

Guia Didático do Professor

Programa
Tudo se Transforma
Química Forense

A História da Química
contada por suas descobertas

Química
1ª Série | Ensino Médio

CONTEÚDOS DIGITAIS MULTIMÍDIA

Coordenação Didático-Pedagógica

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

Redação e Revisão

Camila Welikson

Projeto Gráfico

Eduardo Dantas

Diagramação

Romulo Freitas

Revisão Técnica

Nádia Suzana Henriques Schneider

Produção

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Realização

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Ministério da Ciência e Tecnologia

Ministério da Educação

Vídeo (Audiovisual)

Programa: Tudo se Transforma

Episódio: Química Forense

Duração: 10 minutos

Área de aprendizagem: Química

Conteúdo: A História da Química contada por suas descobertas

Conceitos envolvidos: métodos analíticos, químico forense, antropometria, datiloscopia e impressão digital.

Público-alvo: 1ª série do Ensino Médio

Objetivo geral:

Explicar o que é a química forense e como ela funciona.

Objetivos específicos:

Descrever o trabalho de um perito forense;

Identificar métodos analíticos;

Explicar o que é a antropometria;

Contar a história da impressão digital;

Analisar casos famosos da química forense.

Pré-requisitos:

Princípios de Química orgânica.

Tempo previsto para a atividade:

Consideramos que uma aula (45 a 50 minutos cada) será suficiente para o desenvolvimento das atividades propostas.

Introdução

O programa *Tudo se Transforma* é um documentário televisivo que aborda temas diversos através de uma montagem de imagens e encenações divertidas. O episódio intitulado *Química Forense* busca explicar o que é esta parte da ciência, explorando o trabalho do perito forense e fazendo uma retrospectiva histórica da evolução deste ramo de pesquisa.

Certamente, seus alunos acharão o assunto interessante e esta é uma excelente oportunidade para você captar a atenção deles, explorando o tema da melhor forma possível. Para isso, instigue-os a fazer comentários, dar sugestões e expor dúvidas. Separe um tempo inicial para que eles, ordenadamente, exponham suas ideias e opiniões. Incentive, quando for possível, discussões que relacionam o que está sendo estudado com a visão de mundo deles.

Não se esqueça de verificar, com antecedência, se os recursos necessários para a apresentação do vídeo estarão disponíveis no dia de sua aula. Você vai precisar de um computador ou um equipamento específico de DVD conectado a uma TV ou projetor multimídia.

I. Desenvolvimento

Seria interessante começar a aula perguntando aos alunos se eles acreditam em crimes perfeitos. Deixe que eles deem opiniões e façam comentários. A curiosidade é um elemento gerador de aprendizagem. Incitar a curiosidade deles com este tipo de pergunta é bastante válido, desde que você faça a contextualização logo em seguida. Diga, então, que existe um profissional, o químico forense, que não acredita em crimes perfeitos e com base nessa premissa, usa vestígios deixados em cenas de crime para fornecer à polícia informações que ajudem a resolver tais crimes. Estas mesmas informações são utilizadas em julgamentos para ajudar na elaboração de um veredicto correto. Muitas vezes, as evidências deixadas no local do crime respondem várias perguntas, tais como: um crime realmente ocorreu? Quem o cometeu?

Pergunte a seus alunos se eles já viram filmes ou seriados sobre crimes desvendados com a ajuda de policiais que são, na realidade, peritos químicos. Provavelmente, alguns alunos já devem ter visto algo assim na televisão. Explique a eles que isso não é mera ficção. Pelo contrário, esses programas utilizam informações reais da área da ciência que estuda justamente a aplicação de conhecimentos da Química e da Toxicologia no campo legal e judicial. Apresente a eles a expressão “química forense”, explicando o significado desta última palavra que, como consta no dicionário Novo Aurélio, é tudo aquilo respeitante ao foro judicial. Em outras palavras, a ciência é utilizada para desvendar crimes, assassinatos, roubos, envenenamentos etc.

OS MÉTODOS ANALÍTICOS

Os peritos trabalham em cima das provas e as provas não mentem.

