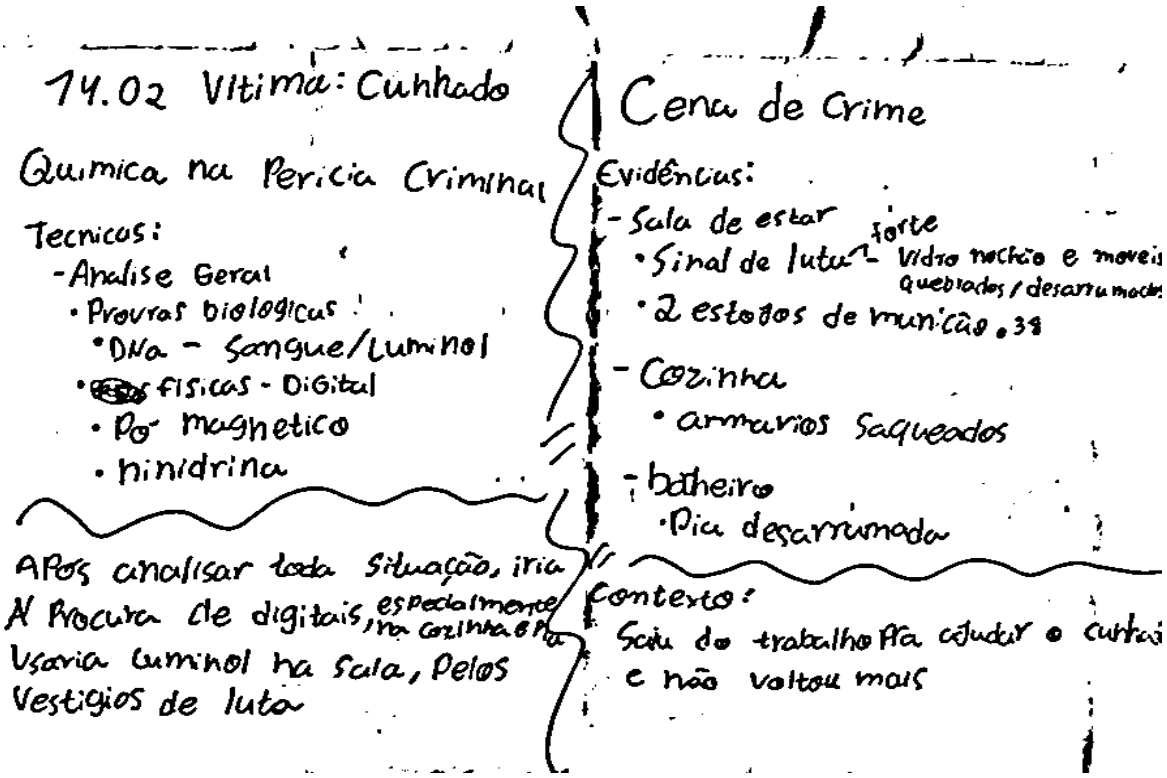
Figura 17 – Relato de um aluno



Fonte: Dados de pesquisa.

Porém, todos os grupos de estudantes foram capazes de identificar muito bem os pontos importantes relacionados à resolução do crime investigado, ou seja, tanto a funcionalidade das técnicas como o seu emprego específico foram muito bem compreendidos e utilizados durante a resolução do problema criminal fictício proposto, como pode constatado analisado o esquema elaborado por um grupo de estudantes reproduzido na imagem na Figura 18:

Figura 18 – Esquema de resolução de um grupo de estudantes

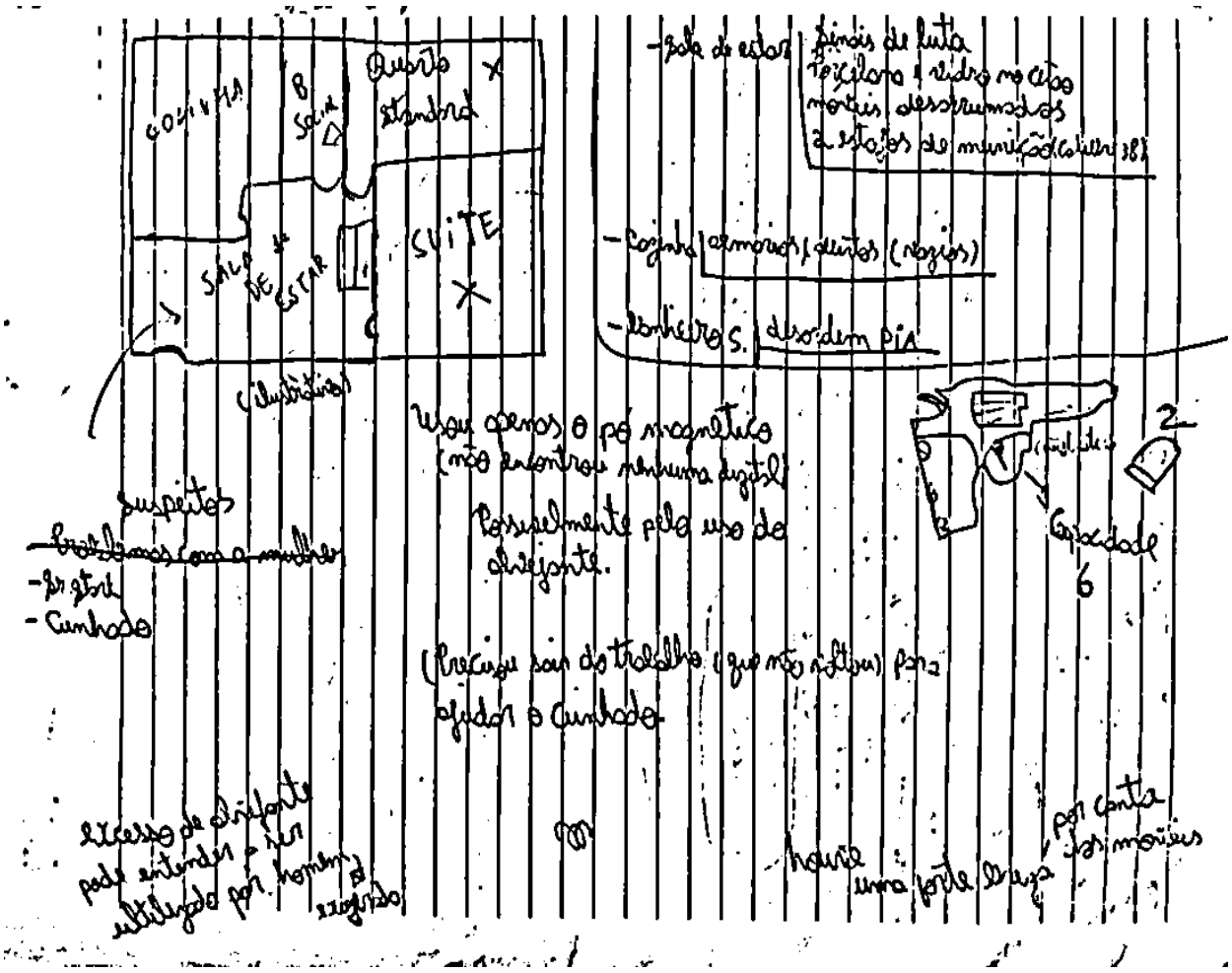


Fonte: Dados de pesquisa.

