

Universidade do Minho
Escola de Ciências

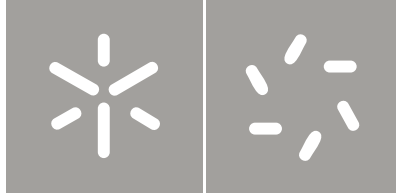
Cristiana Isabel Castro Lima

Química na Análise de Vestígios de Crime

Cristiana Isabel Castro Lima Química na Análise de Vestígios de Crime

UMinho | 2013

Outubro de 2013



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Cristiana Isabel Castro Lima

Química na Análise de Vestígios de Crime

Tese de Mestrado
Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores:
Física e Química

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António Maurício Fonseca
Professor Doutor Michael John Smith

DECLARAÇÃO

Nome: Cristiana Isabel Castro Lima

Correio electrónico: cristiana.lima1@gmail.com

Tel./Tlm.: 935308133

Número do Bilhete de Identidade: 3976229

Título da dissertação: Química na Análise de Vestígios de Crime

Ano de conclusão: 2013

Orientador(es): Professor Doutor António Maurício Fonseca

Professor Doutor Michael John Smith

Designação do Mestrado: Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores: Física e Química

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA DISSERTAÇÃO

Universidade do Minho, 11 de Outubro de 2013

Assinatura: _____

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Aos meus orientadores Professor Doutor Michael John Smith e Professor Doutor António Maurício Fonseca pela oportunidade, grande disponibilidade, apoio e incentivo, prestados durante a elaboração desta dissertação.

À minha colega e amiga Isabel Duarte que me aliciou a inscrever neste mestrado, pelo apoio, espírito de entreatajuda e amizade.

Às minhas filhas.

Ao José Carlos.

Resumo

O ensino das ciências, designadamente da Química, de uma forma contextualizada surge como uma estratégia para um ensino significativo, pelo que o objetivo deste trabalho foi a utilização do tema “Química na Análise de Crimes” para abordar algumas temáticas da Química.

A metodologia usada foi a construção de um cenário de crime ficcional, a partir do qual e para análise dos diversos vestígios aí encontrados, é proposta aos alunos a realização de um conjunto de análises químicas, do domínio forense, que visa a resolução do crime e ser o veículo para a integração do conhecimento.

Esta abordagem gerou um grande interesse e curiosidade nos alunos, não só pelo desenrolar da investigação mas também pela estreita relação entre esta e o conhecimento químico. Isto foi evidenciado pela enorme participação dos alunos, através das questões colocadas e da discussão gerada quando da apresentação das provas.

Os conteúdos ao serem abordados com base nos princípios CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), apresentam-se ao aluno de uma forma menos abstrata, intimamente relacionada com a realidade o que permite despertar o interesse e curiosidade para o ensino da Química.

Summary

The teaching of Science, particularly of Chemistry, in a contextual manner, arises as a promising strategy for a meaningful and motivating approach that may be applied in the classroom. The objective of this project was to use the theme “Chemistry in the analysis of crime” to present some relevant topics within the secondary school chemistry curriculum.

The methodology applied in this project was based on the creation of a fictional forensic crime scene, from this stage and with the evidence and clues identified by the students, the participants carry out a series of chemical analyses, within the domain of forensic chemistry. The objective is to solve the mystery and identify the criminal, at the same time providing insight into the role of Chemistry in crime detection and the importance of an integrated scientific approach for criminal detectives.

This approach created enormous interest and curiosity on the part of the students, not only during the various stages of simulated criminal investigation, but also because of the evident need for chemical knowledge in interpreting the evidence. The interest was made clear by the willing participation of the students, through the questions they asked the teacher and the animated discussion that surrounded the evidence.

The content of these classes, focussed on selected topics within CTS (Science, Technology and Society), are presented to students in a less abstract manner, are intimately related to their immediate environment and can therefore awaken interest and curiosity within the students and provide the motivation necessary to study Chemistry.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Summary.....	vii
Índice de figuras	xii
Índice de tabelas.....	xvi
Índice de abreviaturas e símbolos.....	xvii
Capítulo 1 – Contextualização	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Ciência forense.....	5
1.2.1 Enquadramento legal	7
1.2.2 Vestígio, evidência e indício	11
1.2.3 Cena do crime.....	12
1.2.4 Recolha e tratamento de vestígios.....	13
1.2.5 Química forense	17
1.2.5.1 Microscopia	19
1.2.5.1.1 Microscopia ótica	20
1.2.5.1.2 Microscopia de fluorescência	21
1.2.5.1.3 Microscopia eletrónica.....	23
1.2.5.2 Cromatografia	24
1.2.5.2.1 Cromatografia em camada fina (TLC) LS	26
1.2.5.2.2 Cromatografia de papel LL	27
1.2.5.2.3 Cromatografia gás-líquido (GLC) GL.....	28
1.2.5.2.4 Cromatografia gás-sólido (GSC) GS.....	30

1.2.5.2.5	Cromatografia de adsorção (coluna) LS	30
1.2.5.2.6	Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).....	31
1.2.5.2.7	Cromatografia permuta iónica LS	32
1.2.5.3	Espetroscopia	32
1.2.5.3.1	Espetroscopia de absorção atómica	34
1.2.5.3.2	Espetroscopia de infravermelho	37
Capítulo 2 – Descrição dos procedimentos laboratoriais.....		39
2.1	Introdução	39
2.2	Deteção de manchas de sangue.....	39
2.2.1	Vestígio – mancha de “sangue”	41
2.2.2	Teste de Kastle-Meyer - Teste presuntivo ou de orientação	42
2.2.3	Teste do luminol- Teste presuntivo ou de orientação	42
2.3	Impressões digitais.....	44
2.3.1	Vestígio – impressão digital	45
2.3.2	Técnica do pó	46
2.3.3	Nitrato de prata.....	47
2.3.4	Ninidrina	47
2.3.5	Base de dados.....	48
2.4	Solo.....	49
2.4.1	Vestígio solo	50
2.4.2	Caraterização física.....	51
2.4.3	Análise microscópica	52
2.4.4	Análise elementar por via seca	52
2.5	Tinta.....	53
2.5.1	Vestígio tinta	53
2.5.2	Cromatografia em papel	54

2.6	Fibras Têxteis.....	55
2.6.1	Vestígio fibras.....	56
2.6.2	Teste de queima.....	56
2.6.3	Análise microscópica.....	57
2.6.4	Densidade.....	57
2.6.5	Análise por espectroscopia de infravermelho - FTIR.....	58
Capítulo 3 – Cenário, vestígios e evidências do crime		59
3.1.	Introdução.....	59
3.2.	Metodologia.....	60
3.3.	Cena do crime	61
3.4.	Descrição dos acontecimentos.....	62
3.5.	Relatório da autópsia [54].....	63
3.6.	Vestígios encontrados.....	65
3.7.	Análise de vestígios.....	67
3.7.1.	Análise de sangue.....	67
3.7.2.	Análise das impressões digitais.....	72
3.7.3.	Análise de solos.....	79
3.7.4.	Análise de tinta.....	85
3.7.5.	Análise de fibras.....	88
3.8.	O desvendar do crime.....	101
Capítulo 4 – Aspectos Finais.....		105
4.1.	Introdução.....	105
4.2.	Sugestões para trabalhos futuros.....	106
Referências.....		107

Índice de figuras

Figura 1.1 – A multidisciplinaridade da ciência forense. Adaptado de [2].....	4
Figura 1.2 – Cadeia processual. Adaptado de [6]	6
Figura 1.3 - Organograma da Polícia Judiciária. [10]	8
Figura 1.4 - Organograma do Laboratório de Polícia Científica. Adaptado de [9]	9
Figura 1.5 – Embalagens usadas na recolha de evidências. [13]	13
Figura 1.6 – Sequência processual das evidências. Adaptado de [11]	14
Figura 1.7 – Aplicação do método científico. Adaptado de [11]	15
Figura 1.8 – Etapas na análise de evidências. Adaptado de [11]	17
Figura 1.9- Imagem de duas balas obtida no microscópio de comparação. Uma recolhida na cena do crime outra na arma do suspeito. [11]	20
Figura 1.10 – Constituição de um microscópio ótico. Adaptado de [16]	21
Figura 1.11 – Microscopia de fluorescência. Adaptado de [18]	22
Figura 1.12 – A radiação eletromagnética e a microscopia. [19]	23
Figura 1.13 - Cromatografia. [21]	24
Figura 1.14 - Fases da cromatografia em camada fina TLC Adaptado de [26]	26
Figura 1.15 - Cromatografia em papel. [28]	27
Figura 1.16 - Cromatografia gasosa: Cada pico representa um componente diferente da mistura. A altura relativa fornece indicações acerca da abundância relativa de cada componente. Adaptado de [11]	29
Figura 1.17 – Coluna cromatográfica. [27]	31
Figura 1.18 – Espectro eletromagnético. [32].....	32
Figura 1.19 - Esquema das transições de absorção e emissão de energia por um átomo. Adaptado de [34]	34

Figura 1.20 – Espectroscopia de infravermelho. Adaptado de [40]	37
Figura 2.1 – Dependência da forma das manchas de sangue com o ângulo de queda. [41].....	40
Figura 2.2.– Envelope com a evidência nº1. Adaptado de [43]	41
Figura 2.3. – Capas de proteção para cotonetes em polietileno. [43]	41
Figura 2.4. – Recolha do vestígio e aplicação do reagente de Kastle-Meyer.....	42
Figura 2.5. – Apresentação do vestígio nº2.....	46
Figura 2.6 - Estrutura química da molécula de ninidrina. [48]	47
Figura 2.7 – Modelo da ficha para recolha de impressões digitais.	49
Figura 2.8 – Sistema de acondicionamento do vestígio nº3 – solo.....	51
Figura 2.9 – Cores da chama de alguns metais. [35]	52
Figura 2.10 – Forma de acondicionamento do vestígio tinta.....	54
Figura 2.11 – Métodos analíticos para análise de fibras. Adaptado de [14].....	55
Figura 2.12 – Sistema de acondicionamento dos vestígios de fibras.....	56
Figura 3.1 – Zona de acesso ao local onde foi encontrada a vítima.	61
Figura 3.2 – Praça da Oliveira.	62
Figura 3.3 - Local onde foi encontrada a vítima.	65
Figura 3.4. – Local onde poderá ter ocorrido o homicídio	66
Figura 3.5 – Composição do sangue. [56].....	68
Figura 3.6 - Representação da hemoglobina (direita) e do complexo “heme”(esquerda). [56].....	68
Figura 3.7 – Esquema geral da reação do sangue com os diferentes substratos. Adaptado de [57].....	70
Figura 3.8 - Aspeto do cotonete após a adição do reagente de Kastle Meyer e da adição de seguida de uma gota de água oxigenada.	71
Figura 3.9 - Reações referentes ao reagente de Kastle-Meyer. [49]	72

Figura 3.10 - Os quatro tipos fundamentais de impressões digitais de Vucetich. [44]..	73
Figura 3.11 - Constituição de uma impressão digital. [59].....	74
Figura 3.12 – À esquerda, minúcias, também conhecidas por detalhes de Galton. À direita, parte de uma impressão digital, onde se pode observar as linhas pretas correspondentes às cristas e as linhas brancas aos vales. [59].....	75
Figura 3.13 – Exemplo de aplicação da fórmula datiloscópica. Fonte [59].....	75
Figura 3.14 – Impressões digitais recolhidas na cena do crime (direita) e originais (esquerda). Adaptado de [11].	76
Fig. 3.15. – Impressão digital obtida com pó. [49]	77
Figura 3.16 – Mecanismo de reação de um aminoácido com a ninidrina com a formação de um produto colorido, púrpura de Ruhemann. [48].....	78
Figura 3.17 - A relação entre a Geologia forense e outras disciplinas e subdisciplinas da ciência. Adaptado de [61].....	79
Figura 3.18. – Vestígio de solo AT1 (esquerda) e Vestígio de solo AT2 (direita).....	81
Figura 3.19. – Vestígio de solo AT3 (esquerda) e Vestígio de solo AT4 (direita).....	81
Figura 3.20. – Vestígio de solo AT5 (esquerda) e Vestígio de solo AT6 (direita).....	82
Figura 3.21. – Espetro EDS do vestígio AT1 (esquerda) e Espetro EDS do vestígio AT2 (direita)	82
Figura 3.22. – Espetro EDS do vestígio AT3 (esquerda) e Espetro EDS do vestígio AT4 (direita)	83
Figura 3.23. – Espetro EDS do vestígio AT5 (esquerda) e Espetro EDS do vestígio AT6 (direita)	83
Figura 3.24 – Chama obtida pelos vestígios de solo recolhidos dos sapatos da vítima e da Paula.	84
Figura 3.25 – Classificação das tintas. [63].....	86
Figura 3.26 – Cromatogramas obtidos. I – Cartão da florista; II – Caneta do Antunes..	88
Figura 3.27 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	91
Figura 3.28 -I – Aspeto longitudinal (x200) II – Secção transversal (x200).....	91

Figura 3.29 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	92
Figura 3.30 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	92
Figura 3.31- I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	92
Figura 3.32 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	93
Figura 3.33 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200).....	93
Figura 3.34. – Vestígio nº8 – Fibras encontradas na mala do jipe	94
Figura 3.35. – Vestígio nº9 – Fibras do casaco da vítima	94
Figura 3.36. – Vestígio nº11 – Fibras recolhidas da roupa do Jorge	95
Figura 3.38 – Diagrama de FTIR obtido. [67]	98
Figura 3.39 – Esquema de uma reação de condensação.	99
Figura 3.40 – Grupo funcional característico dos ésteres.....	99
Figura 3.41 – Reação genérica de formação de um poliéster.	100

Índice de tabelas

Tabela 1.1 – Classificação dos diversos tipos de cromatografia. Adaptado de [21]	25
Tabela 1.2 – Interação radiação-matéria. Adaptado de [33]	33
Tabela 1.3 – Cores da chama de alguns metais. Adaptado de [35]	35
Tabela 2.1 – Composição química padrão de uma impressão digital. Adaptado de [48]	45
Tabela 3.1 - Antigénios e anticorpos associados a cada grupo sanguíneo [41]	69
Tabela 3.2 – Identificação de grupos sanguíneos com anticorpos conhecidos. [41].....	70
Tabela 3.3 – Comportamento á chama e na proximidade desta de algumas fibras. Adaptado de [52, 53].....	89
Tabela 3.4 – Resultados obtidos no teste de chama/queima	90
Tabela 3.5 – Densidade das fibras. Adaptado de [52].....	97

Índice de abreviaturas e símbolos

ADN	Ácido desoxirribonucleico
ASTM	American Society for Testing and Materials
c.d.o.	Comprimento de onda
CLS	Cromatografia Líquido-sólido
CG	Cromatografia Gasosa
CGL	Cromatografia gás-líquido
CNPT	Condições normais de pressão e temperatura
CPP	Código de processo penal
CSI	Crime Scene Investigation
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EDS	Espetroscopia de energia dispersiva
FE	Fase estacionária
FM	Fase móvel
GC-MS	Cromatografia gasosa - Espetrometria de massa
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
LC-MS	Cromatografia líquida – Espetrometria de massa
LPC	Laboratório da polícia científica
PJ	Polícia judiciária

R_f	Fator de retardação
SEM	Microscopia eletrónica de varrimento (do inglês “Scanning Electron Microscope”)
TLS	Cromatografia em camada fina

Capítulo 1 – Contextualização

1.1 Introdução

Desde sempre que a sociedade é fascinada pela investigação criminal e isso reflete-se na popularidade da literatura policial e na grande audiência das séries que retratam a resolução de crimes e o trabalho policial. Podem citar-se como exemplos as histórias de Sherlock Holmes de Arthur Conan Doyle, as novelas de mistério de Agatha Christie e as aventuras de investigadores inesquecíveis como Nancy Drew, Dick Tracy, Perry Mason e Colombo. [1]

A aplicação da ciência, sobretudo da Química, nas investigações criminais, desempenha uma parte importante em muitas histórias, facto que pode ser uma excelente oportunidade para atrair os alunos para o estudo da Química.

A Química está presente em todos os aspetos da nossa vida, mas nem sempre de uma forma evidente. Quando esta química do quotidiano é desvendada para uma população, através, por exemplo, da investigação criminal, gera nesta um enorme interesse. É o que tem vindo a acontecer desde há sensivelmente duas décadas com algumas séries televisivas, nomeadamente a série CSI: Crime Scene Investigation, que transportam o espetador para cenários de crimes de resolução, à partida, quase impossível e que, através de vestígios e consequentes análises, é contada uma história inimaginável, a partir da qual todo o crime se desvenda. [2]

Ainda que na vida real estas situações não se verifiquem, particularmente em tempo e complexidade, é um facto que este interesse na ciência forense pode ser canalizado para o ensino das ciências, particularmente da química. [2]

Assim, considerando o interesse crescente por este assunto e o facto de este se basear em conceitos científicos abordados nas várias áreas temáticas da Química lecionados no ensino básico e secundário, este tipo de abordagem é uma estratégia de ensino muito relevante e conveniente, pois permite motivar os alunos para os assuntos em estudo. Desta forma, o ensino da Química em sala de aula, através do estudo de casos forenses, faz uma abordagem diferente e motivadora, pelo que deve ser tida em consideração.

De acordo com a revisão curricular do ensino secundário de 2004, as disciplinas da formação específica, nomeadamente a disciplina de Física e Química A, visam uma consolidação dos saberes que permita aos alunos o seu crescimento enquanto cidadãos ativos e intervenientes. Segundo esta revisão, a disciplina de Física e Química A, deve ser uma via para o desenvolvimento dos alunos, alargando os seus conhecimentos, estimulando-os no trabalho individual e de grupo, consciencializando-os da importância da disciplina na explicação e resolução de fenómenos do mundo que os rodeia, envolvendo-os continuamente com a tecnologia. [3]

Atendendo a estas considerações, ou seja, da necessidade dos alunos se tornarem capazes e críticos na análise e resolução de problemas, a abordagem do ensino por recurso à ciência forense pode ser uma forma de os professores conseguirem levar os alunos a desenvolver estas competências. Quando os alunos são confrontados com uma cena de crime têm que aplicar continuamente o método científico - observar, questionar, recolher e classificar, relacionar factos, formular e testar hipótese – ou seja, estão permanentemente a desenvolver novas competências que lhes permitam tomar decisões e refletir sobre situações do seu quotidiano. [4]

Dada a necessidade dos alunos em atribuírem sentido aos conceitos químicos ministrados, a abordagem de conceitos por recurso ao tema da ciência forense, permite a contextualização dos mesmos, ou seja, a ciência forense torna-se no veículo perfeito para a aprendizagem, aplicação e exploração dos conceitos científicos. Se a este facto adicionarmos a experimentação, inerente a esta temática, também conseguimos a integração do trabalho laboratorial neste processo. O trabalho laboratorial permite o

desenvolvimento de mestrias em vários domínios, nomeadamente o procedimental, ao ampliar as competências técnicas e de destreza laboratorial, o conceptual, ao solidificar o conhecimento já existente e o novo através da aplicação de leis e teorias à construção do conhecimento e o das atitudes e valores, tão importante nos dias de hoje, ao estimular o trabalho de grupo e a cooperação entre os alunos. [5]

Foi com base nesta ideia que o presente trabalho foi proposto. Pretende-se promover uma aprendizagem de conteúdos químicos de forma contextualizada com o tema Química Forense. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar algumas propostas de análise de vestígios, que serão utilizadas para problematizar vários conteúdos do ensino da Química.

Algumas das vantagens desta abordagem são: [2]

- A ciência forense é multidisciplinar, figura 1.1, envolve conceitos de áreas tão diferentes como química, biologia, zoologia, anatomia, genética, física, medicina, matemática e estatística, ciências da terra, sociologia, psicologia, comunicação e direito.
- A aula de ciência forense pode recorrer às várias ciências e tecnologias para resolver a cena de crime proposta.
- A ciência forense apela ao detetive que há em cada um de nós e à sua vontade de resolver mistérios e puzzles, para deslindar o desafio apresentado.
- A ciência forense pode ser usada como tema integrador para todos os graus de ensino.

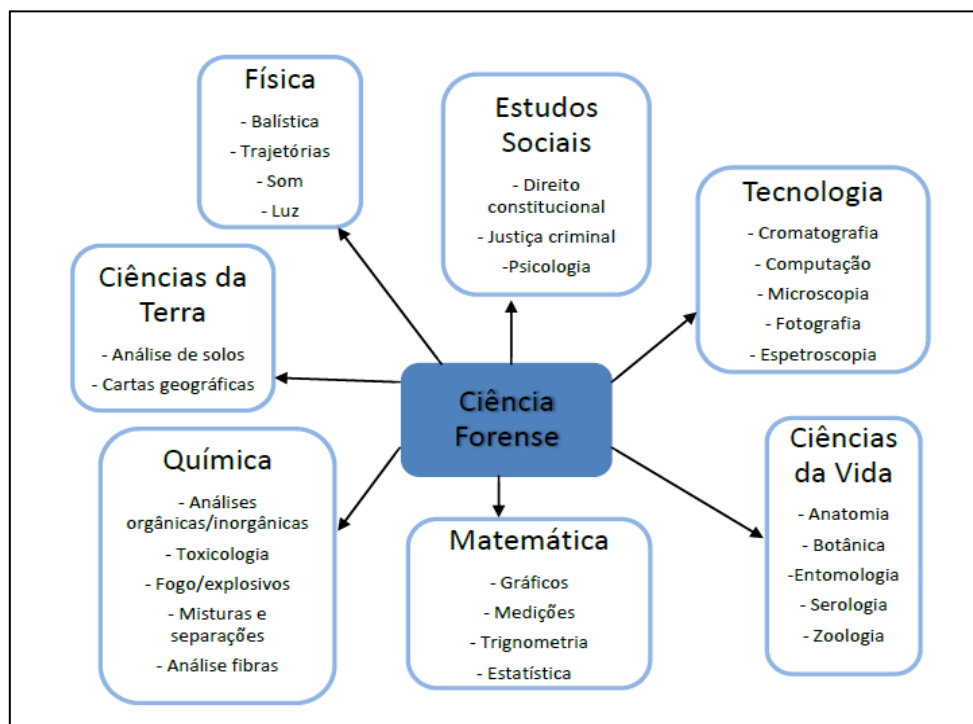


Figura 1.1 – A multidisciplinaridade da ciência forense. Adaptado de [2]

Nesse sentido o presente trabalho visa apresentar uma cena de crime ficcional, a partir da qual serão propostas análises de vestígios que o aluno realizará, desenvolvendo, em simultâneo, o domínio procedimental, conceptual e de atitudes, de modo a explicar toda a cena de crime e descobrir “quem e como matou”.

Pretende-se que os alunos assumam o papel de peritos forenses, avaliando vestígios e tomando contacto com a cadeia processual forense, conforme figura 2. Deste modo, além de desenvolverem destrezas e competências laboratoriais, os conceitos científicos são explorados de forma contextualizada, como já referido.

Como metodologia propõe-se como introdução e sensibilização à temática a visualização de “vídeo-clips” da série CSI (ou outras) que abordam vários conceitos de investigação e ciência forense. Após o que haverá uma aula em que serão discutidos os conceitos e técnicas científicas previamente visualizados.

1.2 Ciência forense

Desde o início da civilização que os conhecimentos científicos são usados para a elucidação de crimes. A ciência forense é uma ciência inter e multidisciplinar que visa aplicar os conhecimentos, princípios e técnicas científicas na resolução de matéria legal ou judicial. Até há algum tempo, quando se dizia que alguma coisa foi determinada por recurso à análise forense estava-se a sugerir que a informação tinha sido determinada cientificamente com a intenção de ser apresentada num tribunal. Recentemente, o termo forense também é usado para descrever muitas investigações científicas, mesmo quando não há suspeitas de crime, como por exemplo quando se descobre a composição de um artefacto antigo ou se identifica um esqueleto. [2]

A Ciência forense, no sentido mais comum, visa estudar o crime no seu todo, a partir de evidências testemunhais ou científicas, mantendo sempre a idoneidade dos factos, com o objetivo de obter provas concludentes à identificação do(s) criminoso(s). Os princípios em que se baseia são basicamente: [6]

- o princípio de troca de Locard;
- o princípio da individualidade.

É pela combinação destes dois princípios que a identificação de uma evidência como prova é possível. O princípio de troca de Locard deve-se ao criminalista francês Edmund Locard, inicialmente um estudante de medicina legal, que mais tarde passou a ser diretor do Laboratório da Polícia Técnica em Lyon, França, que estabeleceu que “ Sempre que dois objetos estejam em contacto, haverá sempre uma transferência de material entre eles”. O princípio da individualidade baseia-se no facto de apesar de dois objetos poderem parecer indistinguíveis, não há dois objetos absolutamente idênticos. Assim a ciência forense baseia-se no facto de que o criminoso deixa sempre vestígios na cena do crime e que esses vestígios são únicos. [7]

Assim, dado um evento, do qual, e de acordo com os princípios enunciados, se pode sempre recolher vestígios, a polícia toma conta da ocorrência, isolando e preservando o local de toda e qualquer contaminação. De seguida, requisita a polícia judiciária, que atende ao local com a sua equipa de técnicos. Após a recolha e análise dos vestígios, em Portugal, pela polícia científica afeta ao laboratório da Polícia Judiciária, cabe ao detetive responsável pelo crime e sua equipa, ligar todas as evidências e resolver o crime. Finda esta fase, a seguinte consiste na apresentação das evidências – agora provas – em tribunal, muitas vezes com a presença do próprio cientista forense. [6]

Constata-se assim, que a ciência forense na presença de um evento criminal constitui uma cadeia de ciclos processuais, do foro policial, de perícia criminal e judicial, com vista à resolução do evento, conforme se evidencia na figura 1.2.

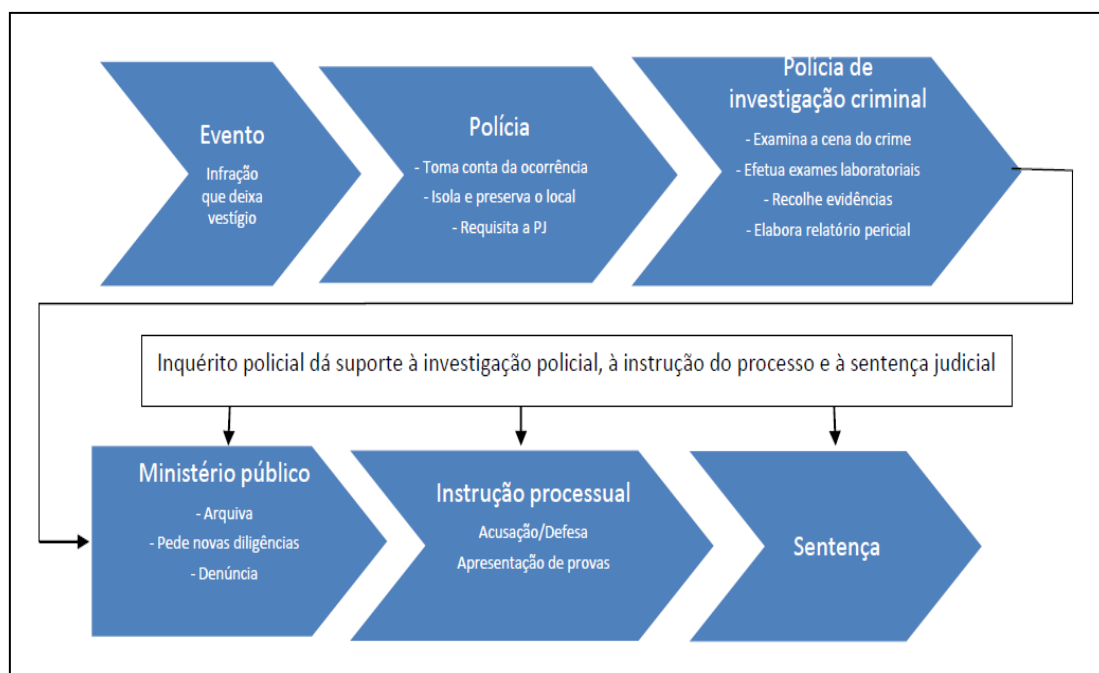


Figura 1.2 – Cadeia processual. Adaptado de [6]

Contrariamente à imagem do cientista forense dada através das séries televisivas, o trabalho deste é desenvolvido na sua grande parte no laboratório da polícia científica e muito pouco na cena do crime. Ou seja, o cientista forense não tem um papel direto na resolução de crimes, ele fundamentalmente analisa os vestígios recolhidos na cena do crime. Também, e ainda que o papel deste seja de primordial importância na resolução de crimes, ele não é obrigatório, já que há crimes que não necessitam de análises de evidências físicas.