É provável que seus alunos fiquem bastante interessados em saber mais sobre a química forense, porque este é um assunto que pode parecer bastante romanesco, uma vez que conta com indivíduos que desvendam mistérios, resolvem crimes e descobrem assassinos.

Mostre a seus alunos que o sucesso no trabalho do **perito forense** depende unicamente de provas e evidências, sem as quais não é possível dar continuidade à investigação. Essas provas e evidências devem ser levadas para análise, que é a base do trabalho desses profissionais. A partir daí, aproveite para introduzir o tema “métodos analíticos”.

Deixe claro que na Química, as análises podem ser realizadas através da separação de componentes de interesse, chamados de **analitos**. As técnicas utilizadas variam bastante (precipitação, extração, destilação etc.).

Em uma cena de crime, os materiais coletados são levados para análise. Tais materiais possuem compostos que podem ser identificados através de cor, solubilidade, ponto de fusão etc. Neste momento da aula, você pode fazer uma breve explicação sobre cada um desses conceitos ou até mesmo pedir a seus alunos que expliquem o que é cada um dos termos citados. Aproveite para fazer uma revisão da matéria.

Explique, em seguida, que a **análise** pode ser dividida em duas classes: **qualitativa** e **quantitativa**. A primeira é utilizada quando o objetivo é determinar ou identificar espécies ou elementos químicos presentes em uma amostra. Já a segunda é usada para determinar a quantidade de uma espécie ou de um elemento químico em determinada amostra.

Lembre que a **química forense** depende da capacidade analítica e interpretativa do profissional, mas muitas vezes o material analisado pode fazer parte de uma amostra extremamente pequena ou mesmo invulgar. Não é raro haver substâncias associadas a outras como sangue, urina, tecidos humanos e até mesmo conteúdo do estômago. Para realizar estas análises, é preciso conhecimento e astúcia. O material pode, também, estar em condições ruins para análise porque, muitas vezes, sofreu putrefação, efeito do fogo ou foi escamoteado.

ANÁLISE DE MATERIAIS

Peritos forenses não trabalham com suposições. Na prática, eles coletam vestígios com pinças e cotonetes, buscando as evidências científicas que se destinem a firmar convicção sobre a verdade dos fatos.

Os materiais para **análise forense** são diversos. Os mais conhecidos são, evidentemente, sangue, fluidos corporais e venenos. Mas, além desses, há inúmeros outros materiais que podem levar a soluções de casos, por exemplo: estilhaços de vidros, vestígios de pólvora, cinzas de cigarro, pelos e fios de cabelo, corantes, drogas, enfim, qualquer coisa que deixe marcas químicas identificáveis.

Você pode realizar um experimento em sala de aula para mostrar que, em alguns casos, a análise de materiais é bastante simples. Para isso, fale com seus alunos sobre um crime bastante comum: a adulteração de gasolina.

A adulteração pode ser facilmente identificada através de um experimento químico simples, facilmente realizado em sala de aula, desde que haja condições de segurança adequadas. Através deste experimento, você pode mostrar a seus alunos a importância da análise dos materiais.

mais detalhes!

Para saber mais sobre a química forense, leia o artigo *Química forense: a utilização da Química na pesquisa de vestígios de crime*, de OLIVEIRA, Marcelo Firmino de, Química Nova na Escola, no 24, novembro de 2006, p. 17-19. Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd2.pdf>



dica!

Para saber mais sobre a realização deste experimento, acesse o site da UNESP, onde há mais explicações sobre a determinação do teor de álcool em gasolina.

Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/lvq/expo2.htm>

De acordo com a **legislação brasileira**, é permitido adicionar até 25% de álcool anidro à gasolina. Alguns postos adulteram o produto vendido, prejudicando o consumidor. Para identificar se a gasolina comercializada está dentro dos padrões no que se refere ao teor de álcool, coloque 50 mL de gasolina em uma proveta graduada de 100 mL. Em seguida, adicione 50 mL de água com cloreto de sódio dissolvido. Tampe bem a proveta e misture o conteúdo. Deixe descansar. Depois de algum tempo, a gasolina, por ser menos densa, ficará na parte superior da proveta e, embaixo, ficará a água salgada com o álcool extraído da gasolina. Explique aos seus alunos por que o álcool é extraído da gasolina:

1. Água é polar e gasolina é apolar. Por essa razão, a mistura dos dois é heterogênea (duas fases);
2. O álcool é menos polar que a água e se dissolve na gasolina formando uma única fase (homogênea);
3. Em função da polaridade, o álcool tem mais afinidade pela água do que pela gasolina;
4. O sal é um composto iônico, o que potencializa retirar o álcool da gasolina, com mais eficácia.

Com estas informações, você pode, junto a seus alunos, realizar os cálculos para saber a porcentagem de álcool que havia na gasolina e concluir se ela estava ou não adulterada. Mas, lembre-se: esta não é considerada uma análise da Química Forense.

DA ANTROPOMETRIA ÀS IMPRESSÕES DIGITAIS

O método de Faulds é considerado o marco inicial da técnica de datiloscopia.

Vale a pena explorar um pouco a **história da química forense**. Conte aos seus alunos que enquanto a identificação do arsênico como meio de envenenamento estava sendo analisada, o policial e antropólogo francês **Alphonse Bertillon** desenvolveu um método de identificação de criminosos através de medidas físicas: a antropometria.

Explique aos seus alunos que o sistema consistia em fazer medições da cabeça e do corpo, além de identificar marcas permanentes como tatuagens e cicatrizes. Bertillon criou uma fórmula com todos os números obtidos e o resultado, segundo ele, seria único e imutável, ou seja, só poderia estar relacionado a uma pessoa, como é hoje a **impressão digital**. Entretanto, as medições não eram nada precisas e o sistema se mostrou falho, sendo, portanto, bem diferente do método de identificação por impressão digital. Este método foi popularizado por **Henry Faulds**, dando origem à **técnica de datiloscopia**.

É bom deixar claro que a impressão digital já existia muito antes de Bertillon e Faulds, mas não era usada pela química forense. Na Pérsia, no século XIV, por exemplo, já existiam documentos oficiais do governo com impressões digitais e lá um médico já havia constatado que não existiam duas impressões digitais iguais.

Portanto, Henry Faulds não é o responsável pela descoberta da impressão digital, mas teve um importante papel na defesa da sua utilização como método de identificação e classificação e, também, como técnica forense.

Para que seus alunos compreendam bem como funciona a identificação através das impressões digitais, explique que cada pessoa tem na pele de seus dedos minúsculos sulcos e vales, chamados de impressões digitais. Esses detalhes são importantes para o manuseio de objetos, são como as ranhuras de um pneu que auxiliam a sua fixação ao chão.

No caso dos seres humanos, apesar de ter o propósito de colaborar no manuseio de objetos, os sulcos e vales acabam por adquirir outra finalidade, a de identificação, já que cada pessoa tem uma impressão digital exclusiva, é como um cartão de identidade do corpo.

Vale aqui colocar uma questão interessante. Se é a pele dos dedos que possui sulcos e vales, então, os dedos dos pés também têm impressões digitais? Pergunte a opinião dos seus alunos e em seguida, explique que sim, os dedos dos pés também possuem impressão digital.

UM CASO QUE AINDA INTRIGA PERITOS FORENSES

Uma mísera amostra de fios de cabelo foi suficiente para que uma morte aparentemente causada por um câncer gástrico se transformasse num suposto assassinato.

Em casos de morte, a descoberta de veneno no corpo da vítima indica, naturalmente, o assassinato. Bem, não foi assim com Napoleão Bonaparte, como mostra o vídeo. Neste episódio, análises feitas com fios de cabelo do defunto indicaram arsênico em seu organismo, mas essa descoberta, feita na década de 1960, gerou mais perguntas do que respostas. Enfim, este é um caso clássico que intriga cientistas e historiadores de todo o mundo. Geralmente, o arsênico é facilmente identificado no corpo humano.