Segundo o contexto da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), montar uma estrutura lógica de conhecimento utilizando os conteúdos apresentados demonstra a execução do processo de construção do conhecimento, pois o estudante conseguiu associar as técnicas elucidadas durante a aula com um contexto analisado, correlacionando corretamente a técnica forense e seu emprego em uma situação “real”.

A situação de aprendizagem significativa pode ser vista no esquema posicional produzido por um grupo de estudantes cujos detalhes estão reproduzidos na imagem apresentada na Figura 19. Verifica-se que o grupo de estudantes conseguiu relacionar de forma lógica toda a situação do “crime” apresentado, apontando uma possível organização espacial, além das informações detalhadas que o grupo considerou como relevantes para a resolução do caso.

Figura 19 – Esquema posicional produzido por um grupo de estudantes



Fonte: Dados da Pesquisa.

Neste esquema montado por um dos grupos de estudantes, é possível notar que os mesmos montaram um espaço organizado de acordo com a descrição fornecida, elucidando os acontecimentos e organizando as pistas encontradas, porém, não há nenhuma menção aos conceitos químicos que podem se relacionar com essas pistas.

Mas, mesmo com a dificuldade de correlacionar os princípios químicos, de forma escrita, com as técnicas forenses foram identificadas durante a construção dos laudos, durante a exposição dos mesmos por parte dos estudantes, esses conceitos foram identificados através de incentivo do professor durante a exposição dos “laudos corrigidos”.

Segundo Moreira (2011), durante os procedimentos realizados numa atividade experimental, o estudante constrói o conhecimento não somente de uma maneira formal. Assim, mesmo que ele não consiga elucidar de forma escrita o conceito

apresentado, ele é capaz de identificar o conhecimento construído e aplicá-lo de uma forma satisfatória, como ocorreu, posteriormente, durante a exposição oral dos laudos.

Assim, é possível apontar a importância da utilização de métodos de experimentação e de metodologias ativas contextualizadas e baseadas em problemas durante a formação dos estudantes, pois existe uma grande contribuição tanto de forma intelectual quanto para o desenvolvimento de um pensamento científico e questionador por parte dos estudantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos argumentos apresentados no decorrente estudo, foi possível concluir que o uso de metodologias ativas, com abordagens contextualizadas e que utilizam formas de experimentação, mesmo que em atividades simples, consegue envolver os estudantes no processo de ensino e aprendizagem de uma maneira muito mais efetiva.

Nesse contexto formativo também foram encontradas dificuldade quanto à condução da aula teórica realizada na etapa inicial da execução da atividade, pois como já apresentado neste trabalho, os estudantes se apresentaram dispersos em vários momentos durante a aula. Essa situação só foi sanada com a execução de uma atividade prática. Nesse caso, a identificação papiloscópica das digitais dos estudantes. Essa situação só comprovou que durante as atividades práticas os estudantes se mostram mais engajados e atenciosos.

O uso de uma atividade, que possuía uma investigação literal de plano de fundo, também foi uma ótima opção para trabalhar a Ciência Forense como um contexto para o ensino e aprendizado de Química, pois mesmo que os estudantes não tenham realizado uma associação formal e escrita dos conceitos químicos e seus empregos nas técnicas forenses, foi possível identificar de forma clara, durante a discussão, que esses conceitos foram entendidos, ao menos de forma parcial, por grande parte da turma.

Pelas relações corretas desenvolvidas pelos estudantes durante o momento de discussão coletiva, foi possível notar que os conceitos abordados durante o caso criminal fictício foram entendidos quando os mesmos foram capazes de expor suas limitações e situações corriqueiras de uso. Durante esse mesmo momento, os estudantes apresentaram explicações químicas sobre o uso e limitações das técnicas forenses, demonstrando a relação feita entre técnica e conceito químico empregado.

Para este tipo de abordagem investigativa a utilização da Aprendizagem baseada em Problemas foi essencial para manter os estudantes envolvidos e participativos durante toda a atividade, e essa imersão foi um dos pilares para cumprir os objetivos incialmente estabelecidos para este estudo.

Assim, com os resultados obtidos com as atividades aplicadas podem ser considerados coerentes com a literatura apresentada neste trabalho, desenvolvendo a problematização colocada e cumprindo com os objetivos previamente estabelecidos.

REFERÊNCIAS

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 8-11, 2006.

ATKINS, P. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente / Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laverman ; tradutor: Felix Jose Nonnenmacher; revisão técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. – 7. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2018.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** Uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano, 2003

BARBOSA, E. F. MOURA, D. G. de. **Metodologia Ativas de Aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica**. B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, maio/ago. 2013.

BLIKSTEIN, P. **O mito do mau aluno e porque o Brasil pode ser o líder mundial de uma revolução educacional.** 25 jul. 2010. Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil_pode_ser_lider_mundial_em_educacao.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R.; **Química a ciência central**; 9ª ed.; Pearson Prentice Hall do Brasil, 2008.

BRUNI, A. T. et al. **Fundamentos da Química Forense:** Uma análise prática da química que soluciona crimes. Campinas: Millennium Editora, 2012.

CAREGNATO, R. C. A,; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto Contexto Enferm**, Florianópolis, Out-Dez; 15(4): 679-84. 2006.

CAREY, F. A. **Química orgânica**: volume 1 / Francis A. Carey; tradução: Kátia A. Roque, Jane de Moura Menezes, Telma Regina Matheus; revisão técnica: Gil Valdo José da Silva. – 7. ed. – Dados eletrônicos – Porto Alegre: AMGH, 2011.

CAREY, F. A. **Química orgânica**: volume 2 / Francis A. Carey ; tradução: Kátia A. Roque, Jane de Moura Menezes, Telma Regina Matheus ; revisão técnica: Gil Valdo José da Silva. – 7. ed. – Dados eletrônicos – Porto Alegre: AMGH, 2011.

CARVALHO, A. M. P. de et al. **Ciências no Ensino Fundamental:** o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2007.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2001. (Coleção Educação em Química).