1.2.1 Enquadramento legal

A Polícia Judiciária (PJ) é o principal órgão policial de investigação criminal de Portugal, vocacionado para o combate à grande criminalidade nomeadamente ao crime organizado, terrorismo, tráfico de estupefacientes, corrupção e criminalidade económica e financeira. A Polícia Judiciária portuguesa, cujo organograma é apresentado na figura 1.3, está integrada no Ministério da Justiça, atuando sob orientação do Ministério Público. [8]

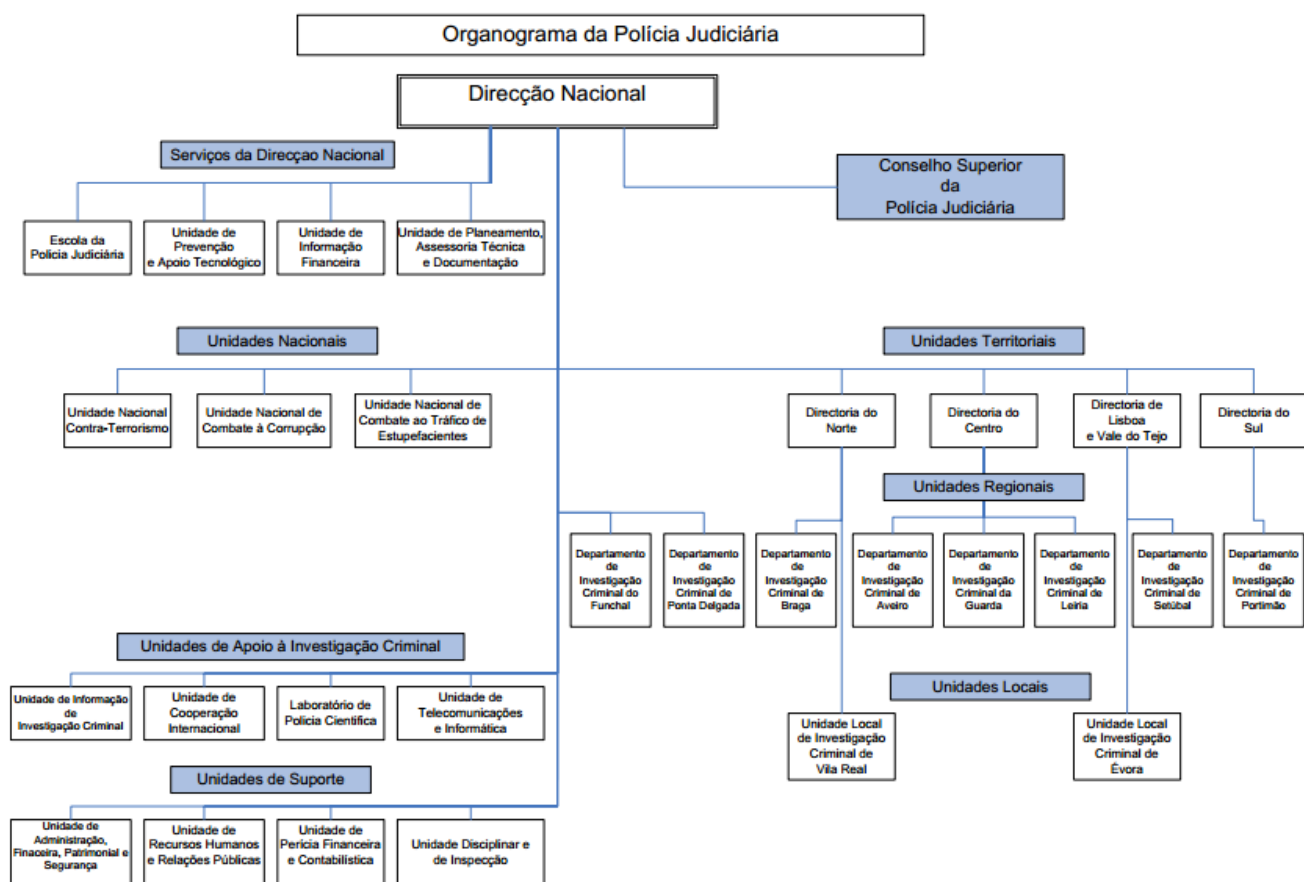


Figura 1.3 - Organograma da Polícia Judiciária. [10]

A Polícia Judiciária (P.J), tal como a conhecemos nos nossos dias, foi criada em 1945 por Decreto-Lei n.º 35 042, de 20 de Outubro de 1945, em cujo 1.º artigo se definia a sua competência como a de “efectuar a investigação dos crimes e descobrir os seus agentes”. O Laboratório de Polícia Científica, L.P.C., sediado em Lisboa, foi constituído em 1957 pelo Decreto-Lei n.º 41 306, de 2 de Outubro, tendo a sua delegação do Porto sido inaugurada apenas em 1984, de forma a cobrir a região norte. [9]

Atualmente o L.P.C. é constituído por oito áreas centrais que têm por objetivo a produção de prova material e assim dar resposta às questões periciais colocadas pelos investigadores no âmbito de vestígios recolhidos ou apreensões efetuadas. Estas áreas dividem-se pela da Biologia, Química, Física, Toxicologia, Balística, Documentos, Escrita Manual e Criminalística, conforme organograma apresentada na figura 1.4. [9]

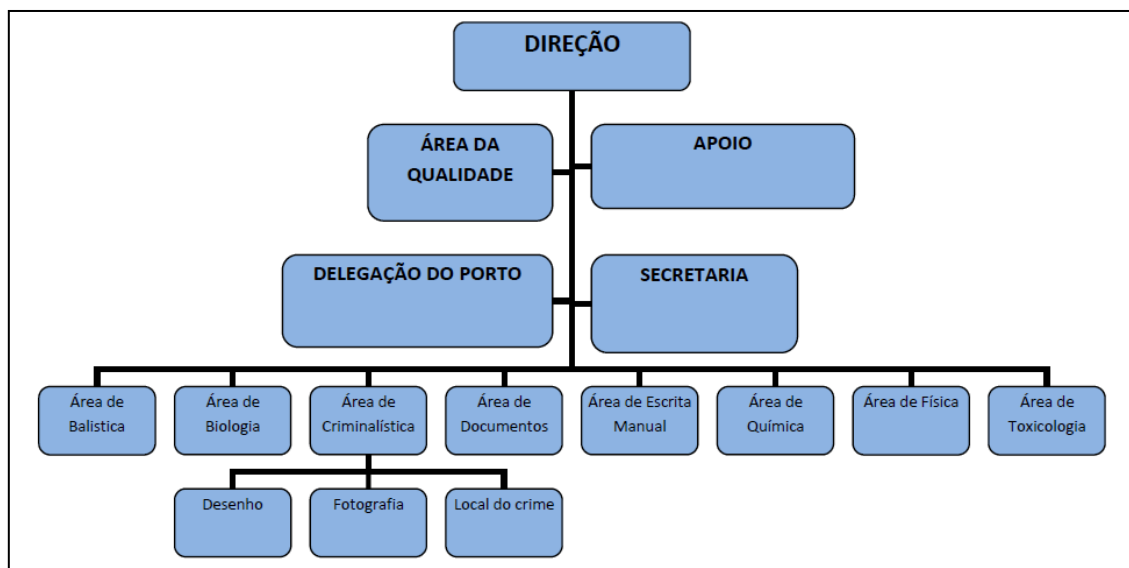


Figura 1.4 - Organograma do Laboratório de Polícia Científica. Adaptado de [9]

O regime jurídico das perícias (meio de prova) e dos exames (meio de obtenção da prova) encontra-se estabelecido no Código de Processo Penal (CPP) e na Lei nº 45/2004, de 19 de Agosto, referente às perícias médico-legais e forenses e na Lei nº 5/2008, referente à criação da base de dados de perfis de ADN.

Os artigos 151º a 163º do CPP estabelecem o regime da prova pericial, assinalando-se o artigo 151º (Quando tem lugar), o 152º (Quem a realiza), o 154º (Despacho que ordena a perícia), o 156º (Procedimento), o 159º (Perícias médico-legais e forenses) e o 160º-A (Realização de perícias).

A Lei nº 45/2004 estabelece o regime jurídico das perícias médico-legais e forenses, introduzindo algumas exceções à aplicação do CPP.

A investigação policial tem como objetivo a obtenção de provas criminais que podem ser testemunhais ou técnicas. A prova num processo penal tem vindo a sofrer grandes alterações. A prova testemunhal tem vindo a ser preterida à prova técnica ou

científica, já que é menos subjetiva que esta ao ser baseada em dados obtidos através de métodos científicos. Há estudos que têm vindo a demonstrar que a mente humana é passível de ser contaminada, falsa memória, o que condiciona a objetividade e veracidade do relato. Além de que o indivíduo pode desde logo, ao tentar perceber o que viu, interpretar os factos e relatar a “sua” realidade. Revela-se assim de extrema importância a recolha de evidências físicas, a sua análise e posterior interpretação, para qualquer processo de investigação. [8]

Assim, ao longo dos tempos, também a investigação criminal foi evoluindo, acompanhando o progresso técnico e científico, decorrendo deste facto a evolução da própria estrutura organizacional da polícia.

A partir daqui entende-se a existência, em Portugal, de uma polícia técnica e uma polícia científica. A polícia técnica terá como finalidade constatar, recolher e conservar os indícios e vestígios deixados pelo autor de um crime, e a polícia científica será responsável pela atividade laboratorial de exploração dos vestígios materiais, por forma à obtenção de uma prova passível de ser apresentada em tribunal.

1.2.2 Vestígio, evidência e indício

Estes termos nem sempre são compreendidos de forma correta pois são por muitos, usados como sinónimos. Num contexto forense existe uma diferenciação importante nos significados formais. Enquanto o vestígio abrange, a evidência restringe e o indício circunstancia.

Conforme o Dicionário da Língua Portuguesa, vestígio (lat vestigiū) significa: sinal deixado pela pisada ou passagem, tanto de homem como de qualquer outro animal; pegada, rasto. Indício ou sinal de coisa que aconteceu, de pessoa que passou (...). Evidência é a “qualidade daquilo que é evidente, que é incontestável, que todos veem ou podem ver ou verificar, certeza manifesta”.

No âmbito forense, o termo evidência representa o vestígio que após analisado pelos especialistas, se mostra diretamente relacionado com o crime investigado. Então, as evidências por decorrerem dos vestígios são elementos exclusivamente materiais e, por conseguinte, de natureza puramente objetiva. “Os vestígios dão origem às evidências”.

Considera-se indício a circunstância conhecida e provada, que, tendo relação com o facto, autorize, por indução, concluir-se a existência de outra ou outras circunstâncias. No entanto, de acordo com o dicionário, a expressão indício significa vestígio, sinal. Indicação. Sinal ou facto que deixa entrever alguma coisa, sem a descobrir completamente, mas constituindo princípio de prova.

Então do ponto de vista criminal a expressão indício foi definida para a fase processual o que quer dizer que a nomenclatura “indício” engloba, além dos elementos materiais de que trata a investigação, outros de natureza subjetiva, próprios da esfera da polícia judiciária. [12]

1.2.3 Cena do crime

A cena do crime é sem dúvida o aspeto mais importante na análise de um crime. A cena de um crime permite estabelecer o primeiro contacto entre o investigador e o criminoso, permite a reconstituição do crime, enfim, representa um elemento fulcral no sucesso da investigação. [8]

A análise do local de crime deve ser efetuada por técnicos especializados e devidamente apetrechados, pelo que, em Portugal, foi criada, em Fevereiro de 2006, uma nova valência do LPC denominada Setor Local do Crime. Esta valência, sediada em Lisboa, desdobra-se em células mais pequenas, as equipas de cena de crime, afetas às diversas diretorias e departamentos de investigação criminal do país. Estas equipas têm como função a abordagem, análise, pesquisa, deteção, recolha, acondicionamento e transporte de vestígios. Estas equipas de local de crime são multidisciplinares com elementos de ambas as polícias, técnica e científica e seguem procedimentos normalizados ao longo de todo o processo que culminam na elaboração do relatório do exame pericial ao local do crime. [9]

Estas equipas estão habilitadas a elaborar relatórios de exame pericial ao local do crime com bastante detalhe, com indicações sobre os métodos usados na recolha e pesquisa de vestígios, reportagem fotográfica, croqui e um parecer técnico sobre os acontecimentos.

Nos últimos anos estas equipas, por via da evolução tecnológica, têm vindo a desenvolver a aplicação de novas técnicas à pesquisa de vestígios no local do crime quer por utilização sistemática de fontes de iluminação diferentes que ao possibilitarem o uso de uma variedade de comprimentos de onda do espectro eletromagnético permitem a deteção de uma grande variedade de vestígios "in loco", por exemplo, a pesquisa de vestígios hemáticos no local de crime.

1.2.4 Recolha e tratamento de vestígios

Os vestígios materiais são recolhidos pela polícia ou pela equipa de local de crime que depois de devidamente empacotadas e catalogados são enviados para o laboratório criminal. Mas as evidências não são limitadas aos vestígios materiais recolhidas na cena do crime, existe um outro tipo de evidências, como já referido, interrogatórios, histórias de testemunhas, relatórios policiais, notas e esboços da cena do crime, enfim tudo aquilo que pode ajudar a investigação, não sendo contudo, a interpretação destas últimas evidências, na generalidade das vezes, da competência do cientista forense, mas sim da polícia.

Os vestígios são acondicionados conforme o seu tipo, ou seja, pêlos, vidro e fibras são embaladas em frascos de plástico inquebrável, materiais manchados de sangue devem ser embalados em envelopes ou sacos de papel e restos carbonizados em frascos metálicos estanques, figura 1.5.



Figura 1.5 – Embalagens usadas na recolha de evidências. [13]

Os vestígios devem ser acompanhados de uma descrição resumida da história do caso e de uma listagem das análises pretendidas para cada vestígio. Depois de recolhidos e catalogadas os vestígios são enviadas para o laboratório criminal; estes

vestígios são denominados de “amostras desconhecidas” por essa mesma razão, ou seja, a sua origem e identidade não são conhecidas, pelo que é necessário haver um outro tipo de amostras, estas conhecidas ou padrão, que vão servir como referência, para comparação com as primeiras e consequente identificação destas. [2]

Após a análise dos vestígios pelo cientista forense, em Portugal pelos técnicos da polícia científica afeta ao laboratório da polícia judiciária, cabe ao detetive responsável pelo crime e sua equipa, ligar todos os vestígios convertendo-os em evidências de forma a resolver o crime, figura 1.6. Ainda que seja uma imagem recorrente das séries policiais televisivas, a interpretação das evidências não é uma das competências do cientista forense. Também, e ainda que o papel deste cientista seja central na resolução de crimes, ele não é obrigatório, já que há crimes que não necessitam a análise de vestígios físicos ou técnicos. [2]

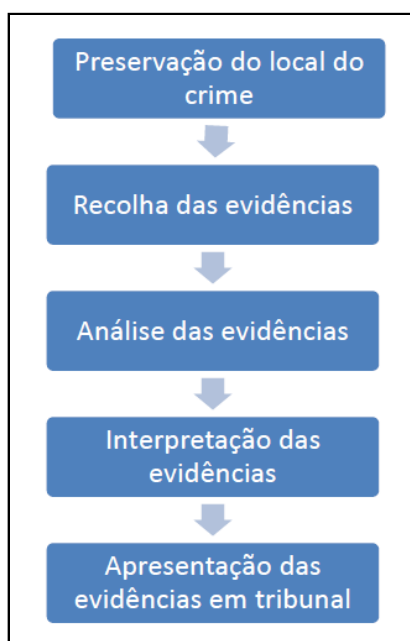


Figura 1.6 – Sequência processual das evidências. Adaptado de [11]

Ainda que as propriedades físicas e químicas analisadas para cada vestígio variem, todas as análises são baseadas nos princípios do método científico, figura 1.7.

O método científico inicia-se pela observação. A seguir procura-se organizar as observações efetuadas e identificar uma tendência. Quando se encontra aquilo que se considera ser a ligação entre as observações efetuadas, propõe-se uma hipótese que permitirá explicar o que foi observado. Aqui é definido um plano para testar a hipótese. Por fim, o plano é levado a cabo e mais observações são efetuadas. Se as novas observações contradisserem a hipótese original é sugerida e testada uma nova hipótese. Contudo, se estas novas observações validarem a hipótese inicial, frequentemente é escolhido um plano adicional para validar a hipótese. [2]



Figura 1.7 – Aplicação do método científico. Adaptado de [11]

Quando um vestígio dá entrada num laboratório para ser analisado a primeira tarefa que se põe é a sua identificação. Nesta fase – identificação – podem ser realizadas dois tipos de análises, presuntivas ou de orientação e de confirmação. As primeiras baseiam a sua análise numa propriedade química ou física que não é suficientemente específica para a identificação da amostra, mas fornece informação que

limita a procura. As análises de confirmação identificam a evidência de forma inequívoca. [2]

Convém referir o facto de os vestígios poderem ser eliminados durante a sua análise e como tal, nunca se poder confirmar ou verificar o seu resultado. Por exemplo se o vestígio for uma única fibra, os testes de solubilidade como forma de identificação serão desaconselhados e deverão ser usados, sempre que possível, testes não destrutivos, como microespectrofotometria. [14]

Assim, as primeiras análises a efetuar a um vestígio desconhecido serão análises de orientação. Se estas análises derem resultados negativos, terá de ser sugerida uma nova identidade para o vestígio, se pelo contrário forem positivas são efetuadas, de seguida, as análises de confirmação. Geralmente, as análises de confirmação, obrigatórias em tribunal, requerem mais tempo e são mais dispendiosas do que as de orientação, além de que necessitam, na maioria das vezes, meios técnicos mais sofisticados na sua concretização. A maior parte das análises forenses terminam com a identificação, como por exemplo de uma substância, mas algumas prosseguem para uma análise comparativa – fase de classificação. O objetivo desta fase de análises é comparar a evidência desconhecida a uma conhecida de origem comum. A origem pode ser extensiva resultando numa classificação ou ser exclusiva resultando numa individualização.

As características de classe são características que são partilhadas por um grupo de substâncias, mas não são únicas de todas as substâncias de uma só origem. As características individuais são propriedades da substância que são únicas e podem ser usadas para determinar a origem. O diagrama com as etapas na análise de evidências é apresentado na figura 1.8.

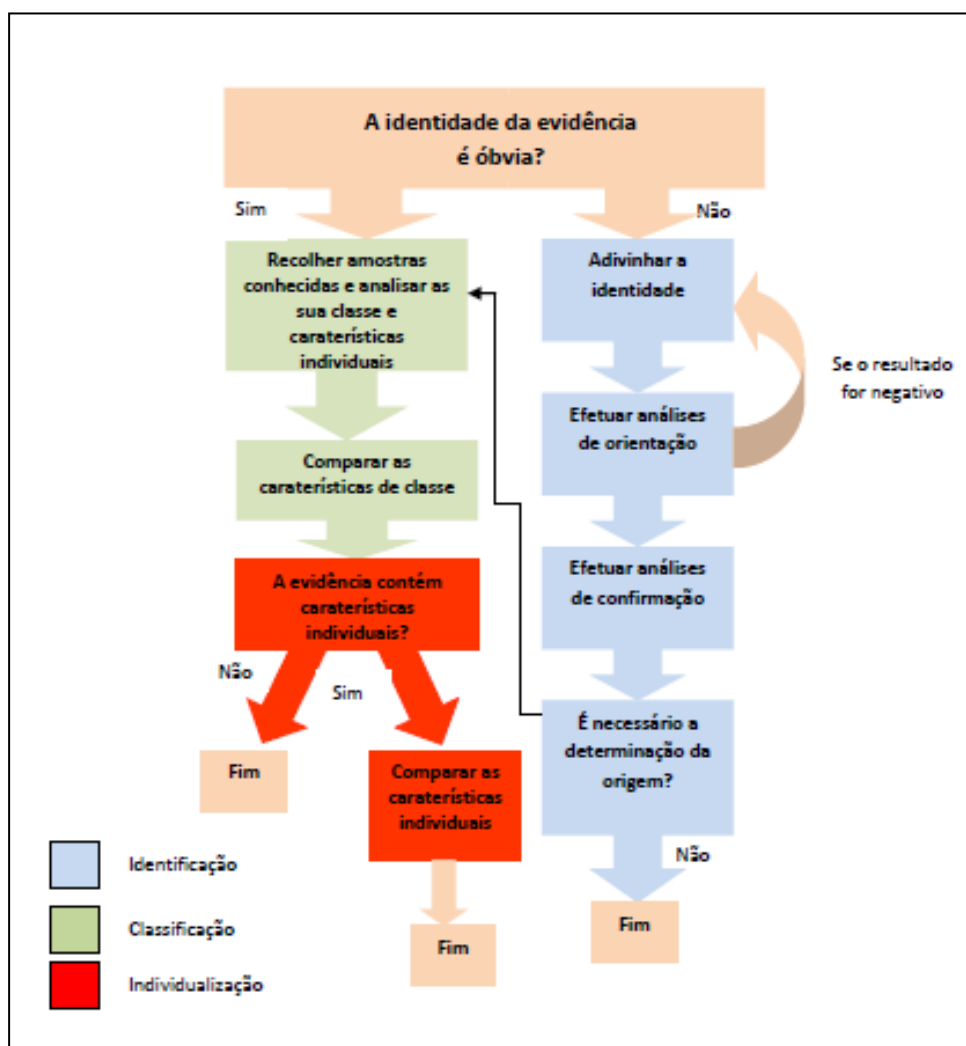


Figura 1.8 – Etapas na análise de evidências. Adaptado de [11]

1.2.5 Química forense

A química forense é o ramo da química que se ocupa da investigação forense em assuntos de química, ou seja aplica os conhecimentos de química no campo legal ou judicial.

Esta área da ciência forense tem como função a análise, classificação e determinação de substâncias e compostos encontrados no local do crime, ou que de alguma forma se possam relacionar com este. Estes materiais podem ser solos, metais, vidros, plásticos, fibras, tinta, explosivos, drogas ou outros.

Ainda que a química forense faça uso de todas as áreas da química são, sem dúvida, a química analítica e a química orgânica as mais envolvidas. A química analítica através das análises que desenvolve para a identificação e determinação de compostos químicos e a química orgânica no âmbito da identificação de compostos orgânicos.

Estes testes destinam-se a:

- análise de drogas
- análise de resíduos de incêndios
- análise de pegadas/solos
- análise de pinturas
- análise de resíduos deixados por armas de fogo
- análise de venenos
- análise de impressões digitais
- detecção e análise de manchas de sangue
- análise de amostras biológicas
- análise de fibras
- análise de tintas

De entre os métodos usados pela Química Forense destacam-se a microscopia, cromatografia, espectrofotometria entre outros. Deve-se salientar o papel fundamental dos métodos instrumentais, que são muito mais rápidos e sensíveis que os clássicos. Eles permitem a deteção de componentes em concentrações muito baixas, com recurso a quantidades mínimas de amostra, que de outra forma não seriam possíveis de analisar.

Além dos métodos que a seguir se abordam há muitos outros que são muito aplicados hoje em dia mas que por razões que se prendem com a limitação de espaço neste documento, ou pelo facto de este trabalho propor um projeto a aplicar em contexto escolar ao nível do ensino secundário não farão parte deste, designadamente a cromatografia combinada com diversos sistemas de deteção, GC-MS ou LC-MS, e outros.

1.2.5.1 Microscopia

A principal função de qualquer microscópio é tornar visível aquilo que é invisível ao olho humano. Desde a lupa, passando pelo microscópio ótico até ao microscópio eletrónico, o microscópio tem evoluído em consonância com a evolução tecnológica, que visou, neste domínio, desenvolver equipamentos com mais contraste e resolução, que são as características mais relacionadas com a visão humana. [15]

A microscopia em química forense é usada para analisar quase tudo o que pode surgir como vestígio, incluindo fibras, solos, metais, vidros, fluidos biológicos e balas, pelo que também os microscópios utilizados são dos mais diversos tipos. De entre os vários tipos de microscópios usados em química forense salienta-se o uso do microscópio de comparação. Este microscópio permite a visualização, em simultâneo, de duas imagens, pelo que estas podem ser comparadas lado a lado, figura 1.9.

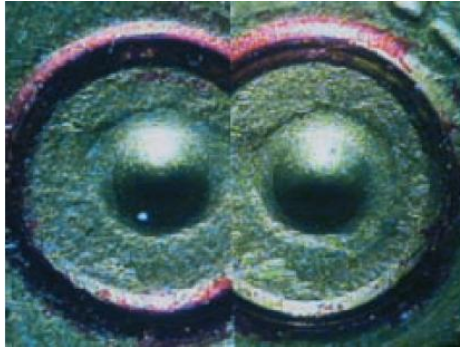


Figura 1.9- Imagem de duas balas obtida no microscópio de comparação. Uma recolhida na cena do crime outra na arma do suspeito. [11]

1.2.5.1.1 Microscopia ótica

A microscopia ótica permite a obtenção de imagens aumentadas e detalhadas de objetos, células e fibras que à vista desarmada não seriam possíveis de observar com igual detalhe. Este tipo de microscopia permite aumentar a imagem até umas 2000 vezes, dependendo da qualidade e tipo de equipamento. [15]

O microscópio ótico, constituído conforme figura 1.10, além de ampliar a imagem de um objeto também serve para aumentar o poder de resolução do olho humano, que não é mais do que a capacidade de distinguir dois pontos próximos um do outro. Esta classe de microscópios tem um poder de resolução da ordem dos 0,2 μm , ou seja com este tipo de microscópio conseguem-se visualizar dois pontos distintos se eles estiverem pelo menos à distância um do outro de 0,2 μm . Em análise microscópica de amostras sólidas é frequente recorrer a iluminação da superfície superior da amostra e neste caso a espessura do objeto a estudar não é limitada.

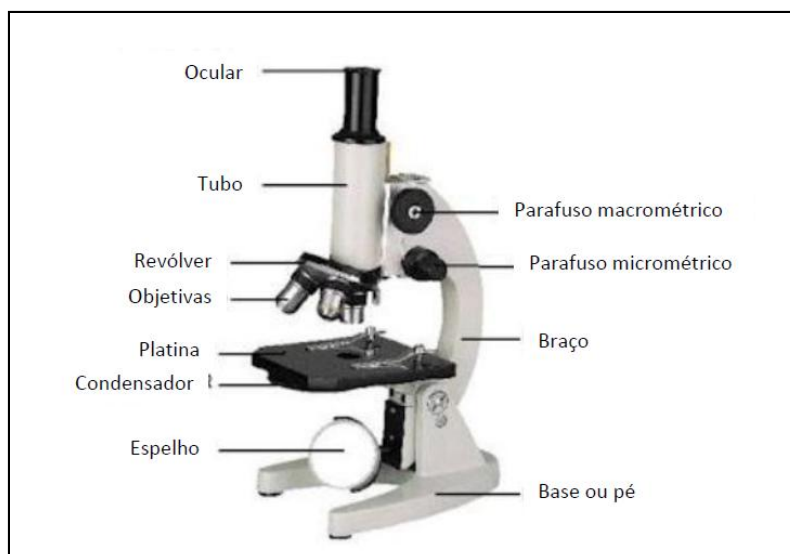


Figura 1.10 – Constituição de um microscópio óptico. Adaptado de [16]

1.2.5.1.2 Microscopia de fluorescência

A fluorescência é a propriedade de algumas substâncias para, após serem excitadas com radiação de baixo comprimento de onda (c.d.o), emitirem radiação de maior comprimento de onda. Algumas substâncias absorvem a energia da radiação ultravioleta emitindo depois radiação dentro do espectro de luz visível. [17]

A microscopia de fluorescência, figura 1.11, é uma variação da microscopia ótica e é talvez a técnica mais versátil para analisar e observar a célula ao permitir estudar substâncias que manifestam fluorescência primária ou secundária, transmitida por corantes especiais denominados fluorocromos. Neste último caso, por exemplo, as moléculas dos anticorpos ligam-se covalentemente aos fluorocromos sem perderem a sua reatividade para com o antigénio. É por recurso a esta técnica que se evidenciam os antigénios quando associados a anticorpos acoplados a moléculas fluorescentes, e quantifica-se pelo processo de fluorometria os objetos de estudo da citoquímica normal e patológica.