Você pode explorar este assunto com seus alunos e contar a eles que nem sempre foi fácil tirar conclusões em relação à presença de arsênico no organismo de defuntos e por isso, durante séculos, ele foi utilizado para assassinar muitas pessoas, incluindo reis, rainhas e papas.



mais detalhes!

Veja mais informações sobre as impressões digitais lendo o texto *Como funcionam os leitores de impressões digitais*, de HARRIS, Tom, através do site *How stuff works?* Disponível em: <http://informatica.hsw.uol.com.br/leitores-de-impressoes-digitais1.htm>



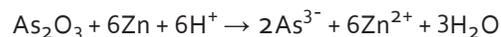
dica!

Para saber mais sobre a realização deste experimento, acesse o site da UNESP, onde há mais explicações sobre a determinação do teor de álcool em gasolina. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/lvq/expo2.htm>

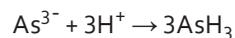
Comente com seus alunos que o alquimista Abu Musa Jabir Ibn Hayyan, no século VIII, descobriu como transformar arsênico puro, um metal acinzentado, em óxido de arsênio, cuja fórmula química é o As_2O_3 . O óxido arsênico é um pó branco que não tem gosto nem cheiro e, por isso é facilmente misturado a bebidas e comida. Até o século XIX, ninguém sabia como detectá-lo no corpo e por isso, ele foi bastante usado em envenenamentos. Era tão popular entre criminosos que foi apelidado de pó da herança, uma vez que era usado para acelerar a herança de tronos e títulos de nobreza.

Conte aos seus alunos que o químico britânico **James Marsh** foi o primeiro a encontrar uma forma de acusar a existência de arsênico no corpo de pessoas assassinadas. Seu método é utilizado até hoje e pode detectar até amostras bem pequenas, de 0,02 mg.

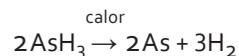
Mostre aos seus alunos o método descoberto por Marsh. Em primeiro lugar, ele adicionou zinco metálico puro e ácido sulfúrico à amostra que seria testada. Se nesta amostra existisse óxido de arsênico, seria reduzido pelo zinco, conforme indica a equação química abaixo:



Os íons As^{3-} se combinam com os íons hidrogênio do ácido sulfúrico e com isso, ocorre a produção de um gás chamado arsina, cuja fórmula é AsH_3 :



Se houver, realmente, produção de arsina, é possível aquecê-la. O calor provoca a sua decomposição e esse processo resulta num filme prateado escuro de arsênico e gás hidrogênio:



Nos testes realizados, ficou comprovado que o filme prateado de arsênico, também chamado de espelho de arsênico, tem a mesma quantidade de arsênico contido na amostra. Sendo assim, ficou claro que a partir daquela descoberta, seria possível determinar até a quantidade de óxido de arsênico encontrado no corpo de uma pessoa envenenada. É preciso, contudo, ter cuidado, pois se a amostra de zinco utilizada no teste não for pura, pode conter arsênico, o que levaria a falsos resultados. Hoje, os testes são confiáveis porque são usadas substâncias puras.

O LUMINOL

Uma dessas substâncias químicas é o luminol, que é utilizado pelos peritos criminais para revelar traços de sangue na cena de um crime.

O **luminol** é bastante utilizado por químicos forenses e é frequentemente mostrado em filmes, seriados de televisão e até mesmo em noticiários em casos de crimes famosos.

O luminol, tão conhecido, é na realidade um produto que foi desenvolvido por H. O. Albrecht em 1928 e é feito com a mistura da substância química luminol ($C_8H_7O_3N_3$) e outra substância à base de peróxido de hidrogênio.

Este produto utiliza o ferro presente na hemoglobina como catalisador, causando uma reação de quimiluminescência. Em outras palavras, o luminol causa uma reação de oxidação que ilumina o local onde há sangue.

Desta forma, é possível encontrar vestígios de sangue em locais onde houve um crime e também em roupas e objetos. Os tecidos, especialmente, são incriminadores porque as suas fibras absorvem partes do composto de ferro mesmo se o criminoso tenha tentado limpar a área com sangue.