CHEMELLO, E. **Ciência Forense**: impressões digitais. Química Virtual. 2006.

COSTA, S. M. O.; MENEZES, J. E. S. A. de. **Química Orgânica I**. 2 ed. Fortaleza: EdUECE, 2015

CRUZ, A. A. C.; RIBEIRO, V. G. P.; LONGHINOTTI, E. MAZZETTO, S. E. A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica. **Quím. nova esc**. – São Paulo-SP, BR. Vol. 38, N° 2, p. 167-172, MAIO 2016.

CUNHA, C. M. O. Química Forense: Importância Na Ciência Da Investigação E Na Elucidação De Crimes. Monografia (Licenciatura em Química). Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. Ariquemes - RO, 2012.

FARIAS, R. F. **Introdução a química forense**. 2. edição, editora Átomo, p.14-15, 54,60. Campinas – SP. 2008.

FERREIRA, E. C.; ROSSI, A. V. A quimiluminescência como ferramenta analítica: do mecanismo a aplicações da reação do luminol em métodos cinéticos de análise. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.6, p.1003-1011. 2002.

FINGER, I.; BEDIN, E. A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. **RBECM** - Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 8-24, jan./jul. 2019.

FREIRE, P. **Por uma pedagogia da pergunta**. Rio de Janeiro: Paz e Terra.1985

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, pp. 219-238, 2006.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. https://doi.org/10.1351/goldbook.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 23, n. 3, p. 382 – 404, dez. 2006.

LIMA, C. I. C. **Química na Análise de Vestígios de Crime**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Formação Contínua de Professores: Física e Química. Universidade do Minho, 2013.

MACHADO, P. F. L.; MOL, G. S. Experimentando química com segurança. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 57-60, 2008.

MEYERS, C.; JONES, Thomas B. **Promoting active learning.** San Francisco: Jossey Bass, 1993.

MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química Forense: Utilizando Métodos Analíticos Em Favor Do Poder Judiciário. Centro de Pós Graduação Oswaldo Cruz. 2014.

MINAYO, M. C. L. (Org.) **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 21. Petrópolis: Vozes, 2002.

MIRANDA, A. C. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; OLIVEIRA, F. V. “Química a favor da justiça” - A contextualização do ensino. 33 Encontro de Debates sobre o Ensino de Química. **Anais...** UNIJUÍ, 2013.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa:** a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2011.

NUNES, P. P. **Contextualização E Abordagem De Conceitos Químicos Por Meio Da Química Forense: Uma Sequência Didática Para O Ensino Médio No Ensino Da Química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) – Instituto de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 140 p. 2017.

PENHA, E. T. da; FROTA, C. **Fundamentos da Química Orgânica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2018.

RAMOS, M. N. **A contextualização no currículo de ensino médio: a necessidade da crítica na construção do saber científico**. São Paulo: Mimeo, 2004.

RIBEIRO, R. de C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia**. Tese (Doutorado) – UFSC, Florianópolis, 2005.

RICHARDSON, R. (coord.) *et al*. **Pesquisa social:** métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1989.

SANTOS, A. O. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (Pibid/UFS/Química). **Scientia Plena**, Sergipe, v. 9, n. 7, p. 1-6, mar. 2013. Disponível em: https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/viewFile/1517/812. Acesso em: 24 ago. 2022.

SANTOS, V. S. **Molécula de DNA**. Prepara Enem. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/biologia/molecula-dna.htm>. Acesso em: 31 de mar. de 2022.

SERVIÇO DE ARMAMENTO E TIRO – SAT. **Cartilha de Armamento.** Disponível em https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/armas/cartilha-de-armamento-e-tiro.pdf. Acesso em 21 set. 2022.

SILVA JÚNIOR, E. A.; PARREIRA, G. G. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino da Química no ensino médio. **Revista Tecnia**, v. 1, n. 1, 2016.

SILVA, E. L.; MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. **Rev. Ensaio**. v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010.

SILVA, P. S.; ROSA, M. F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Dez. 2013.

SILVEIRA, A. M. **Química forense no ensino de química: o que nos diz a literatura?** 2019. 129 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2019.

SOUZA, C. M. **Ciências forenses em sala de aula**. 2008.

SOUZA, B. S. de; FERREIRA, J. A. FUNCIONAMENTO DO LUMINOL E SUA UTILIZAÇA O PARA A IDENTIFICAÇA O DE SANGUE LATENTE. **Revista Científica de FHO**. UNIARARAS, v. 6, n. 1, p. 37 – 46, 2018.

Structure and Properties of Amines. **LibreTexts Chemistry**. Disponível em: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_(Morsch_et_al.)/24%3A_Amines_and_Heterocycles/24.02%3A_Structure_and_Properties_of_Amines. Acesso em 06 mai. 2023

USBERCO, J; SALVADOR, E. **QUÍMICA –** VOLUME ÚNICO. São Paulo: Saraiva, 2002, 5 ed.