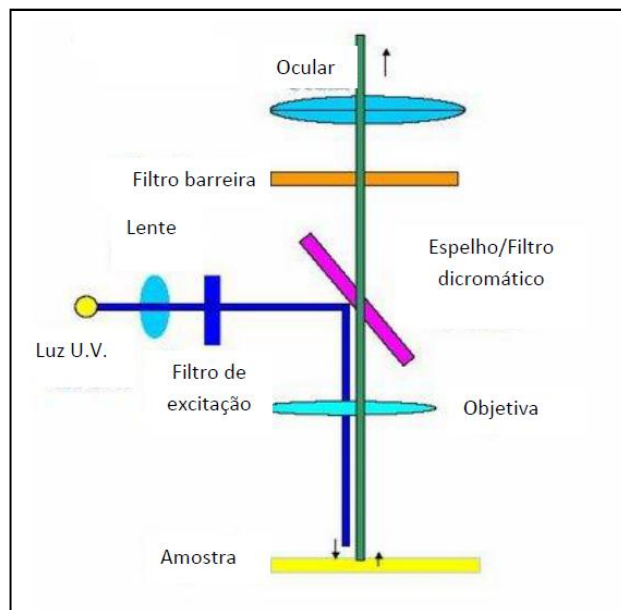


Figura 1.11 – Microscopia de fluorescência. Adaptado de [18]

Neste tipo de microscopia a luz de uma fonte de múltiplos c.d.o. passa através de um filtro/espelho de excitação que, como o nome indica, só deixa passar a radiação de c.d.o. desejado. Esta radiação é refletida pelo filtro dicromático e focada pela lente objetiva na amostra. As moléculas fluorescentes da amostra são excitadas e emitem luz de um c.d.o. específico e maior – fluorescência. Esta luz é focada pela lente e a maioria passa pelo filtro dicromático e não se reflete. Um filtro final de barreira bloqueia toda a luz residual com a frequência de excitação. [17]

1.2.5.1.3 Microscopia eletrônica

A descoberta do Microscópio Eletrônico assenta na investigação do físico alemão Bush (1926) sobre a trajetória dos elétrons em campos magnéticos. Desde essa data, com a evolução tecnológica, a microscopia eletrônica foi aumentando a sua capacidade de resolução e a versatilidade, figura 1.12. Hoje a microscopia eletrônica tem uma grande aplicabilidade, em áreas tão diversas como a biologia, a geologia, a química, ou a ciência dos materiais. [19]

Existem dois tipos fundamentais de microscópios eletrônicos, o microscópio eletrônico de varrimento e o microscópio eletrônico de transmissão. A característica que distingue estes microscópios do microscópio ótico é a utilização de um feixe de elétrons para analisar a amostra. Os sinais registados pelo detetor são posteriormente apresentados no monitor numa forma mais fácil de interpretar. [19]

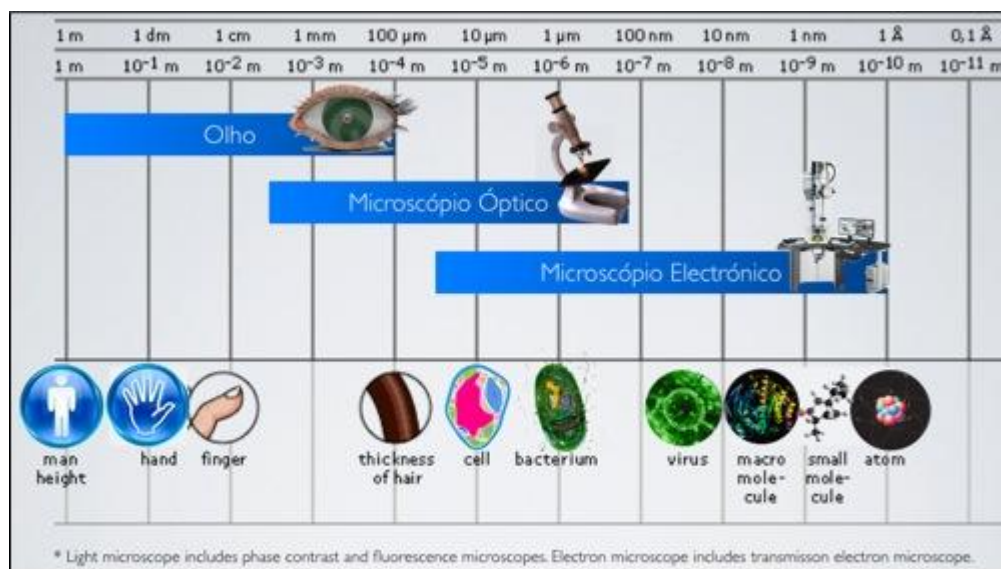


Figura 1.12 – A radiação eletromagnética e a microscopia. [19]

1.2.5.2 Cromatografia

A cromatografia é aplicada em todos os ramos da ciência e é, sem dúvida, o método analítico de separação mais usado atualmente. A aplicação da cromatografia cresceu explosivamente nas últimas décadas, não só devido ao desenvolvimento de diversas técnicas cromatográficas mas também à crescente necessidade dos cientistas de melhores métodos para a caracterização de misturas. [20]

A cromatografia engloba um importante e diverso grupo de métodos que permitem a separação de componentes intimamente ligados em misturas complexas e, que de outra forma seriam impossíveis de separar.

Em todas as separações cromatográficas, figura 1.13, a amostra interage com a fase móvel, que pode ser um gás, um líquido ou um fluido supercrítico. Após o que são criadas condições de modo a estabelecer um fluxo da fase móvel através de uma fase estacionária, imiscível, colocada numa coluna ou apoiada numa superfície sólida. As duas fases são escolhidas por forma aos componentes da amostra se distribuírem entre a fase móvel e a estacionária em diferentes graus. Os componentes da amostra que são fortemente retidos pela fase estacionária movem-se lentamente com o fluxo da fase móvel. Em contraste, os componentes da amostra que são pouco retidos pela fase estacionária, deslocam-se rapidamente. [20, 22, 23]

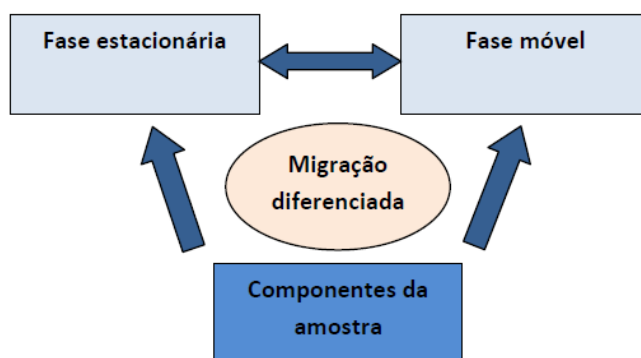


Figura 1.13 - Cromatografia. [21]

Como consequência destas diferenças de mobilidade, os componentes da amostra separam-se em bandas que podem ser analisadas qualitativa ou quantitativamente. O grande número de combinações possíveis entre fases móveis e estacionárias torna a cromatografia uma técnica extremamente versátil.

Os diferentes tipos de cromatografia podem ser classificados de várias formas; ou pela forma física do sistema cromatográfico ou pela fase móvel e estacionárias utilizadas ou ainda pelo modo como se dá a separação cromatográfica, conforme tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Classificação dos diversos tipos de cromatografia. Adaptado de [21]

Classificação geral	Método específico	Fase estacionária	Tipo de equilíbrio
Cromatografia Líquida (LC)	Líquido- líquido	Líquido adsorvido num sólido	Partição entre líquidos imiscíveis
(Fase móvel: líquida)	Líquido- fase ligada	Espécies orgânicas ligadas numa superfície sólida	Partição entre líquido e superfície de ligação
	Líquido-sólido	Sólida	Adsorção
	Troca iónica	Resina de traça iónica	Troca iónica
Cromatografia Gasosa (GC)	Gás-líquido	Líquido adsorvido num sólido	Partição entre gás e líquido
(Fase móvel: gás)	Gás-fase ligada	Espécies orgânicas ligadas numa superfície sólida	Partição entre líquido e superfície de ligação
	Gás-sólido	Sólido	Adsorção
Cromatografia de fluido supercrítico (SFC)			Partição entre fluido supercrítico e superfície de ligação
(Fase móvel: fluido supercrítico)		Espécies orgânicas ligadas numa superfície sólida.	

1.2.5.2.1 Cromatografia em camada fina (TLC) LS

A cromatografia em camada fina (TLC) LS é um dos métodos de cromatografia planar na qual é usada uma camada relativamente fina de um material, fase sólida, que é por si própria o suporte ou se encontra aplicada num suporte de vidro, plástico ou metal. A fase sólida pode ser de sílica gel, SiO_2 , alumina, Al_2O_3 , ou um tipo específico de celulose e a fase móvel um solvente apropriado. A fase móvel move-se através da fase estacionária por ação capilar, algumas vezes por ação conjunta da gravidade ou de um potencial elétrico. [20, 22]

Este tipo de cromatografia envolve três fases, conforme figura 1.14, e para se obter resultados fidedignos deve-se ter alguns cuidados, nomeadamente

- o desenvolvimento ser efetuado numa tina cromatográfica saturada de solvente;
- quando da introdução da placa, o solvente não deve atingir os pontos de aplicação.

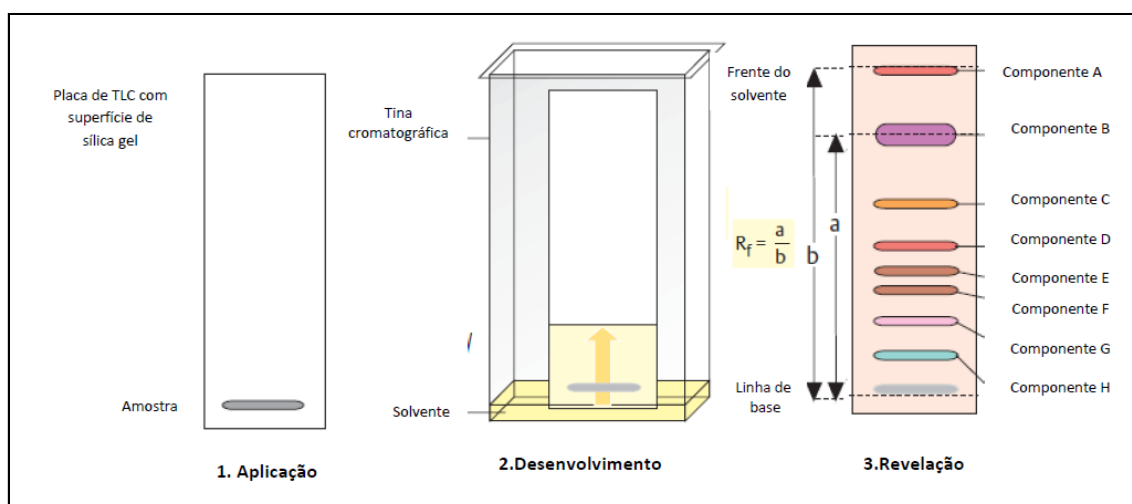


Figura 1.14 - Fases da cromatografia em camada fina TLC Adaptado de [26]

O parâmetro mais importante neste tipo de cromatografia é o fator de retenção R_f , que é uma grandeza que exprime a razão entre a distância percorrida pelo componente da amostra e a distância percorrida pela fase móvel. Pode-se dizer que R_f é um valor constante para cada substância se forem utilizadas as mesmas condições operacionais, o que é difícil já que depende de vários fatores, pelo que se considera que é um valor indicativo mas não conclusivo.

1.2.5.2.2 Cromatografia de papel LL

A cromatografia em papel é um tipo de cromatografia onde a fase estacionária é um líquido. Os componentes da mistura são separados entre a fase líquida e a fase móvel. É uma técnica de partição, entre dois líquidos imiscíveis, estando um deles fixo a um suporte sólido, geralmente papel, figura 1.15. Esta técnica baseia-se nas diferentes solubilidades relativas dos componentes na fase móvel e na estacionária. O método de utilização é análogo ao descrito para a cromatografia em camada fina. [27]

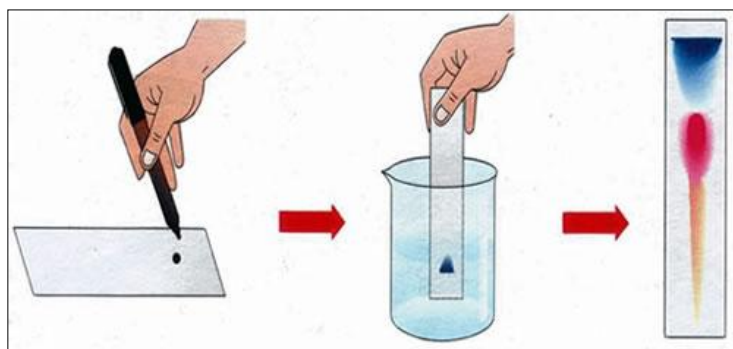


Figura 1.15 - Cromatografia em papel. [28]

A cromatografia de papel pode ser de três tipos, no que concerne ao tipo de câmara de desenvolvimento cromatográfico, ascendente, descendente e radial. A cromatografia em papel também pode ser unidimensional, em que o solvente se desloca num só sentido, e bidimensional, em que se realiza uma segunda cromatografia com outro solvente numa direção perpendicular à primeira, para se obter uma melhor separação. [29]

1.2.5.2.3 Cromatografia gás-líquido (GLC) GL

A Cromatografia gás-líquido (CGL) é uma das técnicas de cromatografia gasosa. A Cromatografia Gasosa (CG) visa a separação e análise de misturas de substâncias voláteis, figura 1.16. Na cromatografia gasosa, a amostra é vaporizada e introduzida em um fluxo de um gás adequado denominado de fase móvel (FM) ou gás de arraste. Este fluxo de gás com a amostra vaporizada passa por um tubo contendo a fase estacionária FE (coluna cromatográfica), onde ocorre a separação da mistura. A FE pode ser um sólido adsorvente (Cromatografia Gás-Sólido) ou, mais frequentemente, um filme de um líquido pouco volátil, suportado sobre um sólido inerte, ou um líquido não volátil (Cromatografia Gás-Líquido).

Na cromatografia gás – líquido (CGL) o processo de separação baseia-se na capacidade de distribuição entre a fase líquida e a fase de vapor das diferentes substâncias. Esta separação depende da volatilidade relativa de cada componente da mistura, sendo que esta depende, por sua vez, da pressão de vapor do componente que é função das forças de interação entre o soluto e a fase estacionária. Quando existe uma boa interação solvente – soluto, a pressão de vapor é menor, o que origina um maior tempo de retenção do soluto na coluna. Pode dizer-se que:

- quanto maior a solubilidade de um constituinte na FE, mais lentamente ele progride pela coluna.
- quanto mais volátil a substância (ou, em outros termos, quanto maior a pressão de vapor), maior a sua tendência de permanecer vaporizada e mais rapidamente se move pelo sistema.

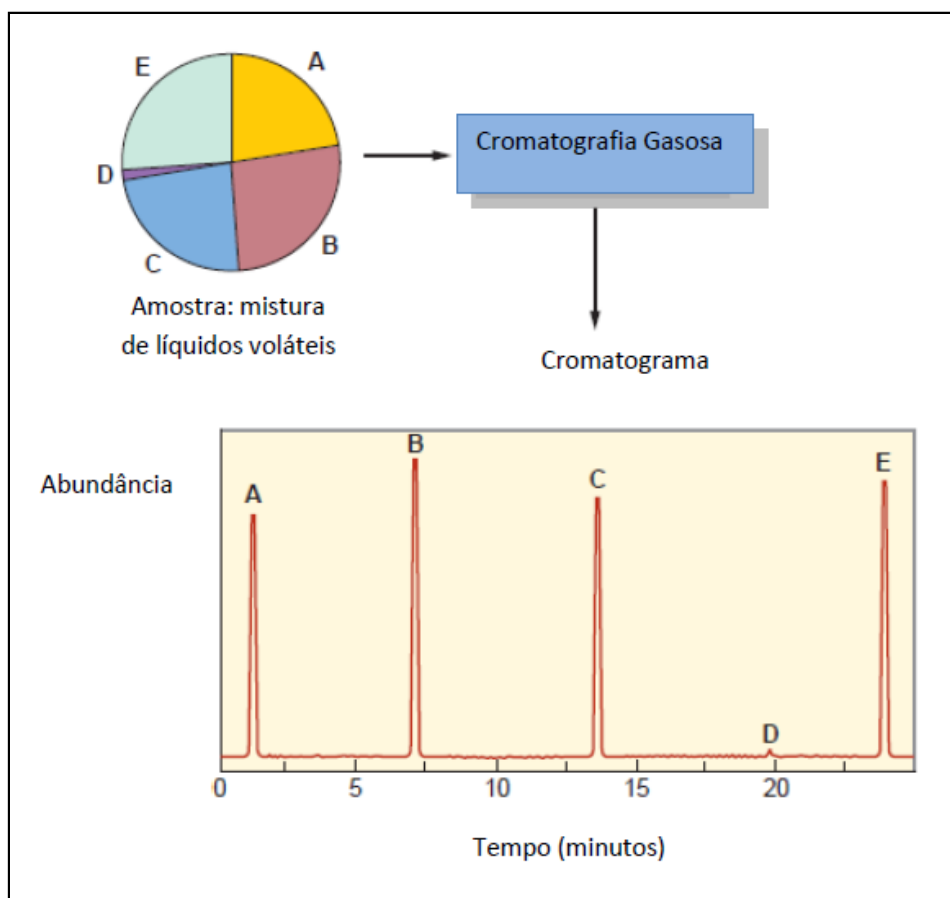


Figura 1.16 - Cromatografia gasosa: Cada pico representa um componente diferente da mistura. A altura relativa fornece indicações acerca da abundância relativa de cada componente. Adaptado de [11]

1.2.5.2.4 Cromatografia gás-sólido (GSC) GS

Na cromatografia gás-sólido, a fase estacionária é um sólido com uma grande área superficial e a separação baseia-se em mecanismos de adsorção das substâncias neste sólido. A cromatografia gás-sólido é usada principalmente na análise de gases permanentes e compostos apolares de baixa massa molecular.

1.2.5.2.5 Cromatografia de adsorção (coluna) LS

A cromatografia de adsorção em coluna é uma técnica muito usada para separação de produtos naturais e purificação de produtos de reações químicas. [27]

Neste tipo de cromatografia a fase estacionária é um sólido poroso capaz de adsorver solventes e solutos. Os materiais mais usados como fase estacionária são a sílica gel, SiO_2 , e a alumina, Al_2O_3 .

Neste processo cromatográfico a fase móvel desloca-se ao longo da fase estacionária contida na coluna. Quando se coloca no topo da coluna a mistura com os componentes a separar, por adição do eluente estes são arrastados ao longo da coluna com velocidades diferentes conforme a afinidade relativa, figura 1.17.

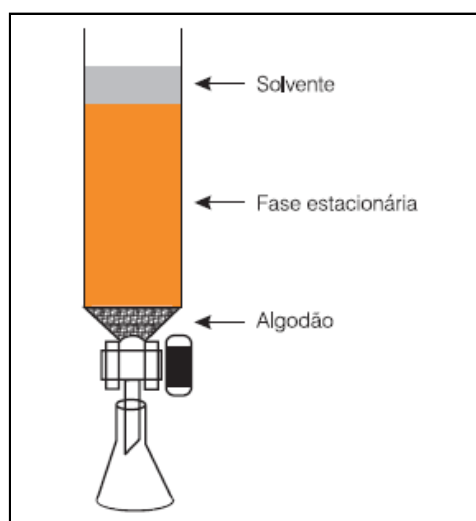


Figura 1.17 – Coluna cromatográfica. [27]

1.2.5.2.6 Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)

A cromatografia líquida de alta eficiência é uma das técnicas mais importantes do universo da cromatografia. É um tipo de cromatografia líquida em coluna, em que a fase estacionária é composta por partículas de alta eficiência empacotadas numa coluna e a fase móvel é eluída a altas pressões. A fase móvel deve ter um elevado grau de pureza e estar livre de qualquer traço de gás dissolvido, pelo que tem de ser degaseificada previamente.

Este tipo de cromatografia tem a capacidade de proceder a separações e análises quantitativas de um grande número de compostos presentes numa amostra, num intervalo de tempo muito curto, da ordem dos minutos, de forma eficiente, com alta resolução e sensibilidade. [27]

1.2.5.2.7 Cromatografia permuta iónica LS

A cromatografia de permuta iónica baseia-se nas diferenças de comportamento ácido-base das moléculas a separar. Nesta técnica, enche-se a coluna com uma resina de permuta iónica altamente carregada e faz-se deslocar através dela a solução com a mistura a separar. Se a resina for aniónica serão retidas as moléculas de carga positiva, enquanto as de carga negativas são eluídas. Dar-se-á o contrário no caso de a resina ser catiónica. A afinidade entre os iões e a fase estacionária pode ser controlada através do pH e a força iónica. [31]

1.2.5.3 Espetroscopia

A radiação eletromagnética é uma forma de energia que se transmite através de ondas, a uma velocidade de propagação de $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ e que pode facilmente ser detetada como luz, ou com mais dificuldade, como os raios X, ultravioleta ou microondas, figura 1.18.

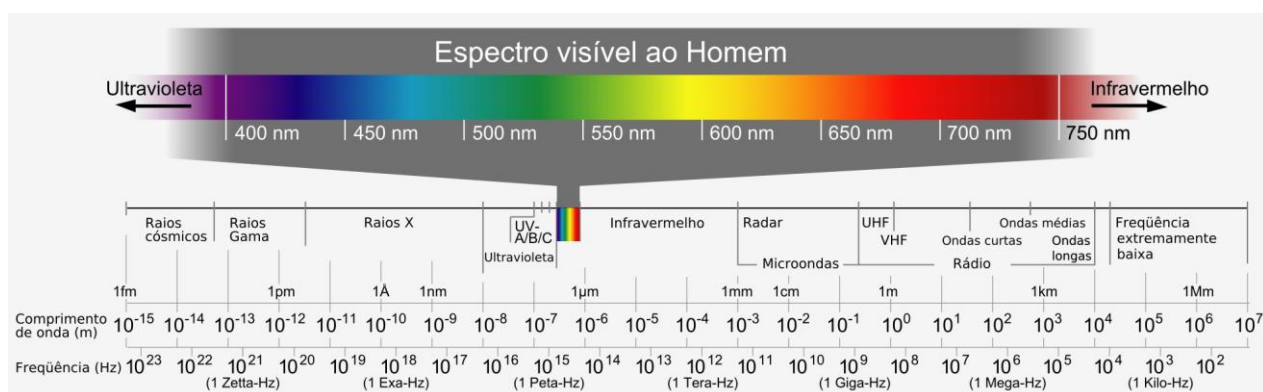


Figura 1.18 – Espectro eletromagnético. [32]

A espectroscopia como todos os métodos óticos, estuda a interação da matéria com a radiação eletromagnética, em toda a gama do espectro eletromagnético e baseia-se na determinação da quantidade da energia incidente que é absorvida. A espectroscopia é uma ferramenta muito poderosa para a deteção e análise das moléculas por vários motivos [23, 33]. A espectroscopia

- é sensível e exige normalmente quantidades mínimas de uma substância para ser capaz de identificá-la.
- É um método não destrutivo de análise de substâncias.

A base da análise espectroscópica é a medição da fração da radiação incidente que é absorvida e dado o facto de esta poder ser feita numa gama muito larga do espectro eletromagnético temos tipos de interações radiação – matéria diferentes, conforme a frequência da radiação envolvida-Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Interação radiação-matéria. Adaptado de [33]

Tipo de radiação	Frequência (hz)	Comprimento de onda	Interação com a matéria
Raios gama	$10^{20} - 10^{24}$	$<10^{-12}$ m	Transições nucleares
Raios X	$10^{17} - 10^{20}$	1nm – 1 pm	Transições eletrónicas da camada interna
Ultravioleta	$10^{15} - 10^{17}$	400 nm – 1 nm	Transições eletrónicas da camada externa
Visível	$4,0 - 7,0 \cdot 10^{14}$	750nm – 400 nm	Transições eletrónicas da camada externa
Infravermelho próximo	$10^{12} - 4 \cdot 10^{14}$	2,5 μ m – 750 nm	Vibrações moleculares
Infravermelho fundamental	$10^{11} - 10^{12}$	25 μ m – 2,5 μ m	Vibrações moleculares
Infravermelho longínquo			Rotações moleculares
Microondas	$10^8 - 10^{12}$	1mm – 25 μ m	Rotações moleculares
Ondas de rádio	$1 - 10^8$	1 mm	Spin nuclear

1.2.5.3.1 Espectroscopia de absorção atômica

Quando uma substância absorve radiação, em qualquer zona do espectro, essa substância passa do seu nível inicial de energia para outro mais elevado, de acordo com a equação 1.1.

$$E_f - E_i = h\nu \quad \text{com } E_f > E_i \quad \text{Equação 1.1}$$

O mesmo se passa com a emissão, mas com $E_f < E_i$, o que ocorre quando se submete os átomos a uma fonte de energia, provocando-lhes uma transição eletrônica para níveis energéticos superiores e ao retornarem ao estado fundamental ou a um estado de menor energia emitem energia radiante ou térmica, figura 1.19. [34]

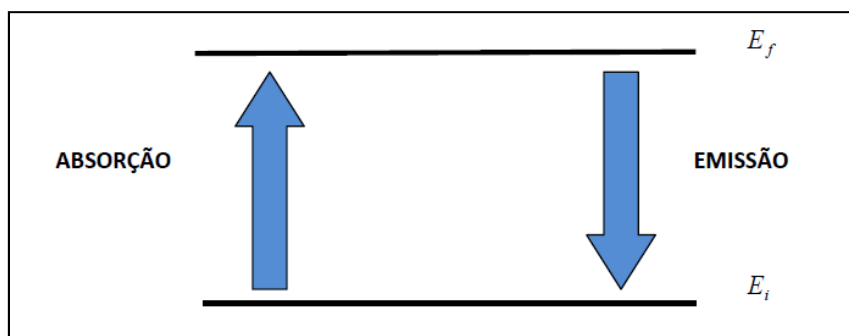


Figura 1.19 - Esquema das transições de absorção e emissão de energia por um átomo. Adaptado de [34]

Desta forma os átomos no estado fundamental podem absorver energia o que vai ocasionar transições eletrônicas entre estados eletrônicos de energia bem definida, o que constitui um espectro de absorção; quando regressam a estados de energia mais baixos libertam a energia excedente emitindo radiações discretas de várias frequências, de comprimentos de onda característicos e cujo conjunto constitui um espectro atômico de emissão.

A energia térmica fornecida pela chama de um bico de Bunsen é suficiente para excitar os elétrons de átomos de certos elementos que, ao regressarem ao estado fundamental, ou a um outro de energia inferior, emitem luz de cor que pode ser observada a olho nu. Este procedimento é denominado teste da chama e é uma forma bastante simples para identificação de alguns elementos, nomeadamente os metais alcalinos, conforme se indica na tabela 1.3. [35]

Tabela 1.3 – Cores da chama de alguns metais. Adaptado de [35]

Elemento	Cor da chama
Lítio	Vermelha carmim
Sódio	Amarela intensa
Potássio	Violeta
Cálcio	Amarela avermelhada
Bário	Amarela esverdeada
Cobre	Verde azulada
Estrôncio	Púrpura

A espectroscopia de absorção atômica trata do estudo da energia radiante nas zonas do visível e do ultravioleta por átomos neutros no estado gasoso. Os princípios básicos a ter em consideração na aplicação desta técnica são essencialmente os mesmos que os da absorção molecular da radiação na zona do visível e ultravioleta por uma amostra em solução. [33]

Em espectroscopia atômica o feixe de radiação passa através de uma chama que contem a amostra atomizada, os átomos absorventes. Este meio representa a célula absorvente, de percurso ótico bem conhecido, em espectrofotometria do visível e ultravioleta.