Utilize as imagens apresentadas no vídeo para explicar a **reação química** que ocorre durante a utilização do luminol.



mais detalhes!

Para saber mais sobre as reações fotoquímicas, leia o texto *Reações fotoquímicas*, de SAINT'PIERRE, Tatiana Dillenburg, em

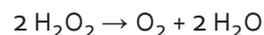
http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_reacoes_fotoquimicas.pdf

Explique para os seus alunos que o luminol é um composto em pó feito com carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Sua fórmula química é $C_8H_7O_3N_3$.

O pó é misturado com um líquido que contém peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidróxido (OH^-), além de outros produtos químicos. Este líquido é pulverizado em áreas onde pode haver sangue. O luminol e o peróxido de hidrogênio são os principais agentes da reação química que produz brilho, mas esta reação é muito lenta e ocorre mais rapidamente se houver um catalisador. O ferro é um catalisador e está presente na hemoglobina. Portanto, o líquido, quando borrifado em área onde há sangue, detecta a presença do catalisador (ferro) e a reação entre peróxido de hidrogênio e luminol é acelerada.

Esta é uma **reação de oxirredução** que ocorre entre a água oxigenada (oxidante) e o luminol (reductor), em meio básico, acelerada pela presença do catalisador ferro presente na hemoglobina do sangue.

Comumente, uma solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidróxido metálico aquoso é usada como ativadora da reação. Na presença de um catalisador como o ferro do sangue, o peróxido, poderoso oxidante, se decompõe e forma oxigênio e água.



Ao borrifar uma mistura de luminol/peróxido de hidrogênio (água oxigenada)/hidróxido de sódio sobre a mancha de sangue que contém ferro, o luminol perde átomos de nitrogênio e hidrogênio e adquire átomos de oxigênio. O resultado é um composto chamado 3-aminoftalato.

Com a reação, este composto fica em um estado de energia mais elevado. Isto ocorre porque os elétrons dos átomos de oxigênio são empurrados para orbitais mais elevados e retornam mais rapidamente para um nível de energia menor, assim, ocorre a emissão de uma energia extra em forma de fótons de luz. É justamente o ferro presente na hemoglobina que faz com que a luz brilhe de forma mais intensa, podendo ser vista em um ambiente escurecido.

QUESTÕES ÉTICAS DA QUÍMICA FORENSE

A promotoria acreditava ter em mãos um caso que não poderia ser contestado, mas foi surpreendida pela estratégia dos advogados de defesa: o questionamento das provas técnicas.

Para finalizar a aula, coloque uma questão para ser debatida: os cuidados necessários na apuração de **pistas forenses**. Repasse o vídeo no momento em que é citado o caso O. J. Simpson. Seria interessante buscar na internet informações extras sobre este caso.

Raras vezes eu vi um local de crime preservado. Pelo contrário, o que eu vi foi um verdadeiro circo (...), a preservação do local do crime é fundamental. No Brasil, não acontece.

Explique a importância da **manipulação correta das evidências** e faça uma comparação com o uso de EPIs em laboratório. Da mesma forma que é fundamental se proteger ao utilizar substâncias químicas, é fundamental proteger as provas para que não ocorram erros mais tarde.

Repita as frases do entrevistado no vídeo, o **perito criminal** Mauro Ricart, e instigue seus alunos a debater sobre as questões levantadas por ele. Lembre que a Química pode ajudar a desvendar mistérios e resolver crimes, mas se as evidências forem destruídas, dificilmente será possível utilizá-las em favor da justiça.

Coloque mais uma questão para ser debatida: alguns peritos e químicos forenses não estão satisfeitos com os seriados de televisão que exploram esta profissão, pois tais programas dão pistas aos criminosos de como apagar evidências e deixar menos rastros.