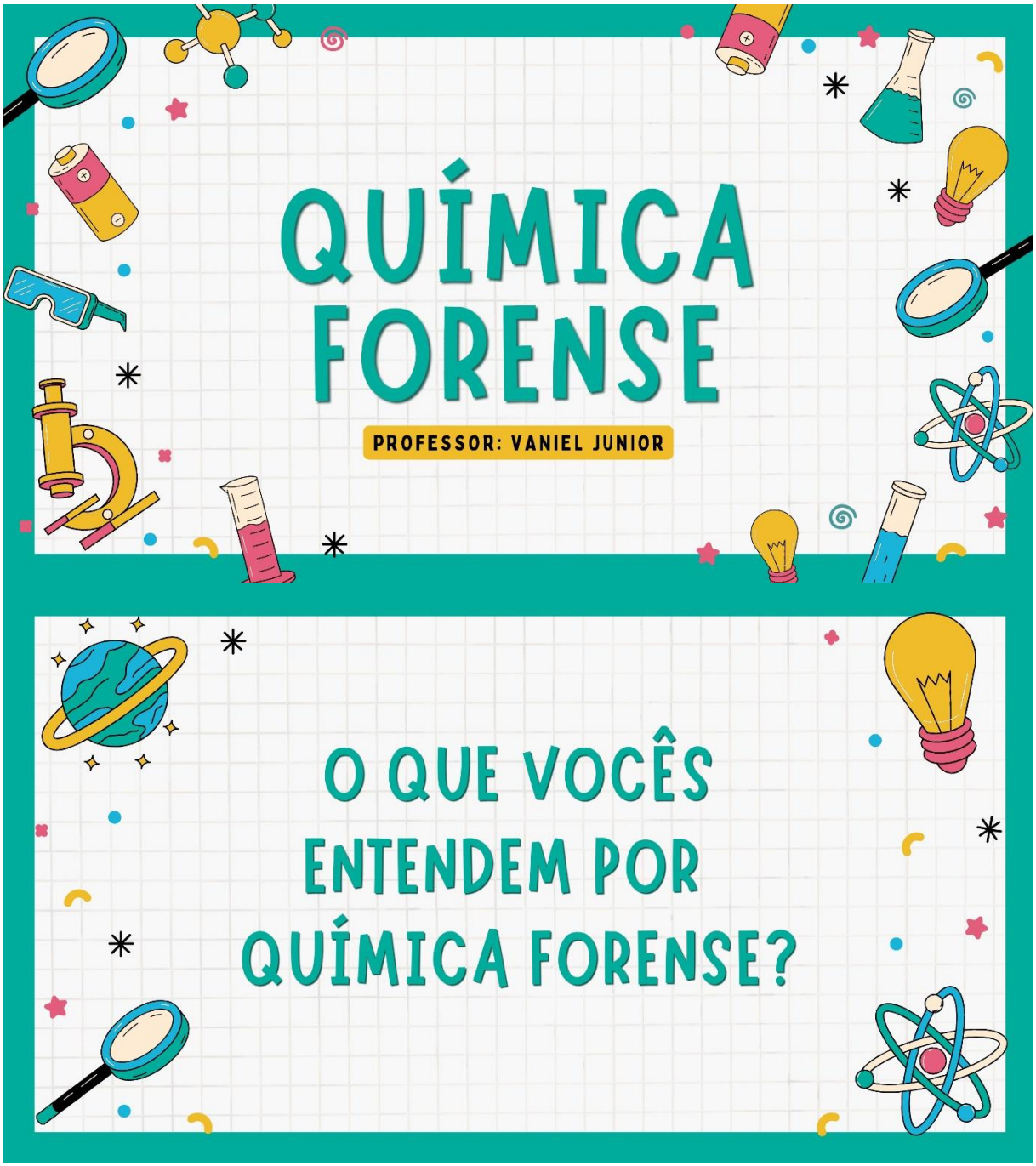
VASCONCELLOS, F. A. de; PAULA, W. X. de. APLICAÇÃO FORENSE DO LUMINOL – UMA REVISÃO. **Revista Criminalística e Medicina Legal**, v. 1, n. 2, p. 28-36, 2017.

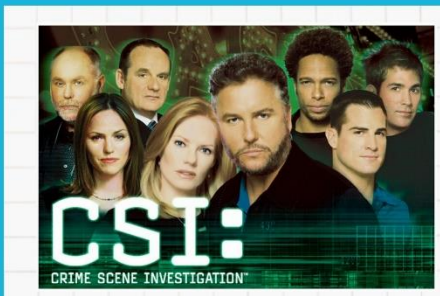
VILELA, M. L.; VASCONCELLOS, D. V.; GOMES, M.M. Reflexões sobre abordagens didáticas na interpretação de experimentos no ensino de ciências. **Revista da SBEnBIO** – n.1. Santa Catarina, agosto, 2007.

WARTHA, E. J.; SILVA, EL da; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

ZÔMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**. Rio de Janeiro, v.13, n. 03, p. 78, 79, 2011.