Assim, e tal como em espectrofotometria do visível e ultravioleta, esta técnica rege-se pela lei de Lambert-Beer, equação 1.2. [33]

$$I = I_0 e^{-abc} \quad \text{Equação 1.2}$$

onde:

- a – absorvidade, tem um valor característico para cada elemento e para o conjunto de parâmetros instrumentais, entre os quais o comprimento de onda;
- b – percurso ótico;
- c – concentração do elemento no meio absorvente que é proporcional ao número de átomos presentes na amostra, desde que se mantenham a frequência, a pressão, temperatura e espessura do meio absorvente.

A lei de Lambert-Beer só é válida para radiação monocromática e os espectros atômicos são espectros de riscas, não sendo rigorosamente estas monocromáticas, pelo que na prática é necessário garantir que a largura da banda selecionada seja estreita em relação à largura do pico de absorção, para que as absorvidades se mantenham constantes na gama de frequências em estudo. [33]

1.2.5.3.2 Espectroscopia de infravermelho

A radiação infravermelha (IR) corresponde sensivelmente à região do espectro eletromagnético situada entre as regiões do visível e microondas. Quando esta radiação, de frequência inferior a 100 cm^{-1} , é absorvida por uma molécula orgânica, transforma-se em energia de rotação molecular. Este processo é quantizado pelo que o espectro de rotação das moléculas é formado por uma série de linhas. A radiação na região do infravermelho, $10\ 000$ e 100 cm^{-1} , origina, quando absorvida, energia de vibração molecular, figura 1.20. Ainda que este processo também seja quantizado o seu espectro aparece como uma série de bandas em vez de linhas, já que a cada mudança de nível de energia vibracional corresponde uma série de mudanças de níveis de energia rotacional e é esta a faixa de maior utilidade para a análise de grupos funcionais de moléculas orgânicas, especificamente a região situada entre 4000 e 400 cm^{-1} . [36, 37, 39]

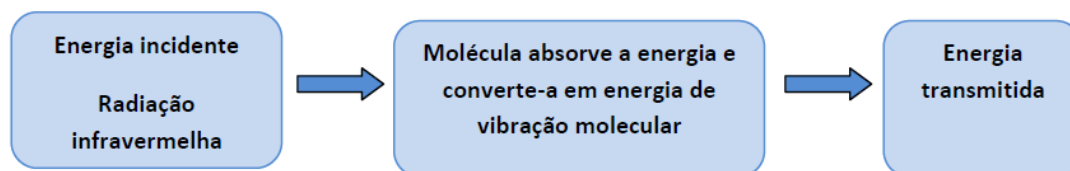


Figura 1.20 – Espectroscopia de infravermelho. Adaptado de [40]

A espectroscopia no infravermelho dá informação acerca da presença de diversos grupos funcionais que possam existir numa dada molécula devido à interação desta com a radiação eletromagnética num processo de vibração molecular. As ligações covalentes que constituem as moléculas orgânicas estão em constantes movimentos axiais e angulares. A radiação no infravermelho faz com que átomos e grupos de átomos de compostos orgânicos vibrem com amplitude aumentada ao redor das ligações covalentes que os ligam. O espectro reflete o movimento vibracional e costuma aparecer em forma de bandas. [38]

Capítulo 2 – Descrição dos procedimentos laboratoriais

2.1 Introdução

Neste capítulo far-se-á a descrição dos procedimentos experimentais a efetuar na análise dos vestígios recolhidos na cena do crime. Com a realização destas análises visa-se obter evidências que contribuam para a resolução da cena do crime e assim ser encontrado o homicida ou homicidas.

Os procedimentos foram selecionados, obviamente, a partir da cena de crime imaginada e tendo em atenção o objetivo principal do trabalho, ou seja, o desenvolvimento destas análises em contexto escolar, com as limitações inerentes ao material/equipamento existente em laboratórios deste tipo.

2.2 Detecção de manchas de sangue

O sangue é o fluido biológico mais encontrado em cenas de crime, e tudo na sua análise se reveste de extrema importância. As manchas podem ser formadas por projeção, por escorrimento, por contacto, impregnação ou por limpeza do objeto manchado e deve-se, desde logo, estabelecer o ângulo de queda, figura 2.1., a força de projeção e a quantidade de sangue. [41]

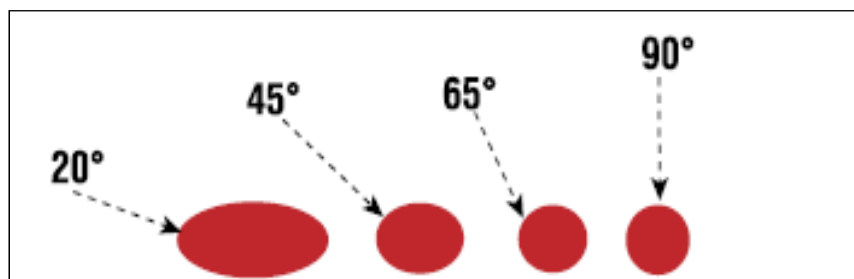


Figura 2.1 – Dependência da forma das manchas de sangue com o ângulo de queda. [41]

O sangue pode ser recolhido com tiras de papel absorvente ou com zaragatoa estéril, que pode ser substituída por um simples cotonete de algodão, se estiver no estado líquido, e guardado em contentores ou em envelopes de papel. Se por outro lado estiver seco, deve ser primeiro solubilizado com soro fisiológico após o que segue o procedimento anterior.

Há um conjunto de testes que embora sejam extremamente sensíveis – o sangue pode ser detetado em diluições de 1:100 000 - estão sujeitos a muitas interferências e não são totalmente específicos para sangue daí que sejam denominados *testes presuntivos ou de orientação*. Estes baseiam-se em reações de oxidação a partir das quais se pode inferir a presença de sangue através da cor, luminescência ou efervescência com o peróxido de hidrogénio. [42]

Os testes confirmatórios são testes que confirmam a presença de sangue pela formação de cristais obtidos por reações da hemoglobina – testes cristalográficos, ou pela análise do espectro obtido – testes espectrofotométricos. [42]

2.2.1 Vestígio – mancha de “sangue”

Os vestígios, por exemplo das manchas encontradas na mala do jipe e no local da discussão são entregues ao aluno dentro de um envelope de papel devidamente catalogado, um para cada vestígio, conforme se apresenta na figura 2.2.

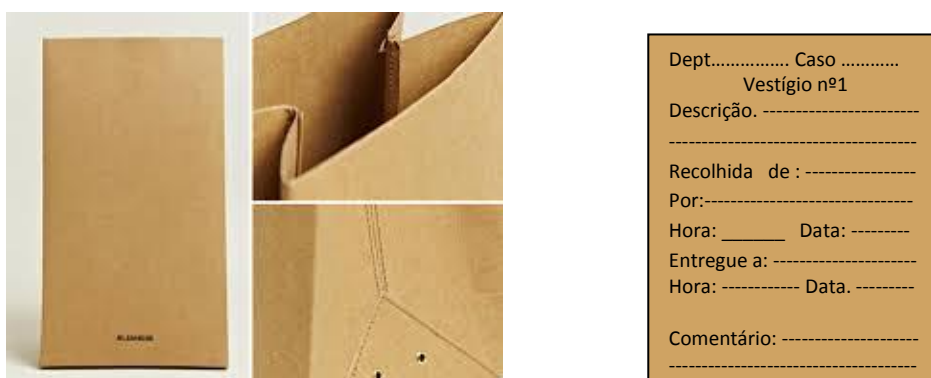


Figura 2.2.– Envelope com a evidência nº1. Adaptado de [43]

Este tipo de vestígio, entregue na forma descrita, consiste num cotonete que foi humedecido na mancha a analisar, estando esta na altura da recolha suficientemente líquida para o fazer. O cotonete pode ser deixado ficar a secar antes de o embalar, ou pode ser protegido com uma capa protetora em polietileno, figura 2.3.



Figura 2.3. – Capas de proteção para cotonetes em polietileno. [43]

2.2.2 Teste de Kastle-Meyer - Teste presuntivo ou de orientação

O reagente de *Kastle-Meyer* é preparado pela dissolução de 20 g de hidróxido de sódio em 90 mL de água destilada. À solução resultante adiciona-se 1 g de fenolftaleína dissolvida em 10 mL de etanol. Finalmente, a esta solução junta-se 20 g de zinco metálico aquecendo-a até ao desaparecimento da coloração rósea. [44]

Na altura da identificação da mancha, deve-se deixar cair sobre o cotonete uma gota do reagente de Kastle-Meyer, seguido de uma gota de peróxido de hidrogénio a 5%. Se aparecer, quase instantaneamente, uma cor vermelha no cotonete, isso poderá indicar a presença de sangue, figura 2.4. [44]



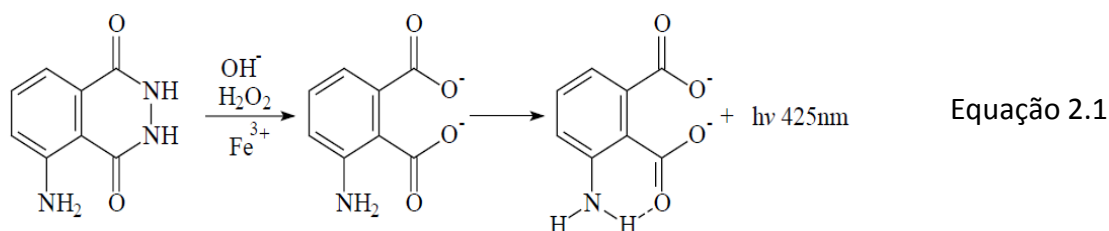
Figura 2.4. – Recolha do vestígio e aplicação do reagente de Kastle-Meyer.

2.2.3 Teste do luminol- Teste presuntivo ou de orientação

Quando as manchas de sangue não são visíveis é usual aplicar uma pequena quantidade de luminol. A reação com 5-amino-2,3-di-hidro-1,4-ftalazinadiona, vulgarmente chamado luminol, também é um teste baseado numa reação de oxidação, embora, neste caso se forme um produto luminescente e não um produto colorido. [45]

A quimioluminescência é a emissão de radiação de frequência característica, não acompanhada de dispersão de energia sob a forma de calor, em consequência de uma reação química. Durante a reação são formados intermediários em estados excitados que ao voltarem para o estado eletrónico fundamental emitem energia na forma de radiação, completando-se assim o processo.

A presença de hemoglobina, ou seja sangue, pode ser revelada pela capacidade de os grupos “heme” catalizarem a propriedade de quimioluminescência do luminol. Dito de outra forma, uma mistura de luminol + agente oxidante + agente alcalino, quando colocada em contacto com sangue emite luz. De forma simplificada, o ião Fe^{3+} presente na hemoglobina catalisa a reação entre o Luminol e o H_2O_2 , da qual resulta o ião 3-aminofталato ($\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}_4^{2-}$) num estado eletrónico excitado. Na transição para estado fundamental, o ião 3-aminofталato emite radiação de comprimento de onda 425 nm, conforme reação (2.1). [42, 46]



Para a utilização deste reagente é necessária a preparação de duas soluções. A primeira solução é preparada por adição de 5 mL de peróxido de hidrogénio a 3% a 95 mL de água desionizada. Esta solução deve ser guardada no frigorífico em frasco de polietileno. A segunda solução é preparada por dissolução sequencial em água desionizada de 0,4 g de carbonato de sódio, 0,02 g de luminol, 2,4 g de bicarbonato de sódio e 0,05 g de carbonato de amónio monohidratado, de forma à obtenção de um volume final de solução de 100 mL. Também esta solução deve ser armazenada no frigorífico. A superfície a analisar deve ser borrifada em simultâneo com as duas soluções. O aparecimento de uma coloração azul poderá indicar a presença de sangue. [47]

2.3 Impressões digitais

O estudo forense das impressões digitais é de extrema importância, pois através da verificação de quaisquer impressões digitais deixadas no local de um crime e sua análise, pode-se, por exemplo, identificar o possível autor de um crime ou relacionar uma arma a um evento criminoso. [48]

A papiloscopia é a ciência que estuda a morfologia papilar com o objetivo de identificação humana. A papiloscopia compõe-se de quatro ramos designadamente, a 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. [48]

A maior parte das impressões deixadas na cena do crime é macroscopicamente invisível, sendo dado ao tratamento para torná-las visíveis o nome de revelação de latentes. As técnicas utilizadas na revelação de impressões digitais latentes estão relacionadas com a composição química da impressão, e esta está relacionada com as substâncias presentes no suor humano, como se indica na tabela 2.1.

O objetivo de revelar uma impressão oculta é visualizar o desenho das cristas papilares, que são as linhas do desenho das impressões digitais. Os detalhes dos desenhos destas linhas é que irão permitir a classificação da impressão e um posterior confronto da impressão oculta com as impressões digitais dos suspeitos, como referido no ponto anterior.

As técnicas a seguir descritas para revelação de impressões digitais devem ser escolhidas mediante o tipo de superfície onde estas se localizem, as condições climáticas do local, principalmente humidade e a experiência do técnico.

Tabela 2.1 – Composição química padrão de uma impressão digital. Adaptado de [48]

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

2.3.1 Vestígio – impressão digital

Os vestígios são entregues ao aluno, à semelhança dos anteriores, também acondicionados num envelope de papel, catalogado da mesma forma, figura 2.5. No caso de aplicação da técnica do pó, o vestígio está no papel onde foi colada a fita-cola contendo a impressão digital, assim como no caso da aplicação da ninidrina e no caso da aplicação da técnica do nitrato de prata será a fotografia.



Figura 2.5. – Apresentação do vestígio nº2

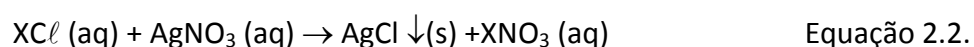
2.3.2 Técnica do pó

Com a aplicação do pó pretende-se que as partículas deste adiram aos componentes do suor, através de interações de carácter elétrico, designadamente forças intermoleculares de de wan der Waals e por pontes de hidrogénio.

A superfície com a impressão digital latente é pulverizada com o pó, por exemplo carvão finamente dividido, retirando-se o excesso com um pincel. A seguir, recolhe-se a impressão digital com fita-cola, colando-se em seguida esta num papel branco obtendo-se a impressão digital revelada. [49]

2.3.3 Nitrato de prata

A superfície contendo a impressão digital é imersa num recipiente contendo solução de nitrato de prata, AgNO_3 , a 5%, durante aproximadamente 30 s. A equação, 2.2., que traduz a reação entre o nitrato de prata e os iões cloretos presentes na impressão digital é a seguinte: [49]



De seguida coloca-se a superfície com a impressão digital a secar numa câmara escura, após o que é exposta à luz solar, ou sob luz ultravioleta, por forma ao ião prata, Ag^+ , ser reduzido a prata metálica. A impressão digital revelada por este método tende a escurecer, pelo que deve ser fotografada de imediato ou tratada com uma solução de tiosulfato de sódio a 10%. [49]

2.3.4 Ninidrina

A ninidrina (2,2-diidroxi-hidrindeno-1,3-diona), figura 2.6., é um composto utilizado para a deteção de aminas primárias, particularmente de aminoácidos.

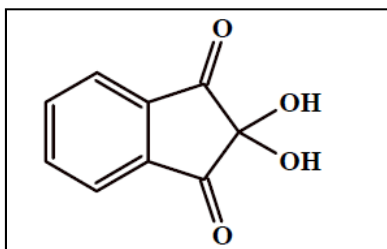


Figura 2.6 - Estrutura química da molécula de ninidrina. [48]

Ao reagir com esses aminoácidos forma um produto de coloração azul escura ou roxa, conhecida como púrpura de Ruheman.

A ninidrina é muito utilizada pelos investigadores forenses para revelação de impressões digitais, já que, graças à sua reação com os amino grupos terminais das moléculas de lisina incorporadas nas proteínas ou peptídeos, é suficientemente sensível para revelar resíduos de suor. A sua utilização é indicada para superfícies porosas, tais como papel, cartolina ou gesso, não encerados nem plastificados, o tempo de revelação médio é de 10 dias, podendo ser acelerado com aplicação de calor e humidade. Se for utilizada em conjunto com outras substâncias químicas, deve ser empregue depois do iodo e antes do nitrato de prata.

A solução de ninidrina é preparada por adição de 0,5 g de ninidrina, 2 mL de etanol e 1 mL de ácido acético glacial a 97 ml de acetona em balão de 100 mL. Na altura de revelação da impressão digital latente a superfície deve ser borrifada com a solução preparada a cerca de 15 cm de altura após o que deve ir para a estufa.

2.3.5 Base de dados

Os alunos após terem revelado as diversas impressões digitais recolhidas na cena do crime têm que as comparar com as dos suspeitos pelo que se torna necessário a criação de uma base de dados. Esta base de dados será constituída pelas impressões digitais de todos os intervenientes na cena do crime e terá uma ficha por indivíduo conforme modelo a seguir apresentado, figura 2.7.

IMPRESSÕES DIGITAIS

Nome: _____

Recolhida em: _____ Técnica: _____

Mão direita

Polegar	Indicador	Médio	Anelar	Mindinho

Mão esquerda

Polegar	Indicador	Médio	Anelar	Mindinho

Análise:

Mão direita						
Mão esquerda	1º	2º	3º	4º	5º	Dedo

Legenda:
 A – Arco; P – Presilha; V- Verticilo; 0 – Ausência de dedo; X – Inexistência de impressão

Conclusões:

.....

.....

.....

Figura 2.7 – Modelo da ficha para recolha de impressões digitais.

2.4 Solo

A ideia de usar o solo como evidência forense foi introduzida pelo escritor Sir Arthur Conan Doyle entre 1887 e 1893. Este escritor era médico de formação e usava o seu conhecimento científico para encorajar o uso das evidências científicas através

das aventuras de Sherlock Holmes. Apenas em 1904 é que uma evidência deste tipo foi usada em tribunal quando um cientista forense – George Popp - foi chamado a examinar uma cena de crime e constatou que um lenço deixado na cena do crime continha partículas de carvão e rapé, entre outras, também encontradas nas unhas do suspeito, assim como na casa deste. Quando confrontado com estas evidências o suspeito confessou o crime. A partir desta altura estas evidências foram cada vez mais utilizadas, tendo o mesmo investigador apresentado como evidência o solo aderido aos sapatos, num outro caso, anos mais tarde. [50]

O solo e os materiais com ele relacionados têm valor evidencial. Este valor reside na grande variedade de materiais e no elevado número de determinações e observações que podem ser feitas numa simples amostra. Os solos contêm material mineral, resíduos de material vegetal, vivo ou morto e material microbiano. Também podem conter na sua composição elementos raros ou únicos como fósseis ou artefactos, incluindo fragmentos de ossos. Os solos podem conter elementos antropogénicos pelo que o exame forense também pode incluir a deteção de iões provenientes de fertilizantes, como sulfato, nitrato e fosfato, e do ambiente envolvente como asfalto, resíduos de tinta ou vidro. Na maioria das situações o solo não contém nenhum elemento raro pelo que o seu valor como evidência deve-se à sua caracterização e posterior comparação. [50]

2.4.1 Vestígio solo

As diversas amostras de solo recolhidas dos sapatos da vítima e de uma outra suspeita, do tapete do jipe de um dos suspeitos, do local onde foi encontrada a vítima foram colocadas em tubos de “ependorf” e acondicionadas em sacos plástico com fecho, nos quais são coladas as respetivas identificações, figura 2.8. São estes sacos que serão entregues para análise.



Figura 2.8 – Sistema de acondicionamento do vestígio nº3 – solo

2.4.2 Caracterização física

Numa análise de solos os cientistas forenses devem primeiro verificar se existem algumas partículas invulgares, ou combinações não usuais de partículas, nas amostras em estudo. Após o que devem comparar as amostras, com outras de referência de localização conhecida. Para que isto seja feito corretamente o solo deve ser descrito e caracterizado sistematicamente por testes padrão. [50]

Na análise a este vestígio, numa primeira fase é feita uma breve caracterização física da amostra, nomeadamente cor e análise por microscopia ótica e por fim será feita uma caracterização de possíveis elementos raros por análise microscópica eletrónica e espectroscópica – teste da chama. Com base nos resultados obtidos nesta fase será feita a comparação com amostras de outros solos de localização conhecida. [7, 50]

As amostras a analisar, as de proveniência desconhecida e as de controlo, após terem sido deixadas secar à temperatura ambiente, são observadas e comparadas em simultâneo, sob luz visível e luz ultravioleta, sendo registada a aparência, textura e cor.

2.4.3 Análise microscópica

Na análise das amostras por microscopia ótica, são observados e registados a cor, o material vegetal e animal existente na amostra, matéria queimada, vidros, material de construção, fragmentos metálicos, pintura, minerais, plásticos e outros desperdícios. [50]

2.4.4 Análise elementar por via seca

O teste de chama é um procedimento utilizado em química inorgânica para identificar o catião existente num sal.

O espectro de emissão de alguns átomos em fase gasosa pode ser observado quando os seus eletrões são excitados por uma fonte de energia, como por exemplo a chama de um bico de Bunsen. Ao retornarem ao estado fundamental ou a um estado de menor energia, estes eletrões emitem radiação de frequências características que podem ser detetadas através da observação visual da chama. [51]

Com este teste, de uma forma muito simples, consegue-se identificar alguns metais em particular os metais alcalinos, figura 2.9.



Figura 2.9 – Cores da chama de alguns metais. [35]

Para analisar a amostra de solo, deve-se começar por limpar o fio metálico ou a ança, passando-o numa solução de ácido clorídrico concentrado e levando-o à zona menos luminosa da chama do bico de Bunsen, até à não observação de chama colorida. Com a ança limpa, toca-se com esta na amostra a analisar e leva-se à zona menos visível da chama do bico de Bunsen. Regista-se a cor da chama. A seguir observa-se a chama através de um espectroscópio de bolso, registando-se as riscas observadas. Cada espectro é comparado com os espectros de referência de forma a se obter uma identificação. [35].

Os metais detetados e identificados pela chama podem ser posteriormente quantizados por espectroscopia atómica, ainda que para se efetuar tal determinação se tenha que recorrer a um laboratório exterior à escola.

2.5 Tinta

Os documentos como bilhetes de resgate, bilhetes de chantagem, diários e outros podem constituir também provas de crime. Os documentos podem ser divididos em 3 categorias: escritos à mão, à máquina e impressos. Neste caso não se analisará o bilhete mas a tinta com a qual foi escrito o bilhete.

2.5.1 Vestígio tinta

O cartão da florista com a palavra “Desculpa...” é entregue ao aluno dentro de um saco plástico com fecho, no qual é colada a sua identificação, figura 2.10.



Figura 2.10 – Forma de acondicionamento do vestígio tinta

2.5.2 Cromatografia em papel

A técnica que se irá utilizar nesta análise é a cromatografia em papel, mas primeiro ter-se-á de proceder à remoção da palavra escrita do cartão, com a ajuda de um furador ou de um x-ato. De seguida, estes pedaços do cartão são colocados num gobelé com um solvente, etanol, butanol, para se dar a solubilização da tinta.

A amostra a analisar, solução obtida por solubilização da tinta do cartão é colocada com auxílio de um capilar, como um pequeno ponto a cerca de 1 cm (2 cm) da extremidade inferior do papel cromatográfico. Colocam-se de seguida os pontos de tinta das esferográficas separados entre si de 2 cm. Coloca-se o papel dentro da cuba com o solvente, não devendo tocar nas paredes da cuba e não demorando muito a fazê-lo de forma a não haver perda de saturação. Após o eluente chegar próximo da extremidade superior, retira-se, deixa-se secar e analisa-se. [25]

2.6 Fibras Têxteis

As fibras têxteis caracterizam-se pela sua flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à secção transversal. As fibras têxteis podem ter várias origens e é este geralmente o critério usado para a sua classificação. Assim podem ser naturais, sintéticas ou artificiais, com diferentes composições químicas. [52]

A análise de fibras têxteis faz uso de várias técnicas tanto qualitativas como quantitativas. As mais usadas são a análise microscópica e testes físicos e químicos. Estas técnicas podem ser usadas dado o facto de cada fibra ter características muito específicas, permitindo a identificação de uma pessoa ou material, assim como podem informar sobre o transporte de objetos e pessoas durante o ato delituoso.

As propriedades óticas das fibras são numa grande parte das vezes suficientes para a classificação das fibras. [14] Um técnico experiente consegue facilmente distinguir fibras naturais como o algodão, a lã ou seda de fibras sintéticas, através da microscopia. Já as fibras sintéticas requerem outros métodos de análise que poderão ser destrutivos ou minimamente destrutivos, figura 2.11.

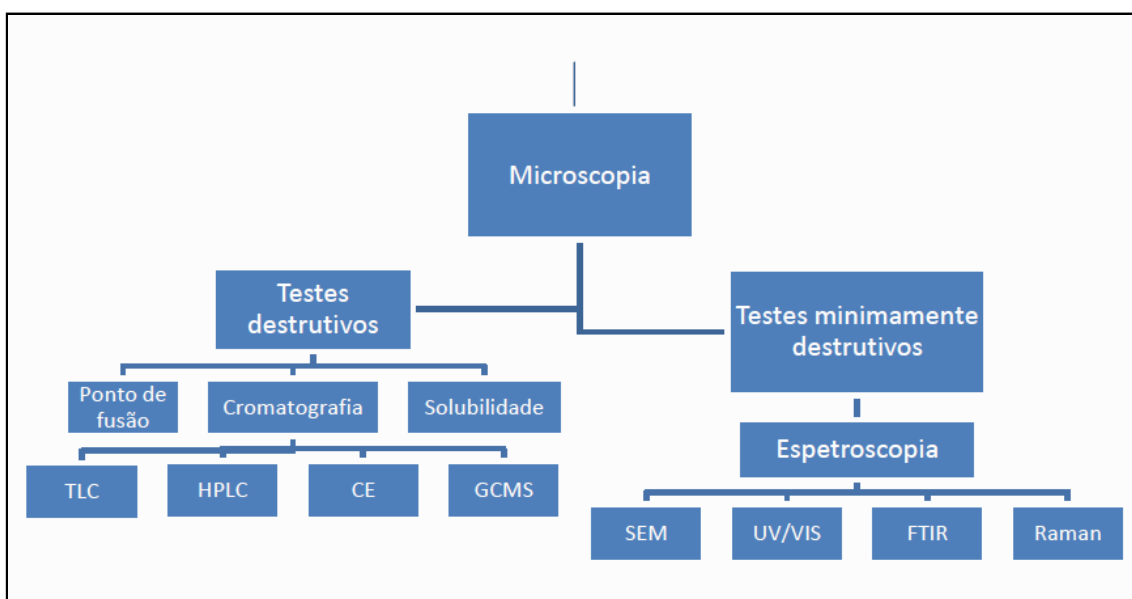


Figura 2.11 – Métodos analíticos para análise de fibras. Adaptado de [14]

2.6.1 Vestígio fibras

Os diversos vestígios de fibras, designadamente as fibras encontradas na roupa da vítima, as fibras encontradas na mala do jipe, as fibras do casaco da vítima são acondicionadas em tubos “eppendorf” e colocadas em sacos de plástico com fecho e devidamente catalogadas, para posterior identificação, figura 2.12.



Figura 2.12 – Sistema de acondicionamento dos vestígios de fibras

2.6.2 Teste de queima

No teste de queima um grupo de fibras ou fio é segurado por uma pinça e aproxima-se de uma chama. Observa-se o que ocorre quando se aproxima a pinça da chama, quando se mantém na chama e quando se retira da chama. Examina-se também o resíduo e regista-se o cheiro. [53]

2.6.3 Análise microscópica

Na identificação de fibras por microscopia, algumas fibras são colocadas numa lâmina de microscópio e observa-se a sua superfície longitudinal. Também pode ser observada uma secção transversal. Há um conjunto de fibras que podem ser identificadas desta forma, já que apresentam superfícies características únicas, nomeadamente as fibras celulósicas e as proteicas. Por comparação com fotografias de fibras conhecidas procede-se à identificação. [52]

2.6.4 Densidade

A densidade das fibras é determinada pelo uso do picnómetro. Adiciona-se ao picnómetro uma dada massa de fibras, aproximadamente 1g, que foi considerada como estando isenta de água. Depois o picnómetro foi preenchido com água, cuja densidade é conhecida. A densidade foi calculada por aplicação da fórmula

$$d_{relativa} = \frac{m}{M - M'} \quad \text{Equação 2.2.}$$

Em que:

m – massa das fibras

M - medição da massa do conjunto picnómetro cheio de água destilada mais sólido colocado ao lado.

M' - medição da massa do conjunto picnómetro cheio de água com as fibras nele introduzidas.