2. Atividades

- a) Leve para a sala de aula uma cesta de frutas de diversos tipos e peça para os alunos fazerem uma análise do conteúdo, primeiro qualitativamente e, em seguida, quantitativamente. No primeiro momento, eles devem avaliar se as frutas estão maduras, estragadas, se são frutas cítricas ou doces etc. Na segunda parte do trabalho, eles devem dividir as frutas por espécie e numerá-las. Desta forma, fica clara a **diferença entre análise qualitativa e análise quantitativa**.
- b) Peça para os seus alunos realizarem uma **pesquisa sobre crimes** que foram desvendados graças ao trabalho dos **químicos forenses**. Um exemplo é o de crimes em que manchas de sangue só foram descobertas graças ao uso de reagentes químicos.

3. Avaliação

É importante e mais conveniente que a sua avaliação seja feita de modo **formativo** enquanto estiver utilizando recursos midiáticos pedagógicos. Desta forma, fica mais simples e fácil tomar decisões futuras para a continuidade do processo de ensino-aprendizagem com qualidade e bom aproveitamento.



Para a realização de uma boa avaliação é fundamental o seu envolvimento desde a **definição** dos objetivos. Nesta etapa, estipule os critérios e atribua **parâmetros** geradores de conceitos e notas. Ao avaliar o trabalho dos seus alunos, você pode e deve avaliar o seu próprio trabalho. Não tenha receio de fazer uma **auto-avaliação** porque é através dela que você vai ser capaz, se necessário, de melhorar ações futuras, repensando seu método de ensino e reformulando os objetivos propostos inicialmente.

Estimule os debates após a apresentação dos vídeos porque, desta forma, você poderá avaliar a construção de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Deixe que seus alunos exponham suas opiniões sobre o trabalho apresentado e aproveite estes comentários para captar indicações sobre a qualidade das aulas. Fique atento, também, aos questionamentos, porque eles indicam se os **objetivos** traçados inicialmente foram atingidos ou se será preciso focar em algum assunto específico que não tenha ficado claro.

Aproveite, também, para utilizar o conteúdo do vídeo na elaboração de **instrumentos formais** de avaliação como provas e testes.

4. Interdisciplinaridade

Provavelmente, a química forense despertará o interesse de muitos alunos. Aproveite para convidar outros professores para trabalhar o tema. Por exemplo, convide o professor de História para fazer uma revisão dos crimes famosos que ficaram sem solução. Um excelente exemplo é o caso do Jack, o estripador, nunca descoberto. Como teria sido se a química forense já fosse uma ciência desenvolvida naquela época? Instigue seus alunos a debater o assunto.

Sugira, ainda, que o professor de História realize uma contextualização dos principais acontecimentos mundiais nos períodos relevantes da história da química forense. Assim, os alunos terão mais facilidade para perceber a importância das descobertas dessa área e a revolução que elas representaram no período em que ocorreram.

Sugira que os alunos pesquisem na internet notícias de crimes desvendados e não desvendados. Peça a ajuda da professora de Português para fazer uma leitura e triagem das notícias e veja onde houve participação importante de químicos forenses. Analise com os alunos as atividades desses profissionais.

VÍDEO - AUDIOVISUAL

EQUIPE PUC-RIO

Coordenação Geral do Projeto
Pércio Augusto Mardini Farias

Departamento de Química

Coordenação de Conteúdos

José Guerchon

Revisão Técnica

Nádia Suzana Henriques Schneider

Assistência

Camila Welikson

Produção de Conteúdos

Hiram Araújo

CCEAD - Coordenação Central de Educação a Distância

Coordenação Geral

Gilda Helena Bernardino de Campos

Coordenação de Audiovisual

Sergio Botelho do Amaral

Assistência de Coordenação de Audiovisual

Eduardo Quental Moraes

Coordenação de Avaliação e Acompanhamento

Gianna Oliveira Bogossian Roque

Coordenação de Produção dos Guias do Professor

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

Assistência de Produção dos Guias do Professor

Tito Tortori

Redação

Alessandra Muylaert Archer

Camila Welikson

Gabriel Neves

Tito Tortori

Design

Isabela La Croix

Romulo Freitas

Revisão

Alessandra Muylaert Archer

Camila Welikson