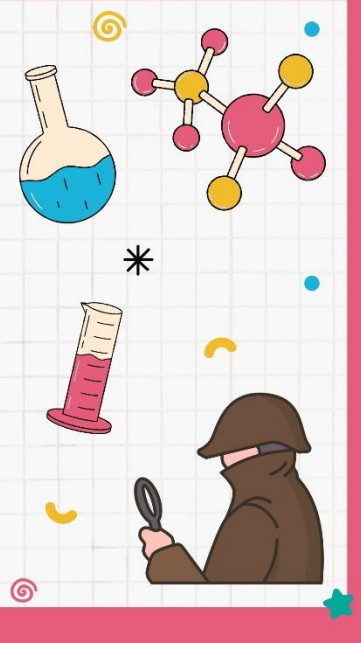
APÊNDICE A – MATERIAL UTILIZADO NA AULA EXPOSITIVA

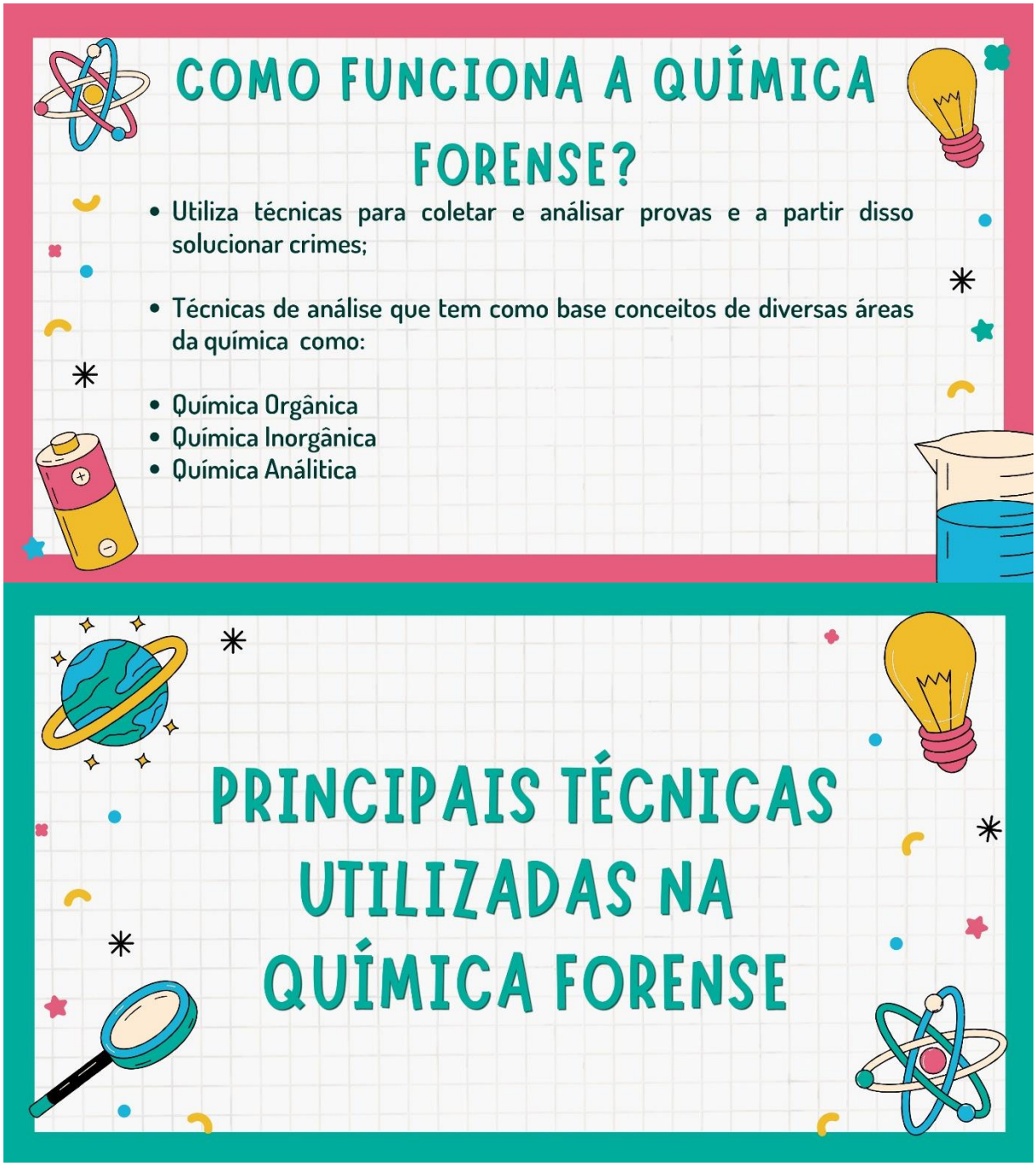




O QUE É A QUIMICA FORENSE?

A Química Forense pode ser definida como a ciência que se encarrega da análise, classificação e determinação de elementos ou substâncias encontradas nos locais de averiguação ou ocorrência de um delito ou que podem estar relacionadas a este. BRANCO (2005, p.X-XI)

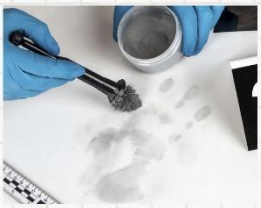



COMO FUNCIONA A QUÍMICA FORENSE?
• Utiliza técnicas para coletar e análisar provas e a partir disso solucionar crimes;
• Técnicas de análise que tem como base conceitos de diversas áreas da química como:
• Química Orgânica
• Química Inorgânica
• Química Análitica
PRINCIPAIS TÉCNICAS UTILIZADAS NA QUÍMICA FORENSE

PAPILOSCÓPIA (REVELAÇÃO DE DIGITAIS)

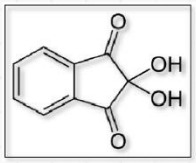
Papiloscopia é o estudo da identificação humana pelas digitais das mãos ou pés.

TÉCNICAS COM USO DE PÓ ⇨



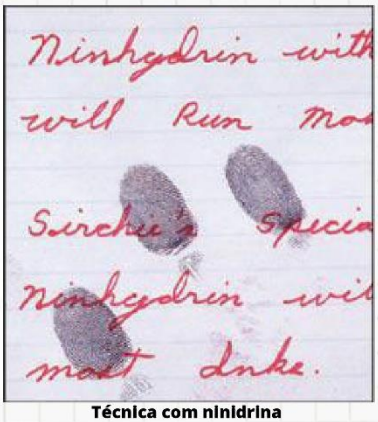
Arco | Presilha Interna | Presilha Externa | Verticilo

TÉCNICA COM USO DO COMPOSTO DE NINIDRINA ⇨



Técnica com pó

Técnica com pó



Técnica com ninidrina

Técnica com ninidrina

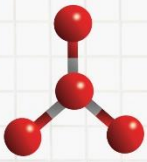
COMPOSIÇÃO DO SUOR

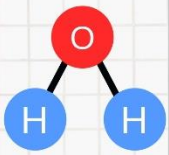
Glândulas	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Sudoríparas	Cloretos Íons metálicos Amônia Sulfatos Fosfatos Água	Aminoácidos Uréia Ácido lático Açúcares Creatinina Colina Ácido úrico
Sebáceas		Ácidos graxos Glicerídeos Hidrocarbonetos Álcoois
Apócrinas	Ferro	Proteínas Carboidratos Colesterol

TIPOS DE PÓ

- PÓ DE COR PRETA
  - Óxido de ferro
    - 50% Óxido de ferro
    - 25% Resina
    - 25% Negro-de-fumo
  - Dióxido de manganês
    - 45% Dióxido de manganês
    - 25% Óxido de ferro
    - 25% Negro-de-fumo
    - 05% Resina
  - Negro-de-fumo
    - 60% Negro-de-fumo
    - 25% Resina
    - 15% Terra de fuller
- PÓ DE COR BRANCA
  - Óxido de titânio
    - 60% Óxido de titânio
    - 20% Talco
    - 20% Caulin
  - Carbonato de chumbo
    - 80% Carbonato de chumbo
    - 15% Goma arábica
    - 03% Alumínio em pó
    - 02% Negro-de-fumo

A QUÍMICA POR TRÁS DA PAPILOSCÓPIA



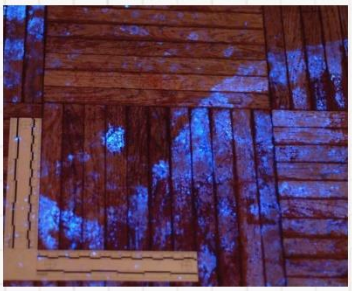


- **Solubilidade**
  - APOLAR DISSOLVE APOLAR
  - POLAR DISSOLVE POLAR
- **Polaridade**
  - 2 ÁTOMOS
    - IGUAIS:
      - APOLAR
      - Cl–Cl
    - DIFERENTES:
      - POLAR
      - H–Cl
  - + DE 2 ÁTOMOS
    - TODOS OS LIGANTES DO ÁTOMO CENTRAL IGUAIS:
      - APOLAR
    - PELO MENOS 1 LIGANTE DO ÁTOMO CENTRAL DIFERENTE:
      - POLAR
- **Forças Intermoleculares**
  - **Dipolo Induzido**
    - Entre compostos APOLARES
    - + FRACA
    - P.E. + baixo
  - **Dipolo Dipolo**
    - Entre compostos POLARES
    - INTERMEDIÁRIA
    - P.E. INTERMEDIÁRIO
  - **Ligação de Hidrogênio**
    - Entre compostos POLARES
    - F
    - H + O
    - N
    - + FORTE
    - P.E. + ALTO

DETECTAR SANGUE COM O USO DO COMPOSTO DE LUMINOL

Através dele é possível verificar vestígios de sangue no local do crime, mesmo quando o criminoso tentar escondê-lo da polícia. A eficiência do Luminol é tão grande que é possível visualizar manchas de sangue em superfícies que foram limpas há até seis anos atrás. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2010)

Esse procedimento é muito importante porque a partir das manchas de sangue é possível sugerir uma dinâmica do que aconteceu no dia do crime. Com a ajuda do Luminol se consegue detectar até traços de DNA que permitem o reconhecimento tanto das vítimas como de culpados. (CHEMELLO, 2007(c), p.8)