2.6.5 Análise por espectroscopia de infravermelho - FTIR

Os espectros de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foram obtidos num espectrofotómetro FTIR Bomem MB104 numa gama de número de onda na região dos 4000-500 cm^{-1} e com uma resolução de 4 cm^{-1} . As amostras foram preparadas recorrendo ao uso de pastilhas de KBr. A mistura, de 0,001:0,100 g de amostra em KBr, foi triturada num almofariz de ágata obtendo-se uma mistura fina e prensada numa prensa *Manfredi* até cerca de 5 Ton para se obter uma pastilha transparente, que foi posteriormente analisada.

Capítulo 3 – Cenário, vestígios e evidências do crime

3.1. Introdução

O objetivo deste trabalho é a utilização da Ciência Forense como tema desencadeador no ensino da Química. Nesse sentido, este trabalho apresenta uma cena de um crime a partir do qual se desenvolvem atividades experimentais que permitem explorar alguns módulos didáticos da química, com o propósito de desvendar esse mesmo crime.

Por forma à introdução da temática propõe-se a visualização de pequenos vídeos clips da série CSI (ou outras) que abordam alguns conceitos de investigação e ciência forense e que serão aplicados no desenvolvimento da atividade. Após o que serão apresentados os conceitos teóricos que posteriormente e através da criação de vários espaços diretamente relacionados com a prática de um alegado crime, serão, academicamente, aplicados em situações de índole prática – análise de vestígios. Pretende-se que sejam aplicadas diversas técnicas, procedimentos e metodologias que pretendem avaliar e fazer uma correta interpretação de uma série de vestígios que possam contribuir para a reconstituição do crime e sua resolução.

No que diz respeito à atividade experimental será ficcionado um crime, do qual se contará a história, por projeção de um power point. Os alunos assumirão o papel de peritos forenses, investigando vestígios, com base no conhecimento químico até agora adquirido.

3.2. Metodologia

Este projeto foi desenvolvido com alunos de duas turmas do Curso de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária Martins Sarmiento em Guimarães, sendo uma do 12º ano e outra do 10º ano.

Como introdução à atividade os alunos assistem à projeção de um power point onde é contado o crime – a descrição dos acontecimentos, as diligências da polícia judiciária, os relatos das testemunhas, o relatório da autópsia e por fim onde são apresentados os vestígios encontrados.

A partir desta apresentação e de um período de debate entre todos, são identificados os suspeitos: o ex namorado da vítima, a amiga e o pretendente a namorado. São então formados três grupos de alunos de 10º ano, que são os “técnicos da polícia científica” que vão analisar os vestígios. A cada um destes grupos é entregue um conjunto de vestígios referentes a cada um dos suspeitos; ou seja cada grupo de alunos vai seguir uma pista, um suspeito.

Os alunos de 12ºano são distribuídos pelas diversas áreas criadas no laboratório para esta atividade: área das impressões digitais, área da análise de sangue, área da microscopia, área da espectroscopia, área da análise de fibras e área da cromatografia. A sua função é acompanharem e de alguma forma tutelarem o trabalho dos diferentes grupos, dada a quase inexperiência destes últimos em trabalho laboratorial.

No final da atividade laboratorial, após todos os grupos completarem as análises referentes à sua pista, ao seu suspeito, há um novo período de debate, desta vez cada grupo apresenta os resultados das análises efetuadas e argumenta a favor ou contra a culpabilidade do seu suspeito. Por fim o crime é desvendado e o culpado encontrado.

3.3. Cena do crime

O centro histórico da cidade de Guimarães é a zona onde se encontra a maior parte dos restaurantes, bares e galerias da cidade e é por excelência o ponto de encontro da gente jovem, sobretudo aos fins de semana.

A partir do centro histórico, atravessando a rua de Santa Maria, chega-se à zona alta da vila medieval onde se encontra a colina sagrada.

Foi precisamente nesta zona que foi encontrado o corpo de uma jovem. O corpo encontrava-se parcialmente encoberto por ramos e folhagens, junto a um caminho de acesso à capela, figura 3.1.



Figura 3.1 – Zona de acesso ao local onde foi encontrada a vítima.

A equipa de cena do crime da PJ chegada ao local procedeu às diligências protocoladas, nomeadamente:

- Verificação do isolamento do local, de forma a não serem postos em causa os vestígios.
- Exame preliminar da cena do crime, tendo registado a informação recolhida junto do grupo que descobriu o corpo e dos polícias que foram chamados ao local.
- Elaboração do desenho do local, tendo sido registadas as medidas que facilitam a posição exata dos vestígios encontrados.

- Registo de imagens do local. As fotografias podem ser consultadas ao longo do tempo, para posterior reconstituição da cena do crime.
- Recolha de vestígios a serem utilizados como provas, foram registados no desenho e fotografados antes de recolhidos. Após o que foram identificados e catalogados.
- Foram recolhidas as provas testemunhais.
- Foi efetuada uma análise preliminar à vítima.

3.4. Descrição dos acontecimentos

Um grupo de amigos após o jantar, por volta das 23 horas e 40 minutos, deslocou-se para a Praça da Oliveira, figura 3.2. O grupo era constituído pelo Simões, a Paula, o Antunes, a Xana e a Inês.



Figura 3.2 – Praça da Oliveira.

Um elemento do grupo, a Inês, esteve toda a noite algo distante, sempre a olhar para o telemóvel e pouco atenta às conversas dos demais. A certa altura, depois

de ver as horas, seria 1 hora e 30 minutos, levantou-se e alegando de forma algo precipitada que tinha visto alguém conhecido, saiu da mesa e dirigiu-se para uma das ruas laterais.

O resto do grupo aí permaneceu, conversando com este e aquele que por lá passava. Até que começaram a estranhar a demora da Inês. Teria ido embora? Não era muito habitual sair daquela forma. Ligaram-lhe para o telemóvel. Tocava, mas ninguém atendeu. Convenceram-se que tinha ido para um outro lugar com a pessoa que teria encontrado e não deram mais valor ao caso. Até ao dia seguinte quando um agente da polícia os contactou para prestarem declarações ... A Inês estava morta!

A Inês tinha sido encontrada, já sem vida, às 4 horas e 25 minutos, nos jardins circundantes dos Paços dos Duques de Bragança, por um grupo de jovens.

3.5. Relatório da autópsia [54]

Nome: Inês Sousa Santos

Data da morte: 25/2/2013

Data da autópsia: 1/3/2013

Sexo Feminino

Idade: 23 anos

Peso: 52 kg

Altura: 1,62 m

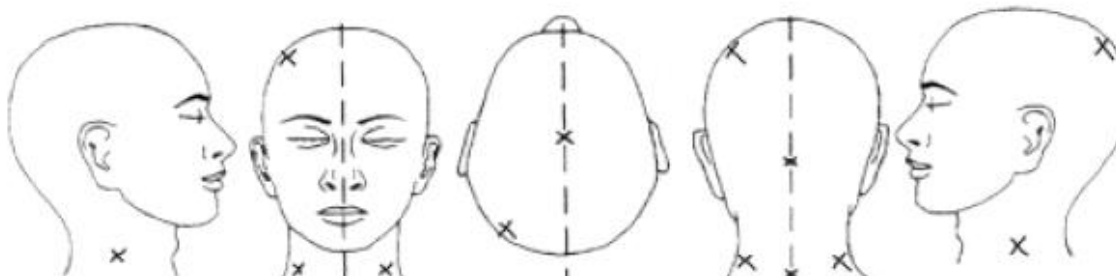
Cabelo: Castanho/liso

Íris: Castanha

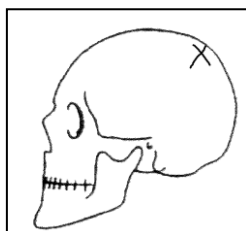
Exames preliminares:

- A vítima tinha vestido calças de ganga, uma camisa azul, um casaco de malha e calçava sapatilhas.
- A sua temperatura corporal era 35,0°C.
- O rigor mortis já se tinha instalado, ainda que não completamente, pelo que a morte terá ocorrido entre três a oito horas antes
- Existência de manchas violáceas em algumas zonas do corpo, o que sugere a alteração da posição do cadáver.

Exame do hábito externo:



- A vítima apresentava petéquias no pescoço e nos pulsos.
- Apresentava traumatismo na parte superior esquerda do crânio



Exame do hábito interno:

- Todos os órgãos apresentam peso e tamanho normais.
- O estômago continha restos da refeição ingerida.

Conclusões:

- As petéquias no pescoço e pulsos indicam que a vítima foi agredida.
- A causa de morte é o traumatismo na parte superior do crânio.

3.6. Vestígios encontrados

A vítima foi encontrada entre uns arbustos, figura 3.3, em posição decúbito lateral, apresentando um traumatismo na parte superior esquerda do crânio. Pela localização das manchas violáceas era evidente a alteração da posição do corpo. No chão, junto ao corpo, não havia praticamente sangue nenhum, o que confirma a suspeita anterior. No bolso do casaco da vítima foi encontrado um cartão de uma florista, com a palavra “Desculpa”.



Figura 3.3 - Local onde foi encontrada a vítima.

As solas das sapatilhas da vítima apresentavam um resíduo de cor azul, o que não era compatível com o solo local. Foram encontradas várias impressões digitais no mp3 da jovem assim como no telemóvel.

A polícia recolheu as declarações prestadas pelo grupo de amigos com os quais a Inês tinha jantado. O grupo era constituído pelo Simões, a Paula, o Antunes e a Xana. Da análise dos depoimentos recolhidos constatou que:

- A Paula e a Inês eram colegas de curso. Frequentavam o curso de Química na Universidade do Minho em Braga.
- A Xana é prima da Paula e ela e o Antunes frequentam o curso de Licenciatura em Engenharia Informática, LEI, na mesma universidade.
- A Xana namora com o Simões.
- O Antunes tinha namorado com a Inês. Ela tinha acabado com a relação, facto com o qual ele nunca lidou muito bem. O Antunes vivia numa das freguesias do concelho de Vila Nova de Famalicão.

- Durante a tarde a Inês tinha ido com a Paula a casa desta buscar uns apontamentos de “Química Analítica”. Durante o percurso a Inês confidenciou-lhe que o Jorge Silva, antigo namorado da Paula, a tinha convidado para sair, mas ela não tinha aceite. O Jorge é afinador numa fiação têxtil nas proximidades da casa da Inês, e já anteriormente a tinha convidado a sair. A Paula mostrou-se algo afetada pela confiança da amiga.
- O Antunes apresentava arranhões num dos braços e tinha uma caneta, cuja cor da tinta, era compatível com a do cartão da florista encontrado com a palavra “Desculpa”.

A polícia procura obter informações com vista à reconstituição das últimas horas de vida da Inês. Pede informações às pessoas que se encontravam nessa noite na Praça da Oliveira, zona onde foi vista pela última vez, assim como aos moradores dessa mesma zona. Alguém a viu a falar com um rapaz por volta das duas da manhã. Uma moradora menciona que por volta das 3 horas ouviu uma discussão e passado alguns instantes o barulho de um carro a arrancar. Ainda veio à janela mas não viu mais que um jipe a afastar-se. Não teria dado importância se no local não estivesse uma mancha que poderia ser de sangue, figura 3.4.

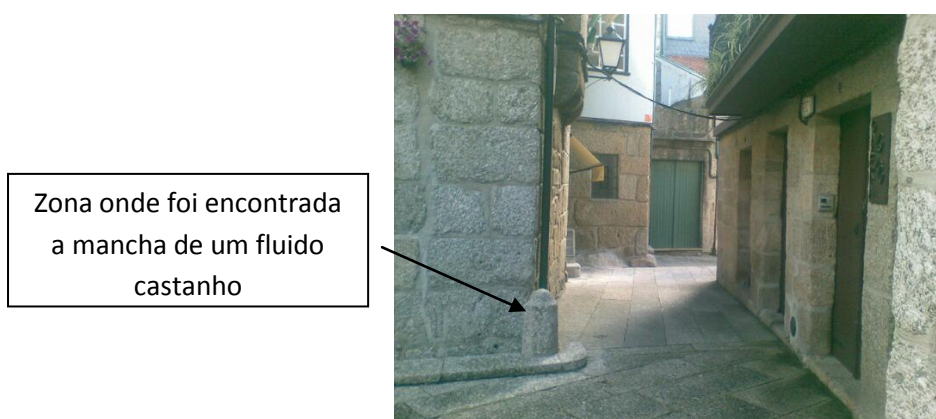


Figura 3.4. – Local onde poderá ter ocorrido o homicídio

O Antunes era o principal suspeito dado que tudo indicava que poderia ter-se encontrado com a Inês e após discussão, as marcas de arranhões a isso indiciavam, tê-la-ia assassinado.

Mas a polícia segue também a pista do jipe e verifica que o Jorge Silva tem um. O jipe é apreendido para análise e são encontradas fibras de cor branca na mala do jipe, assim como umas manchas que podem indiciar sangue. Se as fibras corresponderem às do casaco da Inês significa que a Inês esteve lá, mas quando e porquê? E as manchas serão de sangue? Há que seguir todas as pistas e analisar todos os vestígios. No casaco da Inês e no cabelo encontram-se vestígios de fibras. Terão alguma coisa a ver com o cenário de crime?

3.7. Análise de vestígios

3.7.1. Análise de sangue

O sangue constitui cerca de 8% da massa corporal e é o meio de transporte mais importante do corpo humano, mantém o meio interno constante – homeostase – e tem um papel decisivo na proteção do corpo contra agentes patogénicos. [26]

O sangue é o responsável pelo transporte do oxigénio e dióxido de carbono e medeia a troca de substâncias entre os diferentes órgãos. O sangue também assume a função de fazer a distribuição balanceada da água entre o sistema vascular e as células, quer no espaço intra como no inter celular. O balanço ácido-base também é regulado pelo sangue em conjunto com os pulmões, fígado e rins. A regulação da temperatura corporal também depende do transporte controlado do calor pelo sangue. [26]

O sangue é uma substância composta por um líquido designado por plasma sanguíneo que é uma solução aquosa de eletrólitos, nutrientes, proteínas, vitaminas, além de outras. O plasma corresponde a cerca de 55% do total do volume de sangue e tem uma coloração amarela pálida. Além do plasma, constituem o sangue dois tipos de células, os glóbulos vermelhos (hemácias) e os glóbulos brancos (leucócitos), assim como fragmentos de células chamadas plaquetas, figura 3.5. [26]

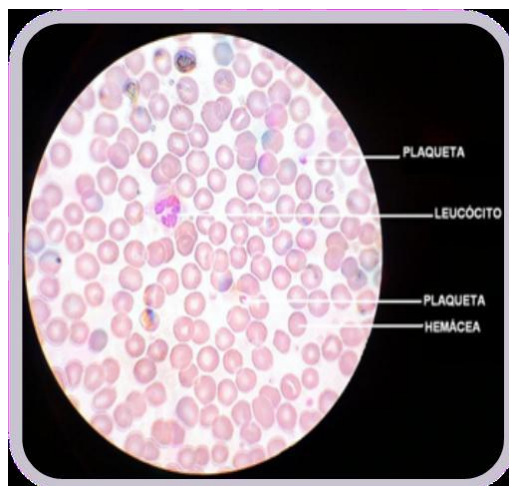


Figura 3.5 – Composição do sangue. [56]

Os glóbulos vermelhos representam 40% do volume total de sangue, têm um tempo de vida médio de 120 dias e são repostos a uma taxa de 2 a 3 milhões por segundo pela medula óssea. Estes glóbulos vermelhos contêm hemoglobina, uma molécula complexa que transporta oxigênio, remove o dióxido de carbono e confere ao sangue a sua cor vermelha, figura 3.6. A sua fórmula molecular é $C_{2952}H_{4664}N_{812}O_{832}S_8Fe_4$.

[26]

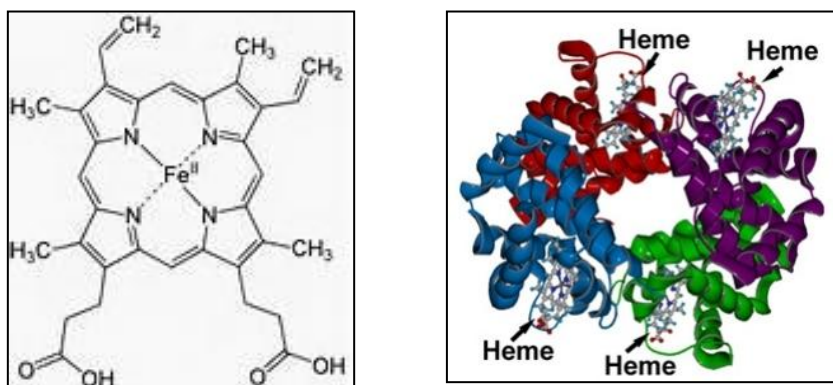


Figura 3.6 - Representação da hemoglobina (direita) e do complexo "heme"(esquerda). [56]

Os glóbulos brancos correspondem aos restantes 5% do volume total do sangue e são um componente chave do sistema imunitário do corpo, desempenhando um papel crucial no combate às infeções, bactérias, vírus e outros micróbios, pelo que o número de glóbulos brancos presentes no sangue é um indicador de saúde. As plaquetas são fragmentos de células envolvidas na coagulação do sangue, o que ajuda parar o sangramento.

À superfície de cada hemácia do nosso corpo existem proteínas denominadas antígenos. Os dois antígenos presentes na superfície dos glóbulos vermelhos denominam-se A e B. Algumas pessoas têm o antígeno A, outras o B, algumas outras o A e o B e há quem não tenha nenhum, o que faz do sangue de cada uma destas pessoas nomeadamente sangue tipo A, B, AB ou O. [41]

O sangue contém também proteínas chamadas de anticorpos que atacam os antígenos, sendo que estes atacam somente os antígenos não presentes do corpo. Desta forma, os investigadores determinam o tipo de sangue presente na cena do crime, adicionando os dois anticorpos ao sangue em análise e observando qual ou quais destes coagulam com que antígeno, conforme as tabela 3.1 e 3.2 apresentadas a seguir.

Tabela 3.1 - Antígenos e anticorpos associados a cada grupo sanguíneo [41]

Grupo sanguíneo	Antígenos	Anticorpos
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	AB	Nem anti-A nem anti-B
O	Nem A nem B	Ambos A e B

Tabela 3.2 – Identificação de grupos sanguíneos com anticorpos conhecidos. [41]

Anti-A Anticorpo + amostra sanguínea	Anti-B Anticorpo + amostra sanguínea	Antigénio presente	Grupo Sanguíneo
+	-	A	A
-	+	B	B
+	+	A e B	AB
-	-	Nem A nem B	O

Os testes utilizados na análise dos vestígios recolhidos, no local onde a vítima foi encontrada, na mala do jipe e no local onde se ouviu a discussão, para averiguar se estes poderão ser de sangue baseiam-se no facto de o grupo heme da hemoglobina poder atuar como uma peroxidase, ou seja pode oxidar substâncias orgânicas, tendo o peróxido de hidrogénio como molécula aceitadora de eletrões. As substâncias oxidadas assim formadas podem reagir com vários substratos produzindo alterações de cor visíveis, figura 3.7. Entre estes substratos estão a benzidina, benzidinas substituídas, como a orto-tolidina, tetrametiltolidina e a fenolftaleína. [57]

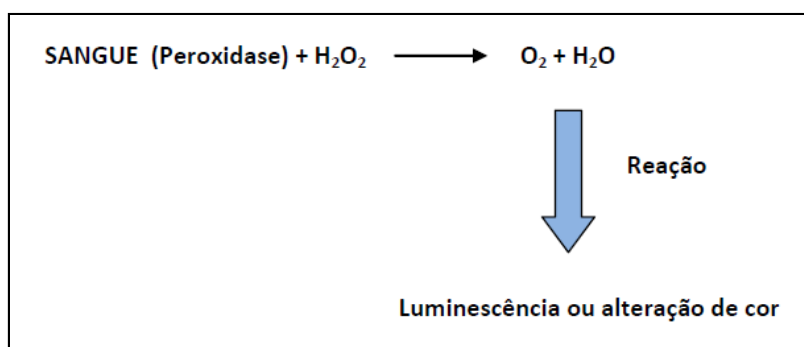


Figura 3.7 – Esquema geral da reação do sangue com os diferentes substratos. Adaptado de [57].

De entre as substâncias que podem interferir nestes testes pode-se citar enzimas, de origem vegetal ou animal e metais, em particular cobre e ferro. Quando se analisam cenas de crime exteriores, aonde podem existir diversos animais e plantas, ou veículos, onde as superfícies são de metal, também pode haver interferências. Em geral quando o teste é negativo o sangue não está presente, mas se o teste for positivo é provável haver sangue, mas o teste não é conclusivo.

Os vestígios recolhidos foram registados com os números 1, 2 e 3, respetivamente. Estes vestígios foram analisados pelo teste de Kastle-Meyer e o resultado dos testes foi em todos positivo, ou seja, os vestígios recolhidos poderão ser de sangue. O cotonete apresentou uma coloração vermelha no final do teste o que é indicativo que a mancha poderá ser sangue, figura 3.8.



Figura 3.8 - Aspeto do cotonete após a adição do reagente de Kastle Meyer e da adição de seguida de uma gota de água oxigenada.

O teste de Kastle Meyer é um teste realizado com fenolftaleína, numa solução alcalina e na presença de zinco no qual o zinco em pó reage com o hidróxido de sódio formando-se hidrogénio o qual é responsável pela forma incolor da fenolftaleína. Se a amostra em análise tiver sangue, a hemoglobina presente neste irá decompor o peróxido de hidrogénio, originando oxigénio responsável pela cor carmin da fenolftaleína, de acordo com as reações apresentadas na figura 3.9.

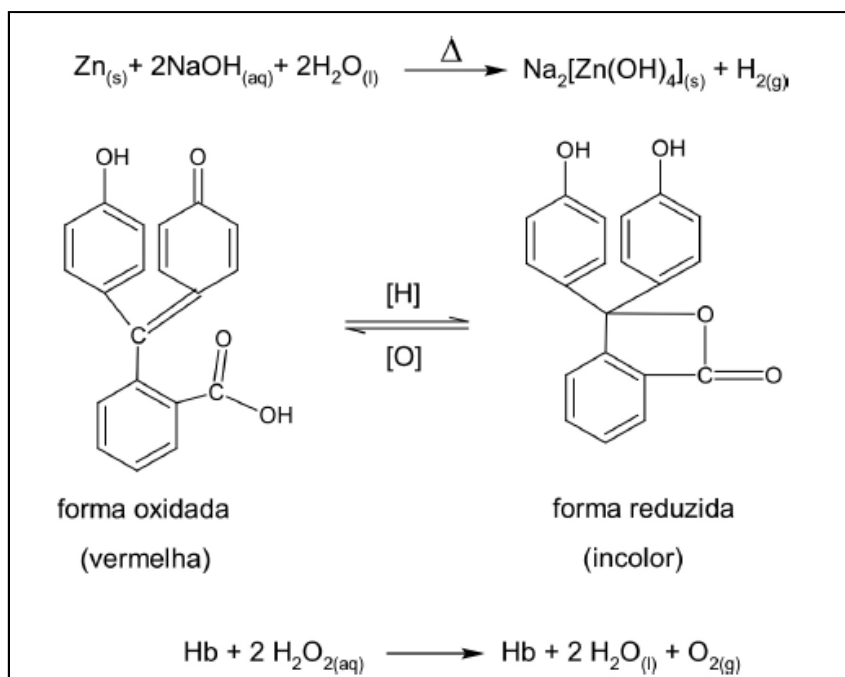


Figura 3.9 - Reações referentes ao reagente de Kastle-Meyer. [49]

3.7.2. Análise das impressões digitais

A datiloscopia é a designação do subdomínio da ciência forense que estuda os desenhos existentes nas extremidades distais das faces ventrais das pontas dos dedos. Este subdomínio assumiu grande importância em criminologia pelas seguintes razões: [44, 58]

- Unicidade: cada desenho é único.
- Perenidade: uma vez existentes perduram para toda a vida.
- Imutabilidade: não podem ser alteradas, mesmo se houver queimaduras que as apaguem, elas se recompõem sem qualquer alteração.
- Praticabilidade: fácil de ser estudada.

O uso da datiloscopia como meio de identificação já é usado há muito tempo, quer para marcar escravos e criminosos, quer mesmo para assinar documentos. No século XIX José Engel publicou o “Tratado de Desenvolvimento da Mão Humana”, mas o primeiro sistema científico de identificação foi lançado em Paris no ano de 1882 por Alfonse Bertillon. Este sistema baseava-se nos elementos antropológicos do homem e é a partir deste que Juan Vucetich inicia os seus estudos sobre impressões digitais e o levou a definir um sistema de caracterização de impressões digitais, ainda hoje usado, figura 3.10.

O sistema dactiloscópico de Vucetich baseia-se nas características dos 10 dedos. Os principais elementos das impressões digitais são:

- Cristas papilares (linhas pretas)
- Sulcos papilares (linhas brancas)
- Deltas (utilizados para a classificação dos vários desenhos)
- Pontos característicos (bifurcação, encerro, forquilha, ilhota, cortada)



Figura 3.10 - Os quatro tipos fundamentais de impressões digitais de Vucetich. [44]

Considera-se que uma impressão digital, figura 3.11, é constituída por:

- Sistema nuclear: localiza-se entre os ramos inferior e superior das linhas diretrizes e a apresentação destas juntamente com a posição em que se encontra o delta, determina o tipo e o subtipo da impressão digital.
- Sistema basal: localiza-se entre a prega interfalangeana e o ramo inferior das linhas diretrizes.
- Sistema marginal: localiza-se acima do ramo superior das linhas diretrizes até à base da unha.

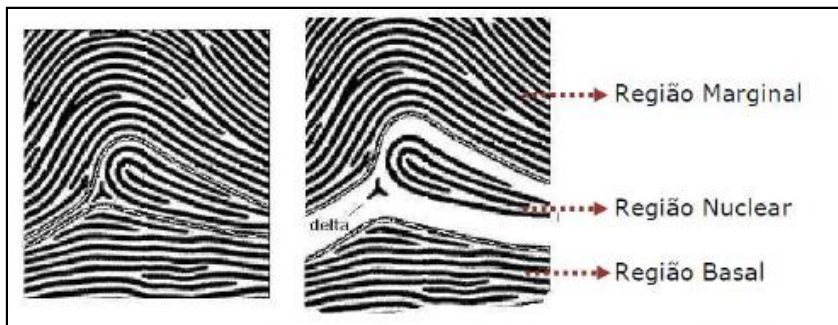


Figura 3.11 - Constituição de uma impressão digital. [59]

Acima e nas laterais do sistema basal pode haver a presença de deltas, e de acordo com o número de deltas e das minúcias é possível realizar a identificação por meio da datiloscopia.

Além das minúcias que podem ser terminação de uma crista, bifurcação, ponto ou ilha, espora e cruzamento, há ainda os poros de suor, figura 3.12. Para se poder utilizar esta última informação que é de maior detalhe a imagem obtida deve ser de alta resolução.

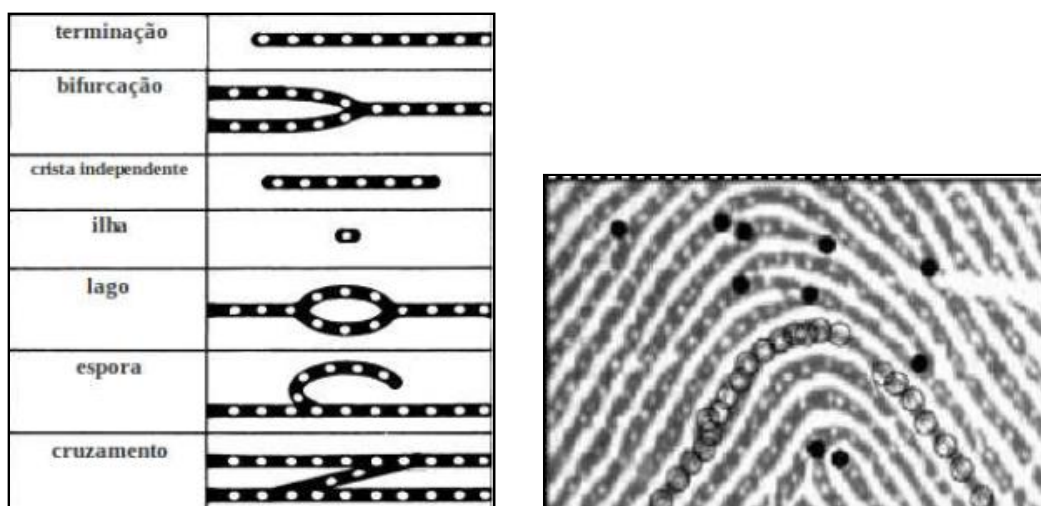


Figura 3.12 – À esquerda, minúcias, também conhecidas por detalhes de Galton. À direita, parte de uma impressão digital, onde se pode observar as linhas pretas correspondentes às cristas e as linhas brancas aos vales. [59]

- O polegar é identificado por letras e os demais dedos são identificados por números, figura 3.13.
- Existem aproximadamente 34 pontos de identificação.
- Para uma identificação positiva há a necessidade da correspondência de 13 pontos.