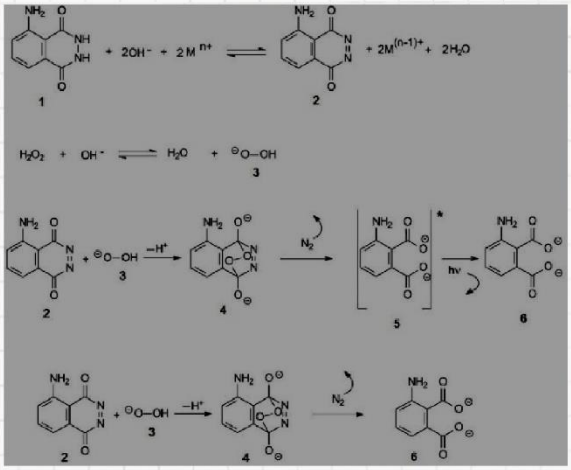


O USO DO COMPOSTO DE LUMINOL

Um ambiente com presença de sangue antes e depois da aplicação do luminol

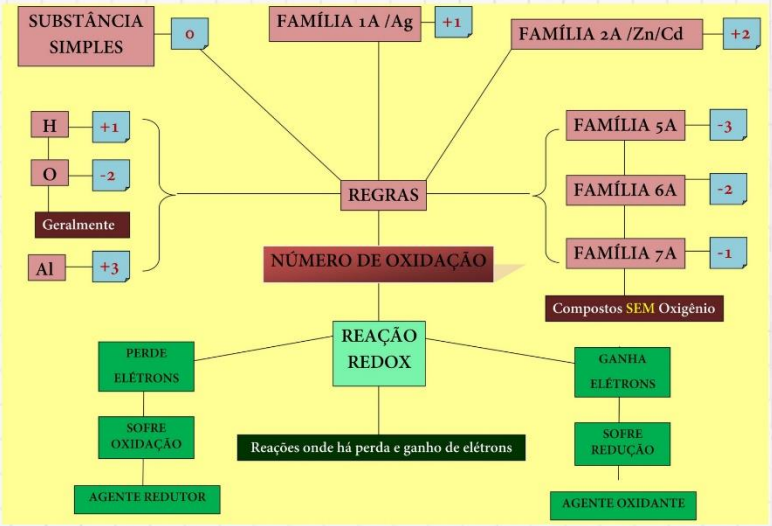
Fonte: VASCONCELLOS, PAULA, 2017.

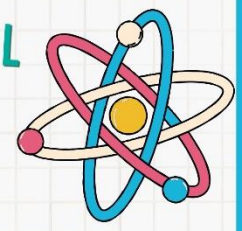
MECANISMO DA OXIDAÇÃO DO LUMINOL EM MEIO AQUOSO



Durante o processo da reação de oxidação do luminol é liberado uma quantidade de energia em forma de luz com comprimento de onda de aproximadamente 430 nm (luz emitida da cor azul). (CHEMELLO, 2007(c), p.8)

QUÍMICA POR TRÁS DO USO DO LUMINOL



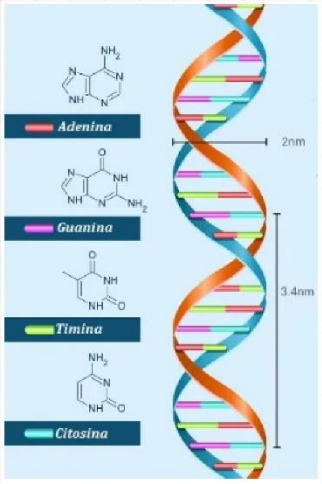


IDENTIFICAÇÃO DO ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (DNA)

A identificação do ácido desoxirribonucleico (DNA) que carrega o código genético dos seres vivos. Este código é repassado hereditariamente, sendo, portanto, bastante utilizado em testes de paternidade.

O DNA é encontrado em fluídos biológicos ou em tecidos, mais especificamente no núcleo das células destes. Ele é organizado na forma de cromossomo. Devido a esse fato, é que é possível analisar o ADN a partir do sêmen, do sangue, da saliva, da pele, do fio de cabelo, etc. (CHEMELLO, 2007(b), p.6)

Estrutura de uma molécula de DNA



Fonte: Santos, 2022

IDENTIFICAÇÃO DO ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (DNA)

Cabelo encontrado em cena de crime

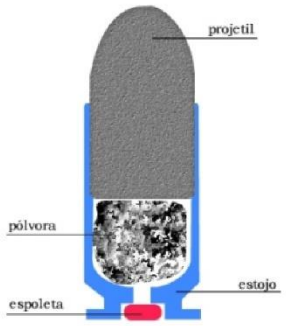
Sangue em cena de crime

BALÍSTICA

Esta técnica permite aferir a autoria dos disparos feitos pela arma, indicando se a arma analisada foi ou não utilizada em determinado crime (CHEMELLO, 2007).

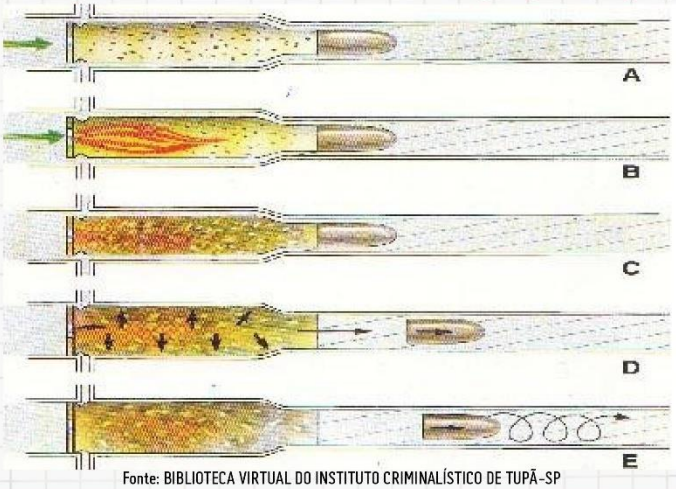
A arma de fogo é basicamente uma máquina térmica baseada nos princípios da termodinâmica, que possui em sua estrutura um aparelho arremessador, que é a própria arma, e o cartucho no qual temos a pólvora como carga de projeção e o projétil (CHEMELLO, 2007).

Composição interna de um cartucho



Fonte: CHEMELLO, 2007

COMBUSTÃO DENTRO DE UMA ARMA DE FOGO.

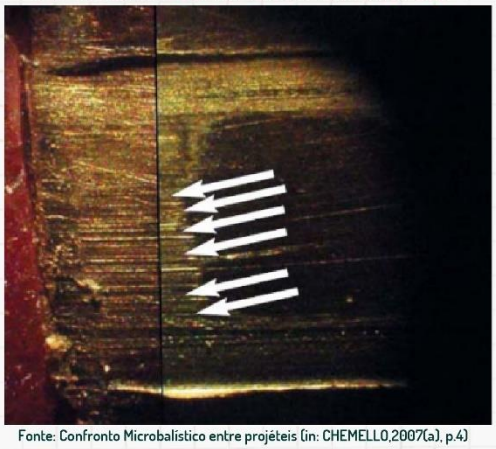


Fonte: BIBLIOTECA VIRTUAL DO INSTITUTO CRIMINALÍSTICO DE TUPÃ-SP

CONFRONTO MICROBALÍSTICO ENTRE CÁPSULAS DE MUNIÇÃO

Fonte: Confronto Microbalístico entre cápsulas de munição (CHEMELLO, 2007-(a), p.4)

MARCAS E MICRO-ESTIRAMENTOS NA ARMA DE FOGO



Fonte: Confronto Microbalístico entre projéteis (in: CHEMELLO,2007(a), p.4)

EXAME RESIDUOGRÁFICO

Esquema de uma arma de fogo disparando

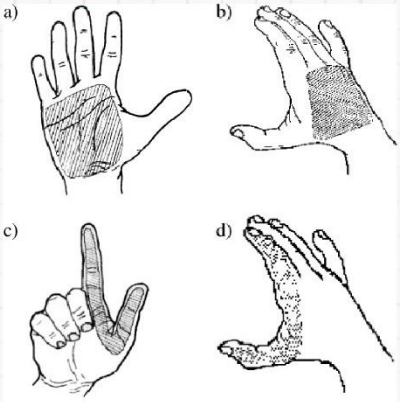


Figura 2. Regiões da mão de atiradores submetidas à coleta: a) Palma; b) Dorso; c) Região da Pinça (Palmar); d) Região da Pinça (Dorsal). Reproduzida, com permissão, da ref. 18, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA19428

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a química forense contribui muito na investigação criminal, disponibilizando técnicas que auxiliam os peritos, e é através delas que muitas sentenças são definidas.

Apesar de as investigações criminais serem o aspecto mais conhecido da química forense, ela não se limita a ocorrências policiais. Esse especialista também pode dar seu parecer em:

- Decisões de natureza judicial;
- Atuar em questões trabalhistas, como determinar se uma atividade é perigosa ou insalubre;
- Detecção de adulterações em combustíveis e bebidas;
- Uso de drogas ilícitas;
- Fazer perícias em alimentos e medicamentos;
- Investigar o doping esportivo, etc.

INQUÉRITO 0002 – QUEIXA DE NEGLIGÊNCIA PERICIAL – CASO DE DESAPARECIMENTO DE ROBERT BARATHEON

O Sr. Gendry Baratheon, filho do Sr. Robert Baratheon, apresentou uma denúncia à Corregedoria do Ministério Público que evidencia uma suposta negligência na investigação pericial do caso do seu pai, requisitando uma nova perícia na residência do mesmo.

Ao acatar essa denúncia, o Exmo. O Sr. Juiz Jon Snow permite que uma nova perícia seja realizada por uma equipe externa, chefiada pela perita Sra. Daenerys Targaryen, com os dados obtidos sendo repassados para o Delegado Arthur Arryn, para o prosseguimento das investigações.

OBJETIVOS

Produzir um novo laudo pericial a partir da análise do laudo caso de desaparecimento de Robert Baratheon.

- Houve negligência pericial?
- Quais as técnicas que você julga que foram utilizadas de maneira errada ou que deixaram de ser utilizadas?
- Qual a química por trás das técnicas que você usou no novo laudo pericial?

APÊNDICE B – LAUDO FICTÍCIO UTILIZADO NA ATIVIDADE

SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE PERICIAL DE CENA DE CRIME

Nº 0001

INQUÉRITO 0001 – QUEIXA DE DESAPARECIMENTO DE ROBERT BARATHEON

A Delegacia de Polícia de Westeros recebeu a denúncia do desaparecimento do Sr. Robert Baratheon (42 anos), por parte do Sr. Eddard Stark (40 anos), identificado como amigo de longa data da suposta vítima.

Seguindo o depoimento do Sr. Stark, o Sr. Baratheon passava por problemas conjugais com sua esposa, Cersei Lannister -Baratheon (35 anos), já há muito tempo, o que causou a separação em definitivo do casal. Nesta situação Robert, buscava por um novo endereço para residir.

O amigo da vítima, recebeu um telefonema do mesmo indicando que havia encontrado um novo local adequado para residir, informando ao Sr. Stark o endereço para que pudesse encontrá-lo no dia seguinte às 13h00min. Segundo o denunciante, ao chegar no local informado no horário combinado, a porta encontrava-se destrancada, porém o Sr. Baratheon não estava no local.

O Sr. Stark tentou fazer contato via mensagens de WhatsApp e ligações telefônicas, ambas sem retorno, o mesmo tentou entrar em contato com a empresa de construção Kingslanding Corp, na qual o Sr. Baratheon atuava como diretor executivo, porém foi informado que o mesmo não havia comparecido a empresa ou retornado nenhum contato desde às 10h00min. do dia anterior, quando alegou precisar ir ao seu novo endereço para resolver uma emergência relativa ao seu cunhado, o Sr. Jamie Lannister (35 anos).

Permanecendo no local por mais 2 horas e sem obter retorno de nenhum contato, o Sr. Stark se dirigiu a delegacia para informar o ocorrido. Sendo responsável pelo registro da queixa o Delegado Arthur Arryn.

Com este cenário, o Sr. Delegado Arthur Arryn solicitou uma equipe de peritos e policiais para analisar a residência do Sr. Robert Baratheon, com a anuência de mandato do Exmo. Juiz Jon Snow.

LAUDO PRELIMINAR – RESIDÊNCIA DE ROBERT BARATHEON

A equipe de peritos anuncia que encontrou o local já isolado e devidamente protegido por policiais. Esta residência possui os seguintes cômodos, que foram periciados:

- 1 sala de estar;
- 1 cozinha;
- 1 banheiro social;
- 1 quarto standard;
- 1 quarto suíte;

A sala de estar foi o primeiro cômodo periciado, apresentando sinais de luta, como móveis desarrumados e pedaços de porcelana e vidro caídos no chão. Por trás de uma poltrona preta grande, haviam 2 estojos de munição, de calibre .38, recolhidos pelo perito Sr. Ramsay Bolton, além disso, foi notado um forte cheiro de desinfetante e alvejante no cômodo. Ao não encontrar nenhum outro vestígio aparente, a equipe liderada pelo Sr. Bolton deixou o cômodo.