Número de Deltas	Nome	Representação	
		1º Dedo	Outros
NENHUM delta	Arco	A	1
UM delta: direita	Presilha Interna	I	2
UM delta: esquerda	Presilha Externa	E	3
DOIS deltas	Verticílio	V	4
Ausência do dedo		"0"	
Inexistência de Impressão		"X"	

F.D.	A	1	2	2	0	Mão Direita
	E	X	3	4	1	Mão Esquerda
Dedo	1º	2º	3º	4º	5º	

Figura 3.13 – Exemplo de aplicação da fórmula datiloscópica. Fonte [59]

Uma impressão digital latente é um exemplo de marca bidimensional. A marca de uma pegada na lama ou a marca de uma ferramenta no esquadro da janela é um exemplo de marca tridimensional. Se não for possível levar o objeto inteiro contendo a marca ao laboratório, o perito faz um molde no local.

Em termos forenses pode-se considerar que existem três tipos de impressões digitais, nomeadamente as moldadas ou plásticas, que podem ser reproduzidas em materiais que gravam os sulcos, as visíveis, obviamente de fácil observação e que não exigem qualquer tipo de revelação e as impressões latentes, invisíveis a olho nú e que requerem métodos de revelação, apresentando maiores dificuldades na sua identificação.

As impressões digitais recolhidas na cena do crime são comparadas com impressões recolhidas dos suspeitos e de indivíduos com razões legítimas para estarem na cena do crime. Também podem ser comparadas com impressões que fazem parte de base de dados e recolhidas pelas autoridades de acordo com a lei. [10]

A comparação das impressões digitais é feita por análise do número de pontos de coincidência entre a impressão digital original e a revelada. Num grande número de países, para uma identificação positiva é necessária a coincidência de 12 pontos, figura 3.14, em Portugal é necessária a coincidência de 13 pontos. [58]

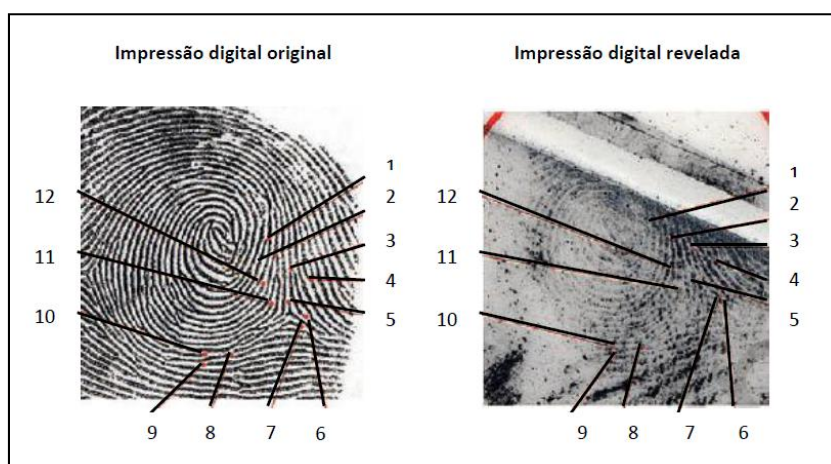


Figura 3.14 – Impressões digitais recolhidas na cena do crime (direita) e originais (esquerda). Adaptado de [11].

Todas as impressões encontradas na cena crime preparada para os alunos estão dentro desta última categoria, ou seja latentes, e a sua revelação foi feita por aplicação da técnica do pó, às encontradas no telemóvel e mp3 e por revelação com ninidrina à encontrada no bilhete. A seleção da técnica a utilizar na revelação da impressão digital foi efetuada a partir do tipo de superfície onde estava a impressão, nomeadamente se esta era porosa ou não porosa.

A técnica do pó permite a visualização das impressões digitais e funciona bem em superfícies não porosas. Esta técnica baseia-se no facto de as partículas de pó tenderem a aderir aos resíduos de gordura e suor deixados pelos dedos. Esta propriedade física do resíduo da impressão digital, em conjunto com o facto de a superfície não porosa não a evidenciar, permite a revelação da impressão. O contraste resultante entre o pó aderido e a superfície permite a visualização da impressão, figura 3.15. [11]



Fig. 3.15. – Impressão digital obtida com pó. [49]

A ninidrina reage com os α -aminoácidos existentes no resíduo da impressão digital formando um produto de coloração azul arroxeadada, púrpura de Ruhemann, de

acordo com o mecanismo apresentado na figura 3.16. Esta técnica foi aplicada à impressão recolhida do cartão da florista.

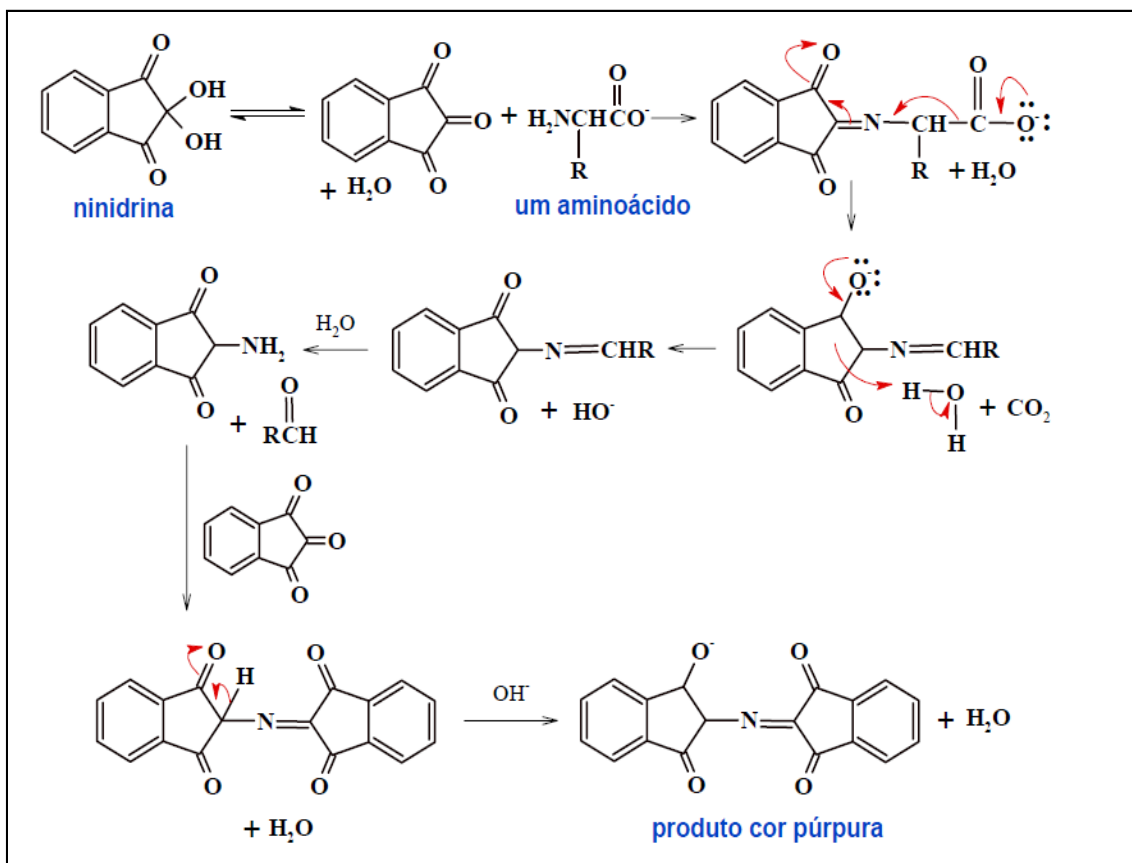


Figura 3.16 – Mecanismo de reação de um aminoácido com a ninidrina com a formação de um produto colorido, púrpura de Ruhemann. [48]

Depois de reveladas as impressões digitais e comparadas com as da base de dados constituída para o efeito constatou-se que as impressões digitais completas encontradas no telemóvel e no mp3 eram da vítima e a recolhida do cartão da florista era do Antunes.

3.7.3. Análise de solos

A Geologia Forense pode ser definida como uma subdisciplina das geociências e está relacionada com a utilização de princípios, práticas e procedimentos geológicos no âmbito da investigação criminal. Os limites desta ciência não estão claramente definidos, havendo algumas sobreposições com as outras subdisciplinas, como a arqueologia forense, a antropologia forense, a botânica forense, a engenharia forense e mesmo a medicina e patologia forense. Também evidencia algumas relações com os métodos e técnicas de outras ciências como a química e a física, conforme esquema apresentado na figura 3.17. [61]

O objetivo da geologia forense é estabelecer, através da comparação de materiais geológicos incluindo solo, rochas, minerais, fósseis e artefactos encontrados num suspeito, o grau de probabilidade do local de origem do material e assim associar ou não, o suspeito com essa localização.



Figura 3.17 - A relação entre a Geologia forense e outras disciplinas e subdisciplinas da ciência. Adaptado de [61]

Na grande maioria dos casos uma das tarefas mais comuns é determinar se o suspeito, ou o seu meio de transporte, esteve presente na cena do crime. Desta forma, as amostras recolhidas do suspeito, incluindo a sua roupa, calçado, carro e outras, são examinadas de forma rotineira para pesquisa de vestígios de sangue, ADN, fibras ou cabelo que o possam ligar à cena do crime. Tem vindo a aumentar a pesquisa de solo, lama, poeira ou polén que também possam estabelecer alguma ligação entre o suspeito e a cena do crime.

As amostras de solos são com facilidade constituídas como evidências pela polícia e investigadores, contudo a maioria dos laboratórios não as aceitam por não estarem habilitados à análise deste tipo de materiais. A principal razão para que isto aconteça deve-se ao facto de a análise morfológica, mineralógica e espetroscópica dos solos exigir um conhecimento aprofundado, além do equipamento necessário, para interpretar estas amostras.

Caraterização física

Os vestígios de solo encontrados nas solas dos sapatos da vítima e nas solas dos sapatos da Paula apresentam características físicas semelhantes, cor e textura, e ambas as amostras contêm umas partículas de cor azul. Os vestígios de solo recolhidos no local onde foi encontrada a vítima e nas solas dos sapatos do Jorge também são muito semelhantes, quer em cor como em tamanho de partícula.

Análise da microscopia eletrónica

Os vestígios de solo para análise foram catalogados da seguinte forma:

AT₁ – Vestígio de solo recolhido do local onde foi encontrado o corpo da vítima.

AT₂ – Vestígio de solo recolhido na sola dos sapatos da vítima.

AT₃ – Vestígio de solo do caminho de acesso ao local onde foi encontrado o corpo da vítima.

AT₄ – Vestígio de solo no local onde foi encontrado o corpo da vítima.

AT₅ – Vestígio de solo recolhido no tapete do carro do Jorge.

AT₆ – Vestígio de solo recolhido nas solas dos sapatos da Paula.

Os resultados da análise destes vestígios por SEM/EDS encontram-se nas figuras a seguir apresentadas.

Imagens microscópicas (x100 ampliação)

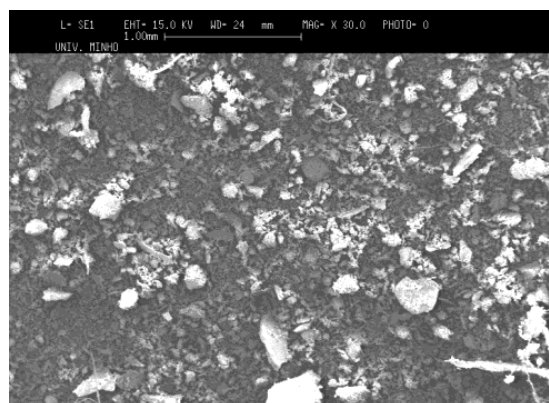
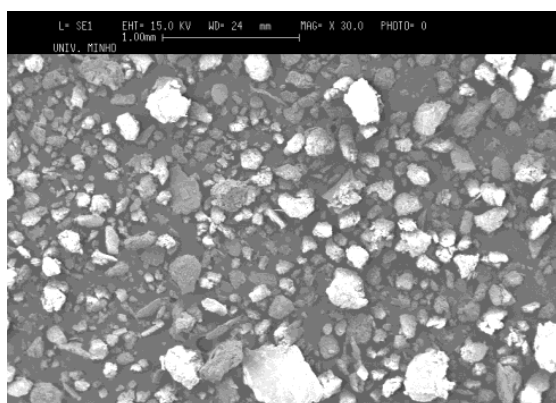


Figura 3.18. – Vestígio de solo AT1 (esquerda) e Vestígio de solo AT2 (direita)

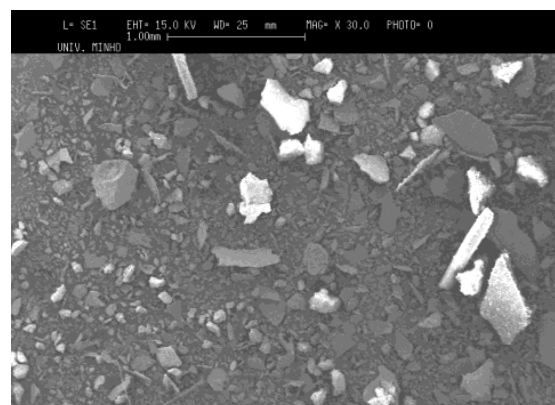
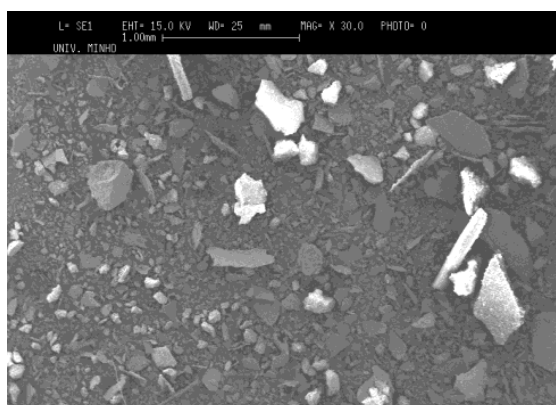


Figura 3.19. – Vestígio de solo AT3 (esquerda) e Vestígio de solo AT4 (direita)

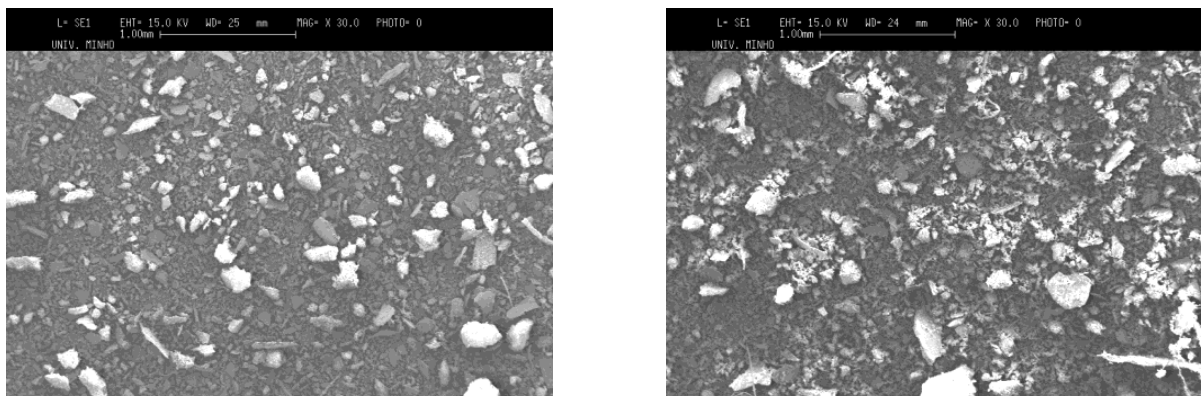


Figura 3.20. – Vestígio de solo AT5 (esquerda) e Vestígio de solo AT6 (direita)

Espetros de EDS

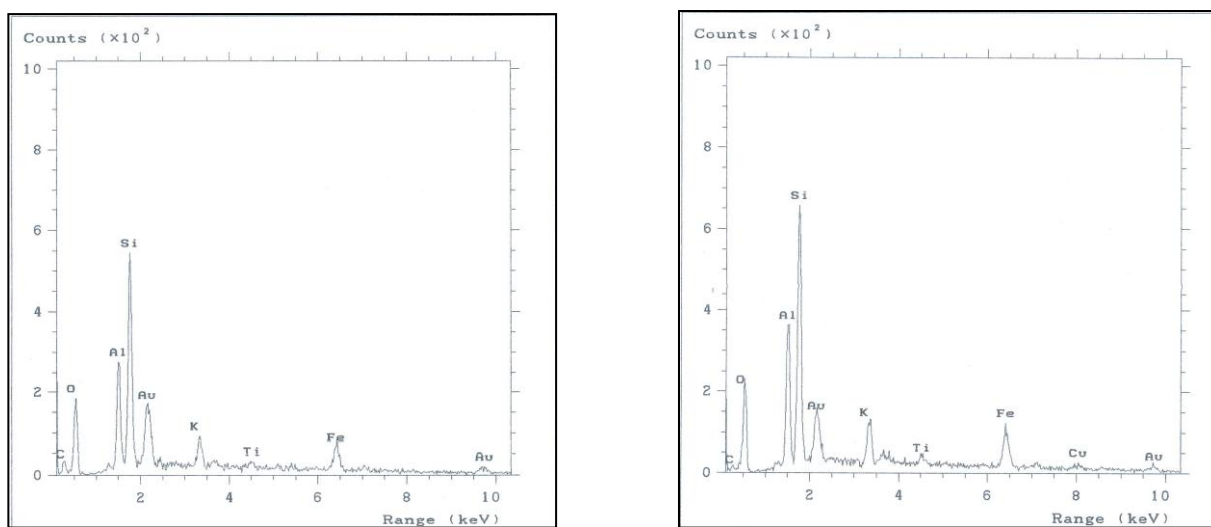


Figura 3.21. – Espetro EDS do vestígio AT1 (esquerda) e Espetro EDS do vestígio AT2 (direita)

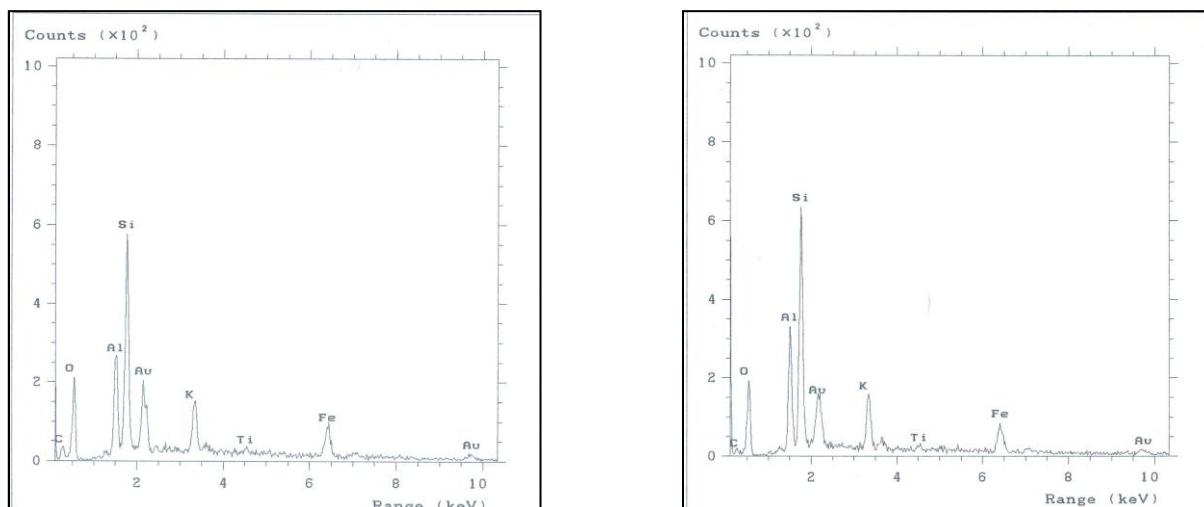


Figura 3.22. – Espectro EDS do vestígio AT3 (esquerda) e Espectro EDS do vestígio AT4 (direita)

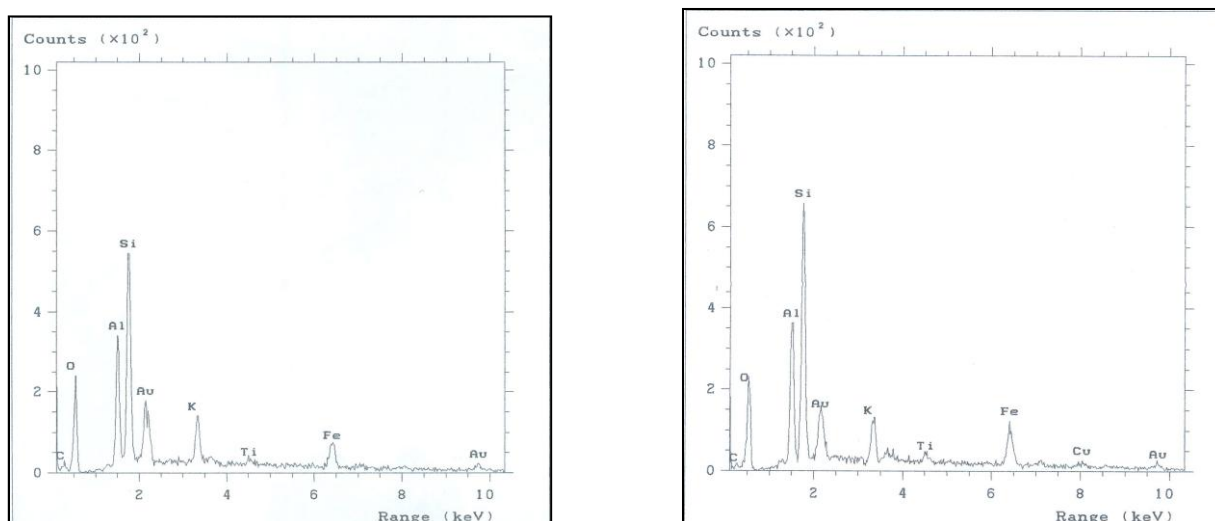


Figura 3.23. – Espectro EDS do vestígio AT5 (esquerda) e Espectro EDS do vestígio AT6 (direita)

Constata-se que as análises dos vestígios de solo efetuadas por SEM/EDS, com exceção dos vestígios AT₂ e AT₆, não resultaram em contributos conclusivos. As amostras AT₂ e AT₆, terão uma grande probabilidade de terem a mesma proveniência já que ambas contêm um mesmo elemento, cobre, não presente em nenhuma das outras. A análise de vestígios de solo é particularmente eficaz quando este apresenta

na sua composição algum componente, natural ou resultante de atividade antropogénica, que possa ser associado a um local específico.

Análise elementar via seca

De modo a confirmar a presença nos vestígios de solo recolhidos das solas dos sapatos da vítima e da sua amiga Paula, do mesmo tipo de partículas que indiciavam poder tratar-se de algum fertilizante, ou adubo, procedeu-se à análise elementar por via seca. Ambos os vestígios, quando colocados numa chama de bico de bunsen, tornaram-na verde azulada, figura 3.24.

Assim, e por comparação desta cor com as cores tabeladas para alguns metais, Tabela 1.3, constata-se que os resíduos presentes em ambos os vestígios são do mesmo composto, que terá na sua composição o catião Cu^{2+} . Além disso, pode-se afirmar que há uma grande probabilidade de o solo constituinte dos vestígios ter a mesma origem.



Figura 3.24 – Chama obtida pelos vestígios de solo recolhidos dos sapatos da vítima e da Paula.

3.7.4. Análise de tinta

A análise de documentos é de extrema importância em Química Forense dado o elevado número de falsificações e adulterações de documentos, sejam eles documentos escritos, vídeos, pinturas ou gravações sonoras. Em Portugal o L.P.C. tem uma área que se dedica a estudar a autenticidade e autoria de documentos, pela análise, entre outras, da tinta desse documento. [63]

As tintas das canetas e esferográficas são líquidos coloridos que ao serem aplicadas no papel deixam um resíduo com cor, cuja classificação se apresenta na figura 3.25. As tintas das canetas modernas têm basicamente a mesma composição, ou seja, um pigmento ou corante que está suspenso ou dissolvido num óleo, solvente, resina ou polímero. Este meio de solubilização de pigmentos ou corantes é atribuída a designação técnica de “veículo” [63]

Os corantes e pigmentos são compostos na maioria das vezes de origem orgânica que conferem cor à tinta. Pigmentos e corantes distinguem-se pelo facto de os primeiros possuírem um maior tamanho de partícula e não serem solúveis no veículo utilizado, contrariamente aos corantes que o são. O veículo é utilizado quer para a solubilização dos corantes quer para o transporte destes e dos pigmentos pela carga e ponta da caneta. Também podem conferir propriedades adicionais à tinta como fluidez ou carácter fungicida. Por último, as resinas e polímeros têm como função o controlo da viscosidade da tinta, a sua fixação e prolongamento da sua vida. [63]

A análise de tintas é efetuada com base em um de dois fatores, ou no tipo de composto usado para dissolver o corante e/ou transportar o pigmento – veículo, ou nos pigmentos e corantes que a constituem. No caso em estudo a análise realizada por cromatografia em papel, visou a identificação e comparação da tinta de duas canetas esferográficas por análise dos seus corantes/pigmentos

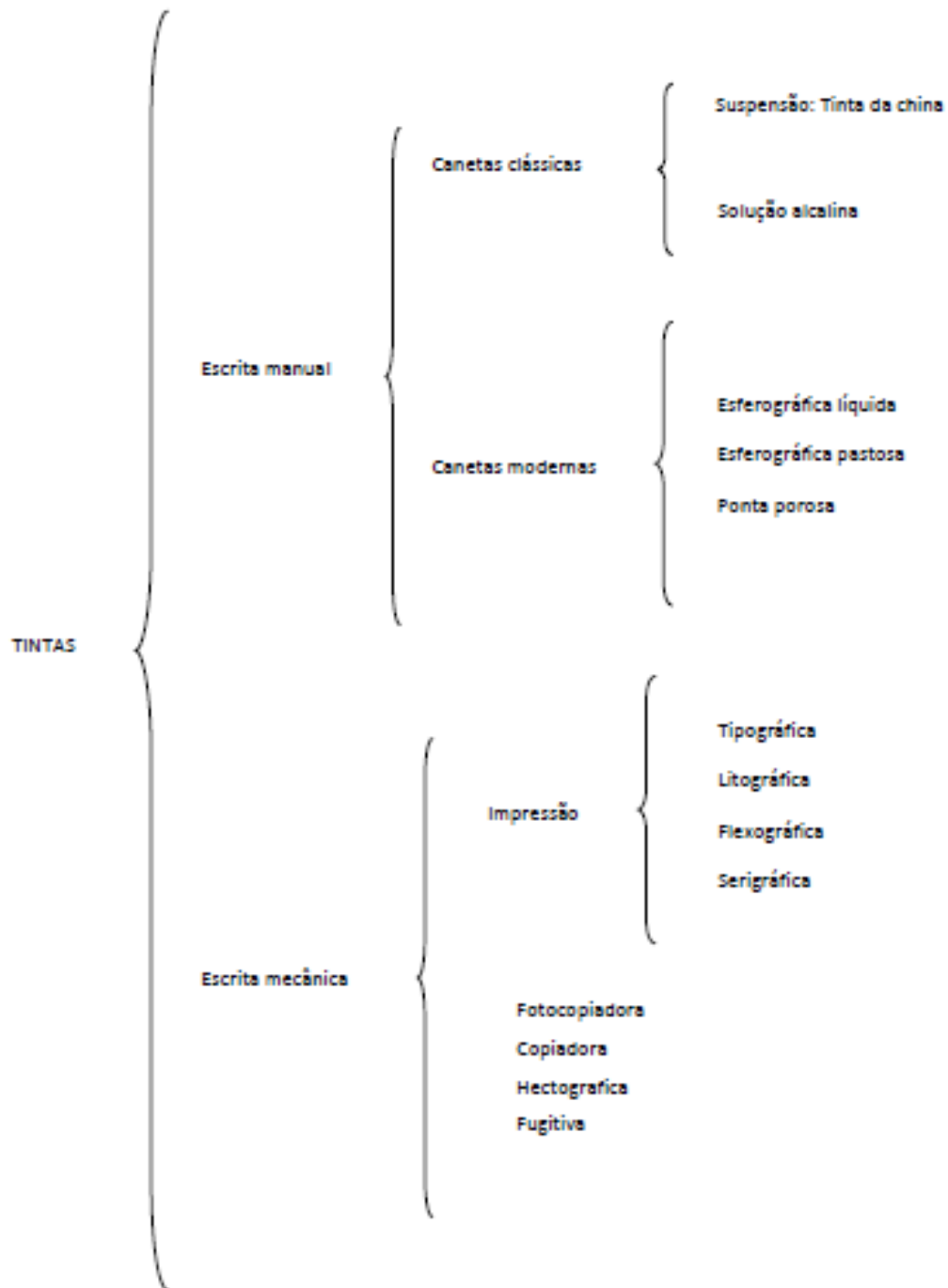


Figura 3.25 – Classificação das tintas. [63]

A análise da tinta do cartão da florista encontrado na vítima foi efetuada por cromatografia em papel, como já referido. Nesta técnica cromatográfica a mistura a separar, o conjunto de pigmentos e/ou corantes é colocada na fase estacionária, neste caso tira de papel, sendo os seus componentes adsorvidos na superfície desta, em função da natureza do componente, da natureza do adsorvente e da temperatura. Faz-se passar a fase móvel através da fase estacionária, movimentando-se por efeito capilar. Esta, ao passar sobre a amostra a analisar, solubiliza, em maior ou menor grau, os componentes da amostra, arrastando-os consigo, a diferentes velocidades. A velocidade à qual cada componente se movimenta depende da sua tendência relativa de ser dissolvido pelo solvente e ser adsorvido pela fase estacionária. [64]

Destes factos resulta que à medida que o solvente avança lentamente ao longo da fase estacionária os componentes da mistura movem-se a velocidades diferentes uns dos outros ocorrendo a separação.