O ambiente da cozinha, encontrava-se com armários abertos, sendo alguns deles vazios, porém estava presente um forte cheiro de desinfetante e alvejante no cômodo, inclua-se que na residência não foram encontrados materiais de limpeza de qualquer natureza, embora o estado dos armários indicasse uma busca por objetos, o que pode levar a crer que houve uma remoção de produtos da casa. Ao não encontrar nenhum outro vestígio aparente, a equipe deixou o cômodo.

O quarto standard encontrava-se inicialmente trancado, ao adentrar o recinto não foram detectados sinais de luta, ou algum outro aspecto que chamasse a atenção da equipe. Ao não encontrar nenhum outro vestígio aparente, a equipe deixou o cômodo.

O banheiro social apresentava uma certa desordem na bancada da pia, similar ao contexto de busca apresentado na cozinha, além de um cheiro forte de desinfetante e alvejante, similar ao presenciado na cozinha e sala de estar. Ao não encontrar nenhum outro vestígio aparente, a equipe deixou o cômodo.

O quarto suíte não apresentava nenhum sinal que chamasse a atenção da equipe, ao se apresentar de forma intacta, assim como o banheiro anexo ao quarto, sem apresentar ao menos marcas de uso recente. Ao não encontrar nenhum outro vestígio aparente, a equipe deixou o local.

Todos os cômodos foram testados com o uso de pó magnético em busca de digitais, porém nenhuma digital encontrada estava apta a perícia papiloscópica, pela sua falta de pontos relevantes.

Além disso, não foram encontradas manchas de sangue aparente em nenhum cômodo, o que indica limpeza do ambiente, já que foram encontrados indícios de disparos (estojos presentes na sala de estar), porém nenhum resíduo de disparo ou de fluído de uma possível vítima foi encontrado.

Com os dados coletados, a conclusão do perito foi:

“Eu, Sr. Ramsay Bolton, atesto que após fazer uma análise dos cômodos da residência do Sr. Robert Baratheon, foram encontrados 2 estojos de munição que foram submetidos a teste de balística, sendo identificados como compatíveis a um revólver de modelo Taurus 82S de calibre .38.

Ao utilizar pó magnético nos cômodos da residência, não foram encontradas digitais elegíveis para análise papiloscópica. Apesar dos sinais de luta aparente na sala de estar e os indícios de limpeza na sala de estar, banheiro social e cozinha, não foi encontrado um vestígio real do que possa ter acontecido com a possível vítima.

Assim é possível indicar apenas que houveram disparos no local, porém não é possível dizer se os mesmos alvejaram uma possível vítima, o que torna o laudo referente a homicídio inconclusivo.”

Ramsay Bolton

Perito Chefe

Revólver Taurus 82S

Estojos calibre .38

Porcelana

Vidro

Sr. Robert Baratheon (42 anos)

Suposta vítima

Cersei Lannister - Baratheon (35 anos)

Esposa da suposta vítima

Sr. Eddard Stark (40 anos)

Amigo da suposta vítima

Sr. Jamie Lannister (35 anos).

Cunhado da suposta vítima

INQUÉRITO 0002 – QUEIXA DE NEGLIGÊNCIA PERICIAL – CASO DE DESAPARECIMENTO DE ROBERT BARATHEON

O Sr. Gendry Baratheon, filho do Sr. Robert Baratheon, apresentou uma denúncia à Corregedoria do Ministério Público que evidencia uma suposta negligência na investigação pericial do caso do seu pai, requisitando uma nova perícia na residência do mesmo.

Ao acatar essa denúncia, o Exmo. O Sr. Juiz Jon Snow permite que uma nova perícia seja realizada por uma equipe externa, chefiada pela perita Sra. Daenerys Targaryen, com os dados obtidos sendo repassados para o Delegado Arthur Arryn, para o prosseguimento das investigações.

APÊNDICE C – PLANO DE AULA

Plano de aula

Escola:	Escola de Referência em Ensino Médio de Panelas (EREMPA)
Professora:	Vaniel Candido da Silva Junior
Disciplina:	Química
Turma:	2º ou 3º Ano do Ensino Médio
Conteúdo:	Química Forense
Duração:	4 aulas

Objetivos

- Obter de forma geral a concepção previa dos alunos sobre o tema proposto de ciência forense desde o processo histórico à modernidade e enfatizando os conceitos químicos por traz das técnicas abordadas;

Conhecimentos abordados

- Técnicas de química forense;
- Forças Intermoleculares;
- Ácidos Graxos;
- Ácidos e Bases;
- Oxirredução;
- Produção de laudo pericial.

Materiais

- Computador;
- Datashow;
- Caixa de som;
- Quadro e pincéis;
- Internet.

Metodologia

- A aula será iniciada apresentando algumas imagens e vídeos do Youtube a respeito da ciência forense e como ela é abordada em séries e filmes;
- Após a contextualização, o conteúdo de Química Forense será abordado utilizando o SOUZA, C. e FARIAS, R. F como base teórica para discussão;
- Durante a discussão serão propostos os seguintes questionamentos:

  O que é a química forense?

  Questionar aos alunos se há crime perfeito?
- Após a discussão das respostas dos alunos, uma explicação oral mais profunda sobre Química Forense e química empregada em cada técnica será iniciada;
- Após a explicação, será proposta uma atividade na forma de resolução de problemas para próxima aula;
- Os alunos serão divididos em grupos de 5 pessoas;
- Os alunos irão analisar um laudo pericial fictício e a partir deste produzir um novo laudo pericial onde buscam achar erros cometidos e uma melhor forma para resolver o problema proposto a partir das técnicas abordadas;
- Após a atividade os alunos vão expor o novo laudo pericial e partir disso uma nova discussão será iniciada.
- Durante a discussão vão ser abordadas as técnicas que cada grupo usou e a química por traz de cada uma delas.

Avaliação

- Os alunos serão avaliados de forma contínua durante todas as aulas, levando em consideração os seguintes critérios:

  Participação nas discussões;

  Respostas das atividades;

  Produção do laudo pericial feito na atividade;

Referências

BRUNI, A. T. et al. **Fundamentos da Química Forense:** Uma análise prática da química que soluciona crimes. Campinas: Millennium Editora, 2012.

CHEMELLO, E. **Ciência Forense**: impressões digitais. Química Virtual. 2006.

FARIAS, R. F. **Introdução a química forense**. 2. edição, editora Átomo, p.14-15, 54,60. Campinas – SP. 2008.

SILVA, P. S.; ROSA, M. F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Dez. 2013.

SOUZA, C. M. **Ciências forenses em sala de aula**. 2008.