A velocidade com que cada substância se move em cromatografia resulta da combinação de dois fatores, nomeadamente o grau de adsorção na superfície do adsorvente e do grau de solubilidade no solvente. Quanto mais fortemente adsorvida for uma substância mais lentamente ele se moverá e quanto mais solúvel for mais rapidamente se moverá. A polaridade é sem dúvida o parâmetro que mais influencia o grau de adsorção e o grau de solubilidade.

Depois de obtidos os cromatogramas, figura 3.26. e feita a sua análise por cálculo dos respetivos R_f , fatores de retardação, verificou-se que a tinta utilizada para escrever o bilhete era igual à da caneta do Antunes.

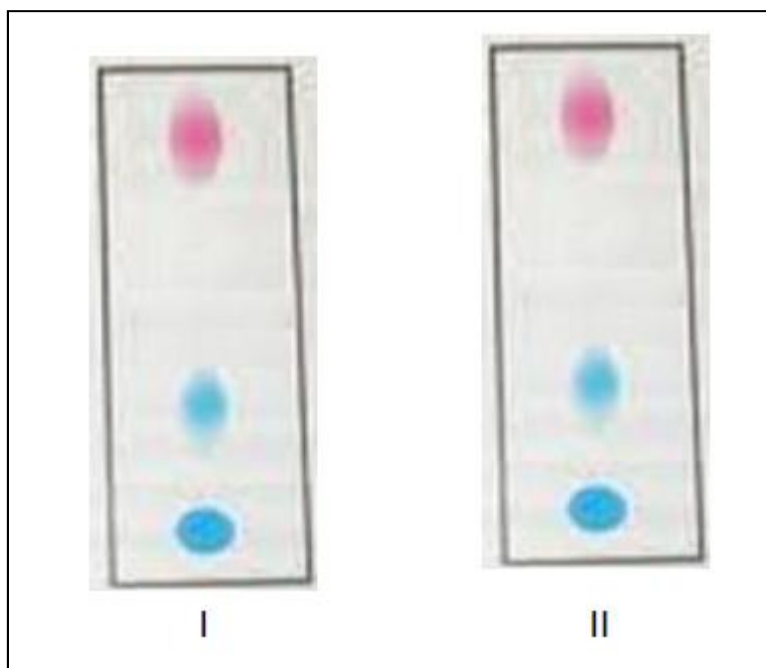


Figura 3.26 – Cromatogramas obtidos. I – Cartão da florista; II – Caneta do Antunes

3.7.5. Análise de fibras

Fibra têxtil é a designação genérica para os diversos tipos de matéria que formam os elementos básicos para fins têxteis. De acordo com a American Society for Testing and Materials, A.S.T.M., a fibra têxtil caracteriza-se por ter um comprimento, no mínimo, 100 vezes superior ao seu diâmetro. Além desta característica, as fibras têxteis também têm que apresentar outras tais como resistência mecânica, absorção de humidade e elasticidade adequadas ao fim a que se destinam. [53]

As fibras diferem umas das outras na composição química, no contorno de superfície e forma da secção transversal, assim como no comprimento e largura. Com base nas características atrás referidas e no equipamento disponível a identificação das fibras têxteis encontradas na cena do crime foi efetuada por:

- Teste da chama/queima.
- Visualização microscópica.
- Densidade.
- Espectroscopia de Infravermelho.

Teste da chama/queima

As fibras diferem quanto ao facto de inflamarem ou não, se são ou não combustíveis, quanto á temperatura a que a combustão ocorre, ao cheiro durante a combustão e ao aspeto das cinzas formadas na combustão, tabela 3.3. A grande maioria das fibras naturais e não naturais são combustíveis e a sua combustão dá-se a temperaturas entre os 412 e 538 °C. Como fibras não combustíveis citam-se o amianto, o vidro, o carbono, a sílica e o politetrafluoroetileno. [53]

Tabela 3.3 – Comportamento á chama e na proximidade desta de algumas fibras. Adaptado de [52, 53].

Fibra	Funde junto à chama	Encolhe na chama	Cheiro	Aparência da cinza
Lã	Não	Sim	Cabelo queimado	Floco macio preto
Seda	Não	Sim	Penas queimadas	Pérola macia preta
Algodão	Não	Não	Papel queimado	Floco macio cinza claro
Linho	Não	Não	Papel queimado	Floco macio cinza claro
Poliamida	Sim	Sim	Cheiro pouco intenso	Gota cinza dura
Poliéster	Sim	Sim	Cheiro aromático	Gota cinza dura
Acrilica	Não	Sim	Cheiro picante	Gota dura irregular

Após a realização do teste de chama/queima aos vestígios de fibras encontrados e cujos resultados se apresentam na tabela 3.4, pode-se concluir que os vestígios identificados com os números 7 e 11 poderão corresponder à mesma ou mesmo tipo de fibras, celulósicas e os vestígios identificados com os números 8 e 9 também podem corresponder à mesma fibra que será uma fibra proteica. Relativamente ao outro vestígio, número 10, só se pode dizer que deverá ser de uma fibra não natural, possivelmente sintética.

Tabela 3.4 – Resultados obtidos no teste de chama/queima

Vestígio	Descrição	Comportamento à chama	Cheiro
	Fibras de coloração		
Nº7	branca/amarelada encontradas no cabelo e roupas da vítima	Arde originando um resíduo macio cinza claro	Papel queimado
Nº8	Fibras de cor amarelada e negras encontradas na mala do jipe	Arde originando um resíduo macio cinza claro, deixando em simultâneo um resíduo escuro	Cheiro incaraterístico
Nº9	Fibras do casaco da vítima	Arde originando um resíduo macio cinza claro	Cabelo queimado
Nº10	Fibras de coloração preta encontradas no casaco da vítima	Arde originando resíduos duros escuros	Cheiro intenso
Nº11	Fibras de coloração branca/amarelada encontradas no casaco do Jorge	Arde originando um resíduo macio cinza claro	Papel queimado como cheiro predominante
Nº12	Fibras da camisola do Antunes	Arde originando resíduos duros escuros	Cheiro intenso

Análise microscópica

Na identificação por visualização microscópica podem ser identificadas as fibras que apresentem características únicas no seu aspeto longitudinal e na secção transversal. Apresentam-se de seguida algumas imagens que servirão como suporte para a comparação e consequente identificação dos vestígios encontrados. [65]

Fibra de lã

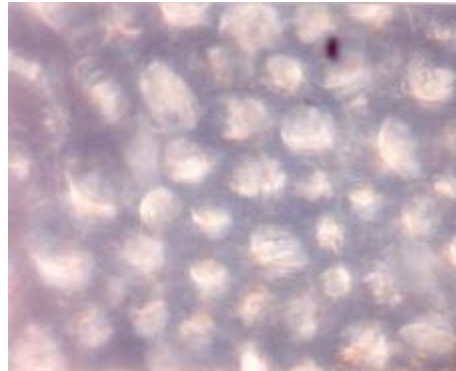
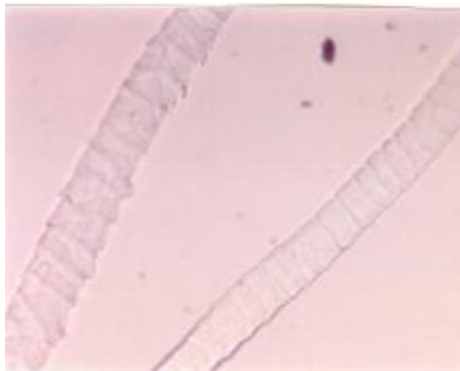


Figura 3.27 - I – Aspeto longitudinal (x400)

II – Secção transversal (x200)

Fibra de seda

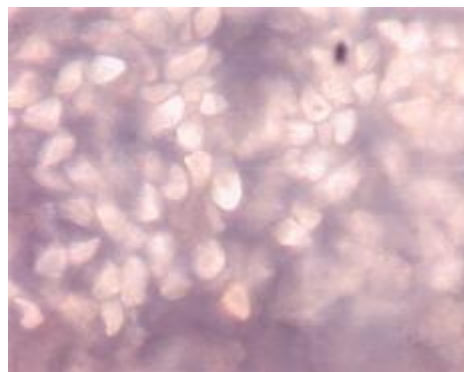
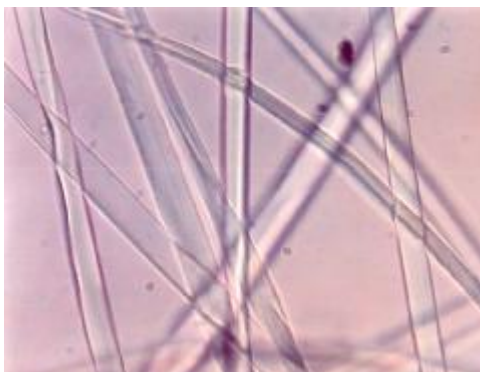


Figura 3.28 - I – Aspeto longitudinal (x200)

II – Secção transversal (x200)

Fibra algodão

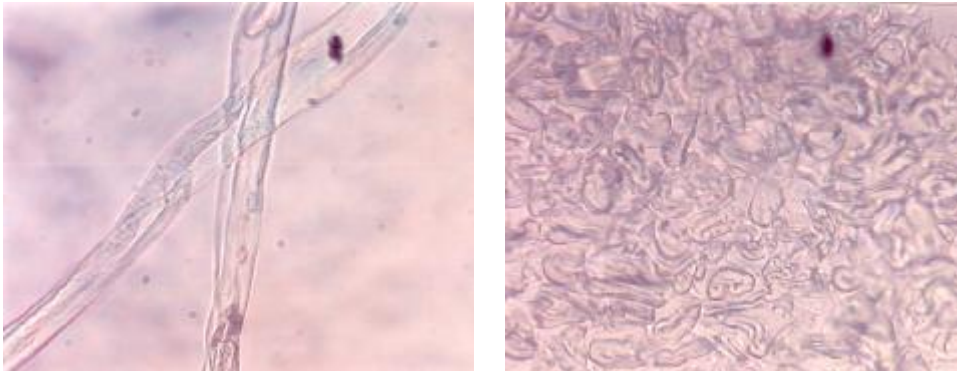


Figura 3.29 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200)

Fibra de linho

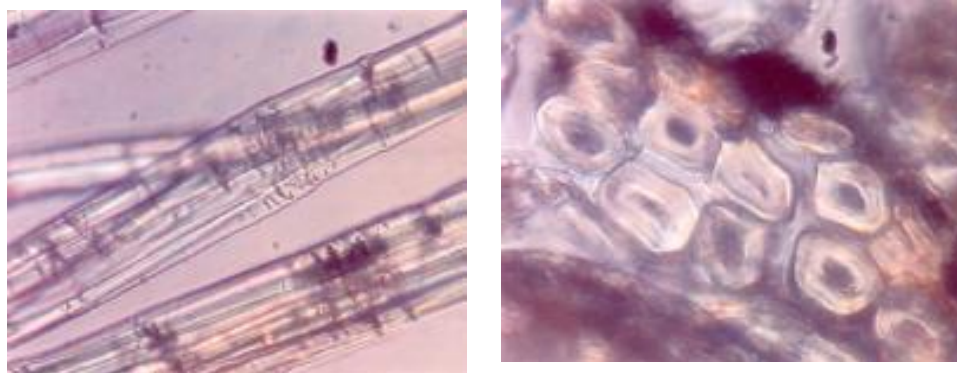


Figura 3.30 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200)

Fibra de poliéster

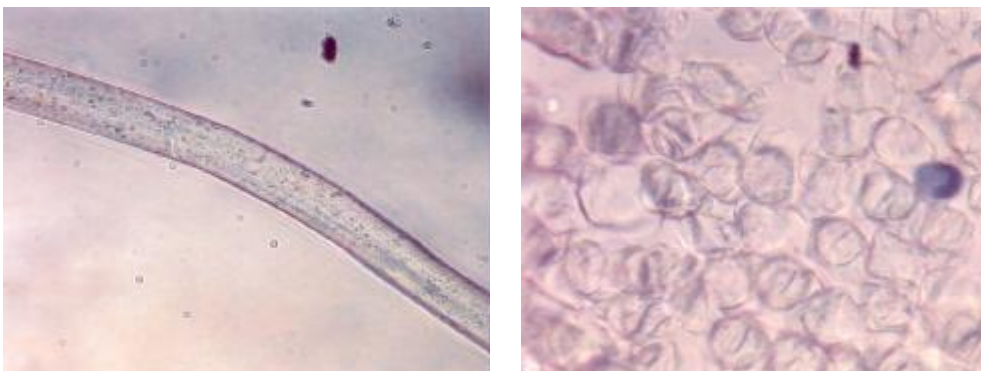


Figura 3.31- I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200)

Fibra acrílica

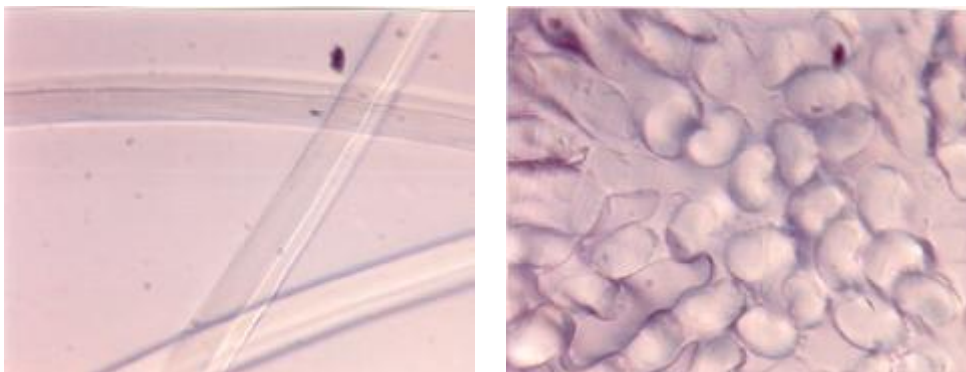


Figura 3.32 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200)

Fibra de poliamida 6,6

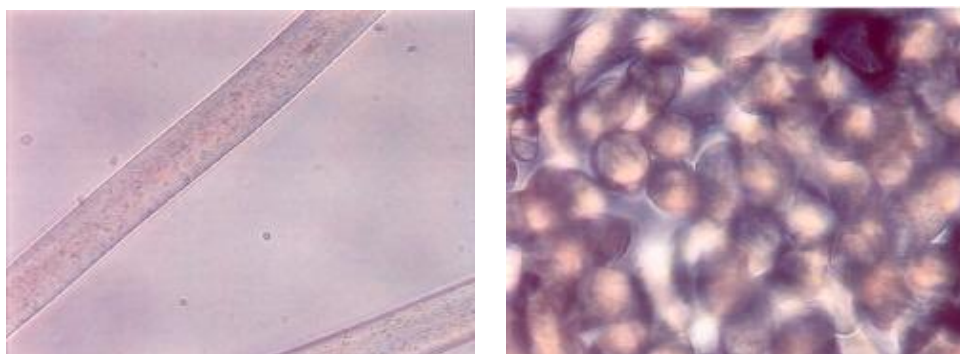


Figura 3.33 - I – Aspeto longitudinal (x400) II – Secção transversal (x200)

Imagens obtidas aos vestígios de fibras analisados

Devido à pertinência dos resultados obtidos no teste de queima foram analisados por microscopia eletrónica os vestígios nº 8, fibras encontradas na mala do jipe, o vestígio nº 9, fibras do casaco da vítima e o vestígio nº11, fibras recolhidas da roupa do Jorge, cujos resultados se apresentam nas figuras 3.34., 3.35.e 3.36.

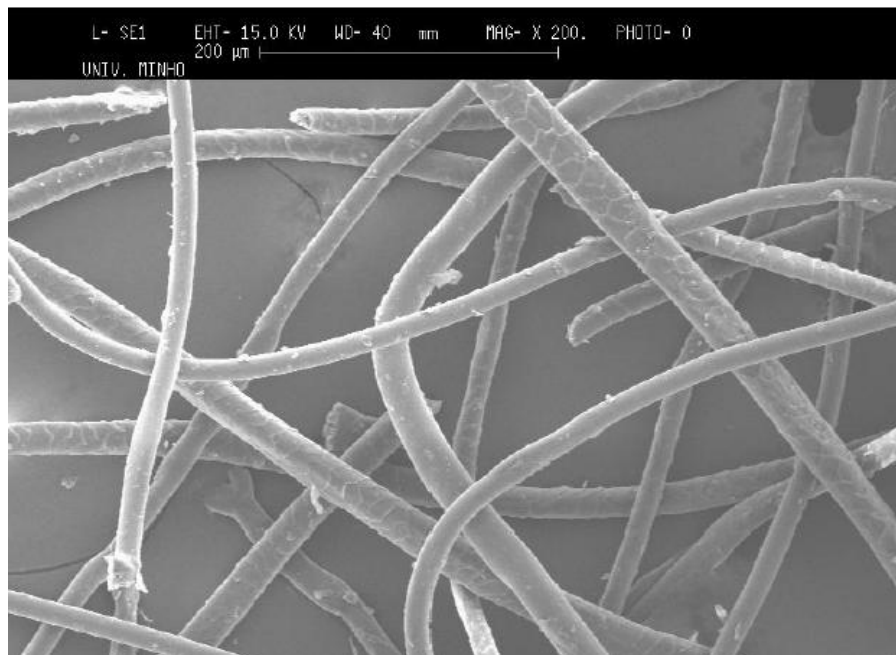


Figura 3.34. – Vestígio nº8 – Fibras encontradas na mala do jipe

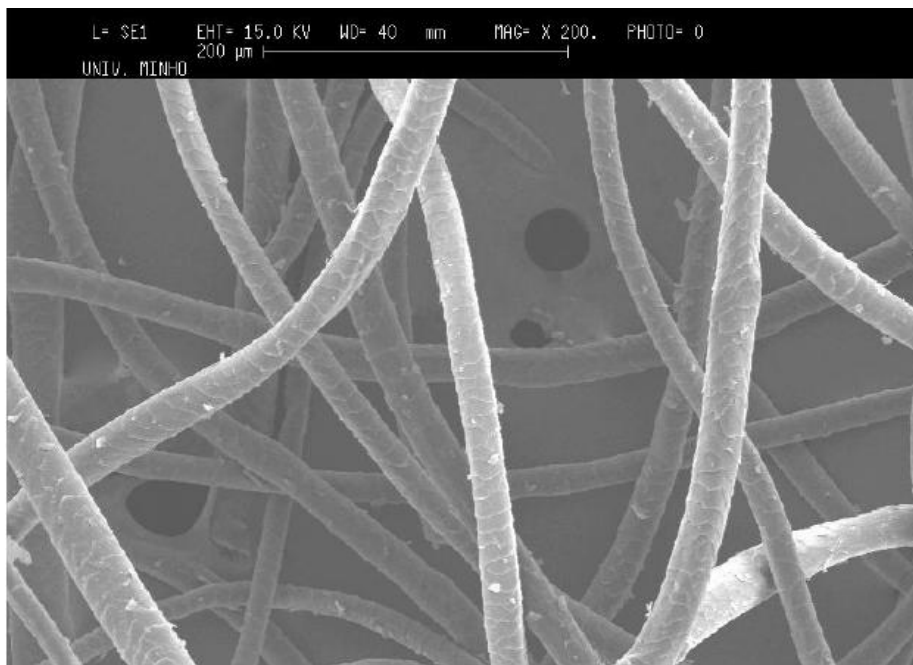


Figura 3.35. – Vestígio nº9 – Fibras do casaco da vítima

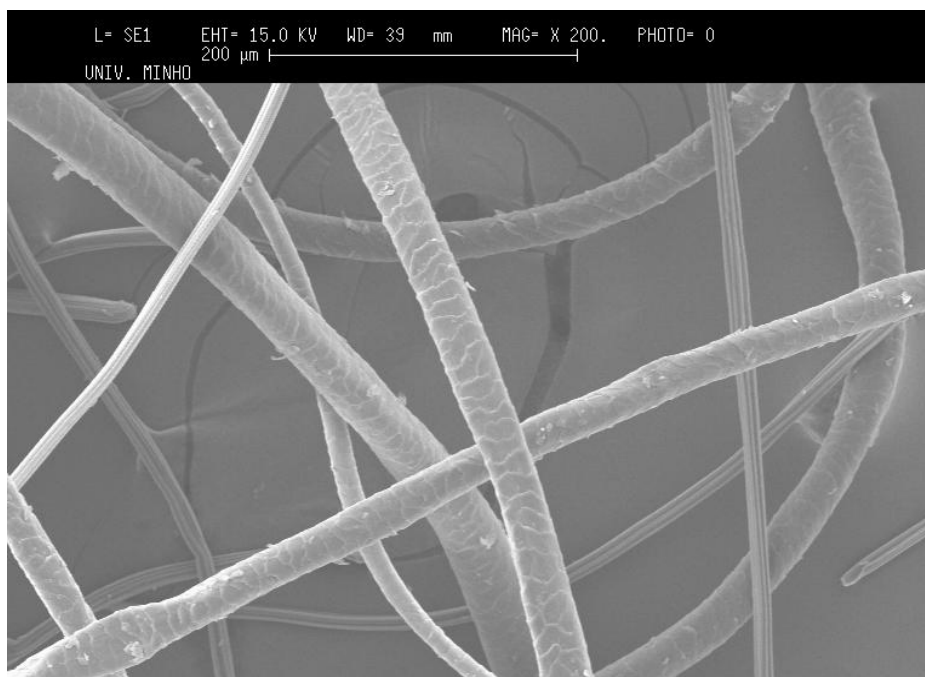


Figura 3.36. – Vestígio nº11 – Fibras recolhidas da roupa do Jorge

Da análise microscópica efetuada constata-se que o vestígio nº8, apresenta dois tipos de fibras diferentes. As diferenças entre as fibras incluem as estriações deixadas pelas “spinerettes” utilizados na produção da fibra, a presença de escamas ímbricas na superfície de uma das fibras (lã) e a diferença da secção transversal dos dois tipos de fibra. A outra fibra que o constitui não é fácil de identificar devendo tratar-se de uma fibra sintética dado o resíduo originado quando da sua combustão.

O vestígio nº 9, fibras do casaco da vítima, apresenta um único tipo de fibras que são claramente de lã. Na imagem de Figura 3.35 é evidente que as fibras são todas de lã, com uma distribuição de espessura como seria de esperar, e pela presença das escamas características em todas as fibras visíveis na imagem.

O vestígio nº11, fibras recolhidas da roupa do Jorge é constituído por dois tipos de fibras diferentes, sendo um deles lã. A outra fibra, por este ensaio, não é identificável mas provavelmente é uma fibra regenerada de origem

celulósica. O teste de combustão efetuado numa amostra demonstrou que estas fibras ardem com cheiro a papel queimado. As fibras não podem ser de algodão ou linho porque não são visíveis as convulsões características destas fibras vegetais na imagem da Figura 3.36.

Densidade

A densidade é uma propriedade física intensiva, que pode ser definida como a massa de matéria num dado volume de substância, equação 3.1..

$$Densidade = \frac{massa}{volume} \qquad d = \frac{m}{v} \qquad \text{Equação 3.1}$$

A densidade relativa de uma substância é a relação entre a sua densidade e a densidade de outra substância tomada como padrão para comparação. Para sólidos e líquidos, o padrão mais comum é a água à temperatura de 4°C e pressão de 1 atm, e, para gases, é o ar à temperatura de 0°C e pressão de 1 atm (Condições Normais de Pressão e temperatura, CNPT).

A densidade de um sólido ou líquido pode ser determinada diretamente, calculando a massa de um volume conhecido de substância. A densidade de um sólido pode ser determinada indiretamente submergindo-o em água e medindo o volume de água deslocado, figura 3.37. A densidade relativa de líquidos e sólidos pode ser determinada pelo uso do picnómetro. [66, 69]

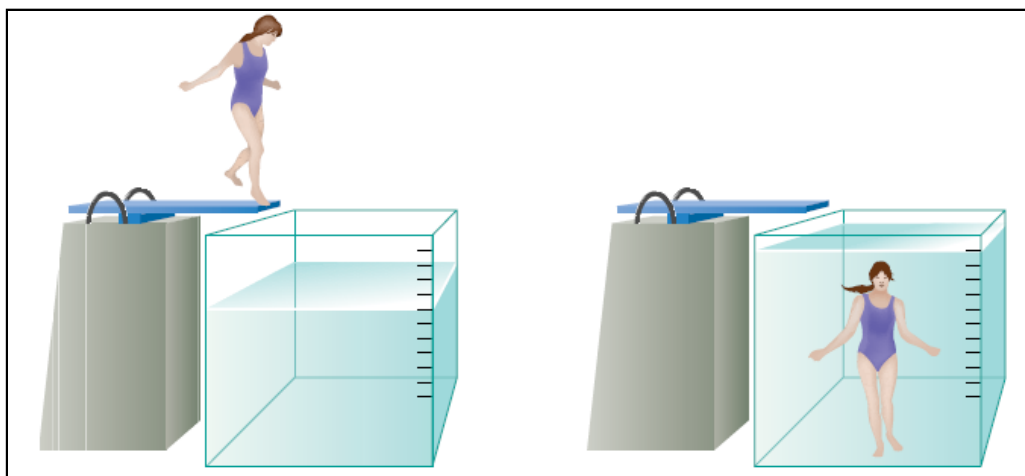


Figura 3.37 – Determinação indireta da densidade de um sólido. [66]

Há alguma dificuldade na aplicação destes métodos às fibras têxteis dado o facto de as fibras poderem absorver algum líquido, já que todas as fibras são higroscópicas, ou haver algum ar entre as fibras na altura da determinação, o que pode ocasionar erros e conseqüentemente a imprecisão das determinações. A densidade das fibras aumenta com a absorção de água. Este aumento deve-se ao encolhimento e inchamento das fibras quando molhadas. Assim em vez de água podem usar-se alguns líquidos orgânicos como, nitrobenzeno, azeite, tetracloreto de carbono entre outros. A tabela 3.5 apresenta os valores de densidade para algumas fibras têxteis. [52]

Tabela 3.5 – Densidade das fibras. Adaptado de [52]

Fibra	Densidade (g/cm ³) a 65% H.R.
Algodão	1,52
Lã	1,31
Seda	1,34
Poliéster	1,39
Poliacrilica	1,19
Poliamida	1,14

A única fibra da qual se determinou a densidade foi a fibra do vestígio identificado com o número 10 e o valor obtido para a sua densidade foi de 1,37. Este valor dá-nos a indicação que a fibra deverá ser de poliéster, mas o teste não é conclusivo pelo que será feito o respetivo espetro IV.

Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier, FTIR

O objetivo desta análise é proceder à comparação da fibra constituinte do vestígio nº 10, encontrado no casaco da vítima e da fibra constituinte dos tapetes da mala do jipe, por FTIR. Até aqui sabe-se que a fibra encontrada no casaco da vítima, vestígio nº 10 é de uma fibra sintética e pretende-se saber qual a sua origem. Como nesta altura há indícios que a vítima poderá ter sido transportada no jipe do Jorge, faz-se a análise por FTIR destas duas fibras, ou seja, da fibra encontrada no casaco e da fibra do tapete da mala.

Os diagramas obtidos para as duas fibras eram idênticos, figura 3.38, sobreponíveis, o que indica que ambos os vestígios eram compostos pelo mesmo tipo de fibra.

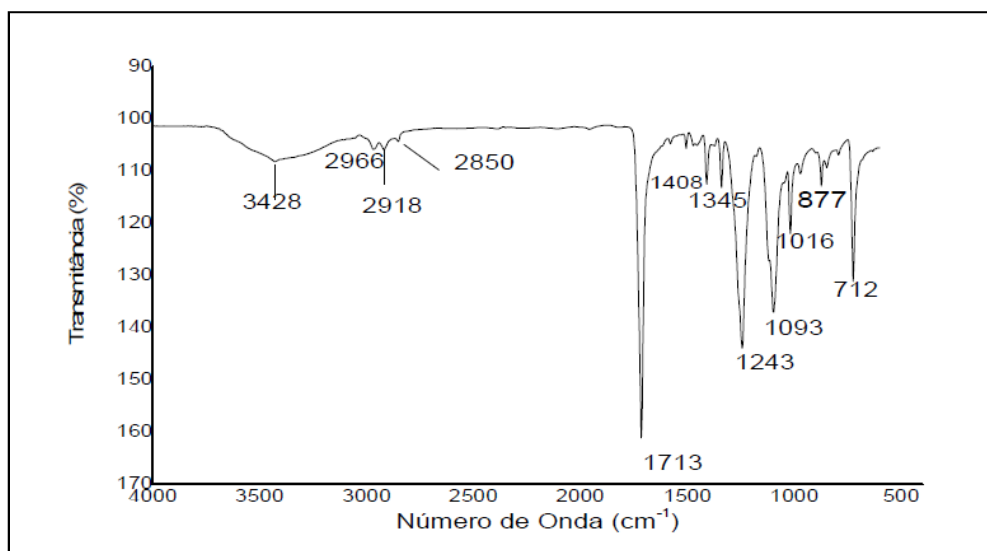


Figura 3.38 – Diagrama de FTIR obtido. [67]

Pela análise do espectro de FTIR obtido constata-se que as fibras são de poliéster. O poliéster é formado por uma reação orgânica típica de condensação, na qual uma molécula de água é libertada, figura 3.39. [68]

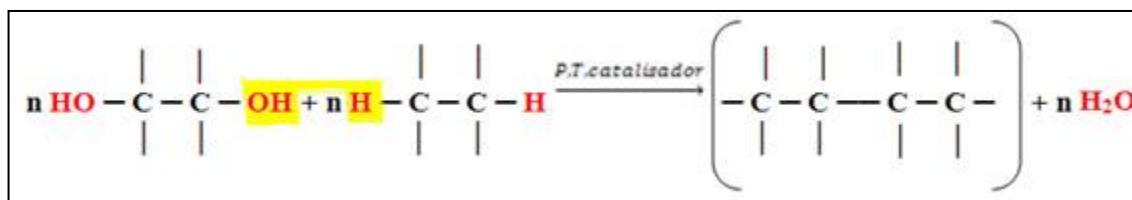


Figura 3.39 – Esquema de uma reação de condensação.

Os poliésteres são polímeros que possuem na sua estrutura vários grupos ésteres, caracterizados pelo seguinte grupo funcional, figura 3.40.

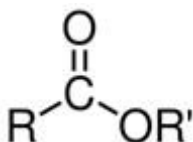


Figura 3.40 – Grupo funcional característico dos ésteres.

Para a formação deste tipo de polímero é necessário que ocorra uma reação de condensação entre um diácido e um diálcool. Cada monómero reage duas vezes, dada a sua difuncionalidade, formando-se dois grupos ésteres com eliminação de água. A unidade estrutural obtida é ainda difuncional, porque cada um dos seus extremos pode reagir novamente com uma molécula de diácido e de diálcool. Figura 3.41. [68]

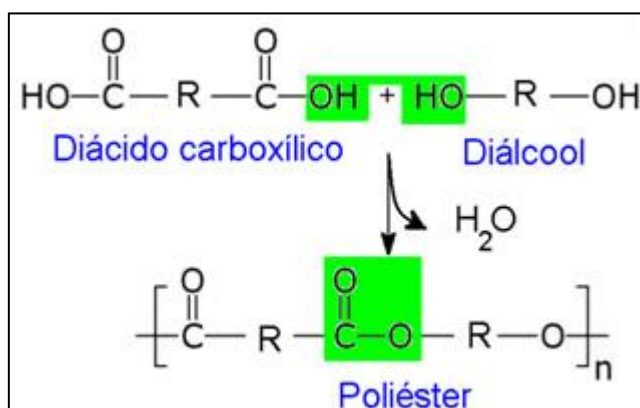


Figura 3.41 – Reação genérica de formação de um poliéster.

Na molécula de poliéster acima, a estrutura entre parêntesis é a unidade estrutural, unidade que distingue os polímeros entre si

O espectro obtido apresenta os picos característicos associados à fibra de poliéster: uma banda de absorção referente à vibração de estiramento simétrico de ligações C-H ($2850\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$) e bandas típicas provenientes de uma variedade de ligações do grupo hidroxilo, grupo OH ($3200\text{--}3650\text{ cm}^{-1}$). No polímero as cadeias terminam principalmente por grupos carboxílicos e ésteres, e estes grupos contribuem para as vibrações correspondentes ao grupo OH à volta de 3430 cm^{-1} . A aproximadamente $1090\text{--}1150\text{ cm}^{-1}$, a banda associada ao modo de vibração de estiramento de ligações C–O. A absorção em torno de 1730 cm^{-1} é atribuída a vibrações do grupo carbonilo do éster.

3.8. O desvendar do crime

O desvendar do crime surge naturalmente quando os três grupos de peritos forenses se encontram, depois de analisados os vestígios referentes a cada um dos suspeitos além de alguns vestígios não associados diretamente a um suspeito, mas a um local, e apresentam as suas conclusões. Como mencionado, parágrafo 3.2., cada grupo de alunos, técnicos forenses, segue fundamentalmente uma pista, neste caso um suspeito, designadamente a amiga da vítima Paula, o ex-namorado, Antunes, e o pretendente Jorge.

O grupo que explorou os vestígios associados à amiga da vítima, Paula, começou por referir que efetuou análise às impressões digitais encontradas no telemóvel e mp3 da vítima e comparou-as com as impressões da Paula, mas não encontrou uma correspondência, assim como com a impressão digital encontrada no bilhete da florista. Procedeu também à análise da tinta da esferográfica da Paula e da tinta encontrada no bilhete da florista mas também não houve uma correspondência. De seguida efetuou a análise de chama aos vestígios de solo encontrados nas solas dos sapatos da vítima e da Inês e, como já referido, observaram a chama com coloração azul/esverdeada de ambos, o que é consistente com a proposta que as duas amostras têm a mesma proveniência. Este resultado foi confirmado pelos resultados da análise de SEM/EDS. Também analisou a mancha encontrada no local onde uma testemunha ouviu uma discussão e o barulho de um carro a arrancar e verificou tratar-se de uma mancha que poderia ser de sangue.

O segundo grupo, que seguiu a pista do ex-namorado da vítima, Antunes, relatou que não houve correspondência entre as impressões digitais do suspeito e aquelas encontradas no telemóvel e mp3 da vítima, mas houve entre as do suspeito e as encontradas no cartão da florista. Quando procedeu à análise comparativa das tintas da esferográfica do suspeito e da do cartão da florista, também verificou uma

correspondência. Da análise comparativa às fibras encontradas na vítima e às provenientes da camisola do Antunes verificou a existência de correspondência. Este grupo também analisou a mancha encontrada no local referido pela testemunha como tendo sido o palco de uma discussão acesa, e tal como o primeiro grupo também constatou que a mancha poderia ser de sangue.

O terceiro e último grupo referiu que não foi encontrada uma correspondência entre as impressões encontradas no telemóvel e mp3 com as impressões do Jorge. Também disseram que as análises aos vestígios de solo encontrados no local de acesso e local onde foi encontrado o corpo da vítima e o vestígio recolhido do tapete do jipe do Jorge não levaram a nenhum resultado concludente. Já a análise efetuada à mancha encontrada na mala do jipe do Jorge indicou poder tratar-se de uma mancha de sangue. Por último, as análises feitas às fibras, apresentam uma série de correspondências, designadamente entre as fibras encontradas no cabelo e roupa da vítima e as encontradas na roupa do Jorge, entre as fibras do casaco da vítima e as fibras encontradas na mala do jipe e entre as fibras da mala do jipe e fibras encontradas no casaco da vítima.

Depois de todos os grupos terem apresentado o resultado das suas análises e de se ter cruzado o cenário com as diversas evidências, verificou-se que:

- A Paula tinha ido com a vítima a casa desta buscar uns apontamentos, tendo ficado resíduos do solo local, contaminado por sulfato de cobre, nas solas dos sapatos de ambas.
- O bilhete da florista foi escrito com a esferográfica do Antunes, já que foi este que lhe enviou um ramo de flores com um pedido de desculpa, numa tentativa para reatar a relação.
- A camisola do Antunes era da mesma fibra daquela encontrada no casaco da vítima. A transferência das fibras deu-se durante o jantar.
- A mancha encontrada no local palco da discussão era provavelmente de sangue e claramente uma amostra recente, sem sinais de degradação o

mesmo acontecendo para a mancha encontrada na mala do jipe do Jorge.

- As diversas correspondências existentes entre as fibras encontradas na roupa do Jorge e no cabelo e casaco da vítima e entre as fibras encontradas na mala do jipe e as fibras do casaco da vítima indiciam que a vítima foi transportada na mala do jipe e que o Jorge esteve em contacto com a vítima, provavelmente quando levantou o corpo, já inanimado, para o colocar na mala do jipe e posteriormente quando o transportou para o local onde foi encontrado. Facto este corroborado pela presença da possível mancha de sangue encontrada na mala do jipe.
- A informação fornecida pela testemunha no local da discussão é consistente com a hipótese que a Inês esteve envolvida numa discussão com outra pessoa e que durante esta discussão foi empurrada, caiu e bateu com a cabeça no marco de pedra. A violência do impacto foi suficiente para provocar a morte imediata no local.

Perante os resultados das análises a opinião dos membros das equipas é de que o Jorge é o culpado deste homicídio, ainda que de forma involuntária. De modo a terminar o processo, a obtenção de uma confissão, os resultados das perícias forenses são enviados à equipa de detetives responsável pelo caso que, em entrevista com o suspeito o confronta com as evidências.

O Jorge na entrevista final com a polícia e quando confrontado com as evidências confessou o crime. Alegou que nunca teve qualquer intenção de magoar a Inês e que estava inconformado com o sucedido. Tinha tido uma discussão com a Inês, conforme relato da testemunha, já que esta pretendia reatar a relação com o Antunes. O Jorge confessou ainda que no calor da discussão terá empurrado a Inês, tendo esta batido com a cabeça no marco de pedra o que lhe causou a morte. No pânico do momento, agiu impensadamente e meteu a Inês na mala do jipe, que se encontrava

estacionado nas imediações e arrancou de imediato, levando-a para o local onde foi encontrada.

A estratégia da utilização de uma encenação forense foi apropriada e os objetivos inicialmente previstos foram atingidos. Os alunos efetuaram várias tarefas de análise diferentes mas todas dentro das competências adquiridas na componente experimental do ensino básico. Aprenderam a interpretar os registos das experiências e a propor hipóteses consistentes com as observações. As hipóteses foram sujeitas a uma avaliação crítica da parte dos alunos e foram consideradas consistentes. Finalmente os alunos apresentaram as conclusões do grupo e discutiram todas as evidências identificadas de modo a chegar a uma proposta plausível para a reconstituição dos acontecimentos desde o momento que a Inês deixou o grupo de amigos até que o corpo dela foi encontrado.

Os alunos também tomaram consciência do facto que nem todos os vestígios resultam em evidências e nem todas estas serão utilizadas como prova. Este aspeto é muito importante em termos pedagógicos pois permite desmistificar um pouco a ideia transmitida por alguns “media” que o trabalho e a investigação científica resultam sempre em provas válidas.

Este tipo de atividade revela-se também como uma ponte entre a Escola Secundária e a Universidade, já que possibilita a definição dos objetivos das visitas dos alunos a esta última instituição para efetuar algumas das análises, designadamente de microscopia, cromatografia e espetrometria. A envolvimento dos alunos na preparação e transporte das suas amostras até à Universidade, seguida do acompanhamento das análises, traduz-se numa enorme motivação para a pesquisa e exploração da ciência.

Capítulo 4 – Aspetos Finais

4.1. Introdução

A elaboração desta dissertação tem como finalidade cumprir as condições previstas para a obtenção do grau de mestre em Ciências – Formação Contínua de Professores: Física e Química e revelou-se um excelente momento de formação e desenvolvimento de competências no âmbito da minha atividade profissional. A atualização tecnológica e científica no ensino de Física e Química é fundamental no desempenho da atividade letiva e a pesquisa, assim como o recurso a técnicas e equipamentos mais recentes permitiu a aquisição de conhecimentos que melhoram, sem dúvida, a qualidade das funções desempenhadas.

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo a contextualização do Ensino de Química no ensino secundário como forma de compreensão científica de questões do dia a dia, como aplicação de conhecimentos científicos com base no desenvolvimento de competências, atitudes e valores e como entendimento crítico de questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade (CTS). O tema escolhido como estruturante da atividade foi a “Química na Análise de Vestígios de Crime”.

Esta atividade, o estudo de um caso pericial, neste caso um homicídio ficcional, revelou-se uma oportunidade excelente para um ensino contextualizado, onde os alunos exploraram os conceitos científicos de uma forma próxima, apropriada e fácil, o que suscitou a curiosidade, o interesse e a motivação.

A explicação de conceitos científicos a partir da utilização da criminologia e práticas forenses em sala de aula, mostrou ser uma via para aproximar os alunos dos seus direitos e deveres enquanto cidadãos, além de ter permitido, na opinião de todos,

uma melhor compreensão e assimilação dos conteúdos, técnicas e métodos, assim como o reconhecimento da Química como uma ciência fundamental para a sociedade atual.

4.2. Sugestões para trabalhos futuros

O tema da *Análise de vestígios de Crime* no domínio da Química é um tema tão vasto que permite a abordagem do ensino de química de forma contextualizada, por recurso a uma grande variedade de tópicos, técnicas e equipamentos, no domínio da Química. Assim, tanto pode ser utilizado para descobrir um homicida, como para analisar a autenticidade de obras de arte ou para avaliar a adulteração de alimentos ou combustíveis, pelo que permite a construção de inúmeras atividades, que por sua vez farão abordagens diferentes com recurso também a técnicas, procedimentos e equipamentos diferentes.

Sobre este tema existe um volume significativo de informação disponível em bibliografia convencional mas também na forma de vídeos, sites da internet, muitos deles com atividades interativas, pelo que é, sem dúvida, um assunto de uma grande riqueza nas inúmeras abordagens e estratégias que permite.

Referências

- 1 Johll, Matthew E., *Química e Investigación Criminal: una perspectiva de la ciência forense*, Editorial Reverté, S. A., Barcelona, 2008, IX-X.
- 2 Funkhouser, John, Deslich, Barbara J., *The Science Teacher*, September 2000, 32-35.
- 3 Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Física e Química A*, 10º ou 11ºanos.
- 4 Bripo, Lya Christina da Costa, Marciano, Eloah da Paixão, Carneiro, Glauce Michelle Bezerra, Sousa, Regis Marcus de, Nunes, Simara Maria Tavares, *A Química Forense como unidade temática para o desenvolvimento de uma abordagem de Ensino CTS em Química Orgânica*. Disponível em: <http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R1076-1.pdf>. Acedido em 22/01/13.
- 5 Leite, L. *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. Caetano, H. & Santos, M. (Orgs.). *Cadernos Didáticos de Ciências*. Lisboa: DES, 77-96.
- 6 Maia, Francisco Sílvio, *Criminalística Geral*, Fortaleza – Ceará, 2012, 5-7.
- 7 Dawson, Lorna A., Campbell, Colin D., Hillier, Stephen, Brewer, Mark J., *Soil Analysis In Forensic Taphonomy*, Taylor & Francis Group, 2008, USA, 271-315.
- 8 Pereira, Artur, *As Perícias na Polícia Judiciária*, Polícia Judiciária, Directoria do Porto. Disponível em: <http://www3.bio.ua.pt/Forense/As%20Pericias%20na%20Pol%C3%ADcia%20Judiciaria%20ArturPereira.pdf>. Acedido em 20/04/13.
- 9 Duarte, Gerson de Lemos, *O Papel da Ciência Forense na Investigação dos Crimes de Homicídio*, Dissertação de Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses, Universidade de Coimbra, 2009.
- 10 <http://www.policiajudiciaria.pt>. Acedido em 20/04/13.
- 11 Collins, David, *Forensic Laboratory Techniques*, chapter 3. Disponível em: http://www.cengage.com/custom/enrichment_modules/data/0759390851_Forensics_Chapter_watermark.pdf. Acedido em 24/01/13.

- 12 Portal Segurança com Cidadania. Local de Crime. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.f 66, ago. 2007. Disponível em: http://solatelie.com/cfap/html3/local_de_crime.pdf. Acedido em 18/06/13.
- 13 <http://store.sirchie.com>. Acedido em 08/06/2013
- 14 Bell, Suzanne, *Forensic Chemistry*, Pearson Education, Inc., USA, 2006, 6-7, 149-180, 489-520.
- 15 *Revisão de Microscopia*, Ministério da Educação e do Desporto, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufri.br/~micha/arquivos/apresentacoes/micgeral.PDF>. Acedido em 22/07/13.
- 16 <http://oficina.cienciaviva.pt/~piv172/PDFs/Acetatos%20n%BA20-21.pdf>. Acedido em 22/07/13.
- 17 Microscopia ótica. Disponível em: http://www.angelfire.com/crazy3/qfl2308/1_multipart_xF8FF_6_Microscopia_otica.pdf. Acedido em 22/07/13.
- 18 Microscopia fotónica. Disponível em: <http://www.dbio.uevora.pt/jaraujo/biocel/mftecnicas.htm>. Acedido em 12/07/13.
- 19 *Tecnología médica mención morfofisiopatología y citodiagnóstico*, Portal del estudiante. Disponível em: <http://morfoudec.blogspot.pt/2008/07/microscopa-de-fluorescencia.html>. Acedido em 12/07/13.
- 20 Centro de Microscopia Electrónica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Disponível em: <http://micelectro.fc.ul.pt/page2/page2.html>. Acedido em 12/02/13.
- 21 Skoog, Douglas A., Leary, James J., *Principles of Instrumental Analysis*, Fourth edition, Saunders College Publishing, USA, 1992, 579-580.
- 22 Kenkel, J. V., *Analytical Chemistry of Technicians*, 3ª Ed., Library of congress Cataloging-in-Publication, 2002.

- 23 Brune, D., Hellborg, R., Whitlow, H.J., Hunderi, O., *Surface Characterization*, Wiley-VCH, 1997.
- 24 Cromatografia. Disponível em: <http://farmacognosiaws.no.comunidades.net/index.php?pagina=1807047088>.
Acedido em 5/07/13.
- 25 Simões, Maria Teresa, Queirós, Maria Alexandra, Simões, Maria Otilde, *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I*, Porto Editora, 1996.
- 26 Koolman, *Color Atlas of Biochemistry*, 2nd edition © 2005 Thieme, pp 55.
- 27 Degani, Ana Luísa, Cass, Quezia B., Vieira, Paulo C., *Cromatografia-um breve ensaio*, Química Nova na Escola, Maio 1998, Nº7, 21-25.
- 28 https://www.google.pt/#q=cromatografia+em+papel&ei=BJ_WUub3ZA6yO7QbG4oCgCg&start=30&sa=N&fp=50a2b5171e8d6fe4&biw=1264&bih=652&cad=b&bav=on.2.or.r.qf. Acedido em 5/07/2013)
- 29 Silva, A. V. Ribeiro, *Técnicas Laboratoriais*, Departamento de Química da Faculdade de Ciências, Porto, 1977, 127-128.
- 30 http://www.barreto.uac.pt/bqm_prat/02ppt_cromatografia.pdf, acedido em 27/07/2013.
- 31 *Determinação da percentagem de hemoglobina glicosilada (hb a1c) por cromatografia de troca iónica* Disponível em: http://www.barreto.uac.pt/bq2_prat/07a_introdHbGlic.pdf. Acedido em 27/07/2013.
- 32 https://www.google.pt/?gws_rd=cr#q=ESPECTRO+ELETROMAGNETICO+EM+POR TUGUES&start=10. Acedido em 9/08/2013.
- 33 Gonçalves, Maria de Lurdes S.S., *Métodos instrumentais para análise de soluções – Análise Quantitativa*, 2ª edição, 3.
- 34 *Métodos analíticos utilizados*. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7381/5/5M%C3%A9todos.pdf>. Acedido em 16/07/13.

- 35 UM, Departamento de Química, *Actividades Laboratoriais de Química para o 10ºano*, Acção CCPFC/DC-3121/09,2011,44-49.
- 36 Silverstein, Robert M., Webster, Francis X., *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*, sexta edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A., 2000, 67-75.
- 37 Nakamoto, K., *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*, fourth edn., Wiley & Sons, New York, 1986.
- 38 Weslop, K., Jones, H., *Química Inorgânica*, Fundação Calouste Gulbenkian Lisboa, 1987, Capítulo 5.
- 39 Willard, H.H., Merritt, L., Dean, J., *Análise Instrumental*, 2ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1979.
- 40 www2.ufpa.br/quimdist/livro_novo/quimica.../cap%208%20-%209.pdf. Acedido em 27/07/2013.
- 41 Rohrig, Brian, *Forensics of Blood*, Chemmatters, february, 2008, 4-7.
- 42 XII-Biotech-A-Blood Detection-6: Disponível em: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/biotech/12A.pdf> Acedido em 19/06/2013.
- 43 Conecta 190, *Tecnologia em Segurança Pública*, disponível em: <http://www.conecta190.com.br/file/pdf/5-Coleta-de-evidencias-em-local-de-crime.pdf> Acedido em 19/06/2013.
- 44 Chemello, E., Química Virtual, *Ciência forense: manchas de sangue*, Janeiro, 2007, 1-11.
- 45 Vaz, Josiana Adelaide, *Metodologias de detecção de vestígios biológicos forenses*. Dissertação de mestrado em Biologia Molecular e Celular, Universidade de Aveiro, Departamento de Biologia, 2008.
- 46 Watkins, M. D., Brown, K.C., *Blood Detection: A comparison of visual enhancement chemicals for the recovery of possible blood stains at the crime scene*. Disponível em: <http://www.bluestar->

- forensic.com/pdf/en/Watkins_Brown_luminol_BS.pdf. Acedido em 31/08/2013.
- 47 Silva, Joaquim Esteves, Rocha, Sónia, *À descoberta de Química e da Bioquímica*, Oficina de verão, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 2010.
- 48 Chemello, E. Química Virtual, *Ciência forense: impressões digitais*, Dezembro, 2006, 1-9.
- 49 Sebastiany, Ana P., Pizzato, M.C., Del Pino, J. C., Salgado, Tânia, D. M., Educación Química, *A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos*, 24, 2013, 49-56.
- 50 Villegas, Marvin Javier Dávila, Revista Ingeniería Primero, *Procedimientos de análisis de suelos en una investigación criminal segunda parte. análisis y experimentos*, 15,2010, 88-114. Disponível em:http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_15 QUI02.pdf. Acedido em 9/05/2013.
- 51 Chang, Raymond, *Chemistry*. — 10th ed., Raymond Chang, 282-285.
- 52 Araújo, Mário, Castro, E.M. de Melo, *Manual de Engenharia Têxtil*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, volume I, 1-99.
- 53 Hatch, Kathryn L., *Textile Science*, West Publishing Company, USA, 1993.
- 54 <http://brigadathanatos.wordpress.com/2010/03/05/relatorio-da-autopsia/>. Acedido em: 24/04/2013.
- 55 Vaz, J.a,b; Chelas, S.; Santos, S.; Queirós, B.b; Gonçalves, A.; Pereira, M.; Alves, M.b, *Estudo forense do sangue*, Universidade de Aveiro, Debio departamento de Biologia. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/7519/3/Estudo%20forense%20do%20Sangue%20poster%2097.pdf> Acedido em: 18/01/2013.
- 56 <http://images.search.conduit.com/search/?q=hemoglobina&ctid=WEBSITE&SearchSource=53&FollowOn=true&PageSource=Results&SSPV=&CUI=&UP=&UM=> Acedido em 26/01/2013.

- 57 Hernández, Cristina Maynau, *S'há escrit un crim. Criminologia i Química*. Treball de Recerca, IES Tossa de Mar, 2010.
- 58 Vasconcelos, Raimundo C. da Silva, *Sistemas Automáticos de Identificação de Impressões Digitais*. Disponível em: <http://www.anchieta.br/unianchieta/revistas/ubiquidade/Site/ubiquidade/pdf/Artigo5.pdf>. Acedido em 18/01/2013.
- 59 Rosino, António Wagner, *Medicina Legal – 2º Bimestre*. Disponível em: http://www.danitoste.com/resumos/5_2010/res_2010_medicinalegal_2bim.pdf. Acedido em 18/01/13.
- 60 Peixoto, A.S., Ramos, A.S., *Filmes finos e revelações de impressões digitais latentes*, Universidade de Coimbra, Dept. Eng. Mecânica. Disponível em: http://www.danitoste.com/resumos/5_2010/res_2010_medicinalegal_2bim.pdf. Acedido em 5/08/2013.
- 61 Pye, Kenneth, Croft, Debra J., *Forensic Geoscience: Introduction and overview*. Geological Society, London, Special Publications 2004, v.232; 1-5.
- 62 Santos, F. Henrique, *Contrafacção e falsificação*. Disponível em: <http://ew6nnv.esoterica.pt/forenses/contrafa.htm>. Acedido em 5/08/2013.
- 63 Furlan, Natalie Seguro, *Estudos sobre a recentidade de documentos utilizando-se a técnica de cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (gc-ms)*. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2008.
- 64 Constantino, M.G., Silva, G. V. J. da, Donate, P. M., *Fundamentos de Química Experimental*, Edusp, 2004, 201-204.
- 65 Silveira, Silvia, *Manual de Matérias Primas Têxteis*, Centro de Formação Profissional para a Indústria de Lanifícios.
- 66 Zumdahl, Steven S., Zumdahl, Susan L., DeCoste, Donald, J., *World of Chemistry*, Houghton Mifflin Company, U.S.A., 2007, 157-161.
- 67 Assis, Adriana H. C., *Avaliação das mudanças ocorridas em fibras de poliéster submetidas a tratamento alcalino e enzimático*. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curitiba, 2012.

- 68 Rosen, Stephen L., *Fundamentals Principles of Polimeric Material*, John Wiley & Sons, Inc, USA, 1971, 8-22.
- 69 Carvalho, Paulo Simeão, Sousa, Adriano Sampaio e, Paiva, João, Ferreira, António José, *Ensino Experimental das Ciências – Física e Química*, Universidade do Porto, 2012.