

UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS A SERVIÇO DA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL

William Oliveira de Araujo

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).

Especialista em Ciências Forenses IFAR/LS

E-mail: william_wwo@hotmail.com

Resumo

A investigação criminal cada vez mais recorre a métodos científicos para auxiliar o esclarecimento de fatos ligados ao judiciário, o que se denomina de ciências forenses. Há relatos da utilização das ciências forenses no esclarecimento de infrações, fraudes e assassinatos desde os primórdios da humanidade, assessorando os sistemas judiciais a obter sua meta primordial, a punição dos culpados. Em específico dentro das ciências forenses, tem-se a química forense que é um ramo que se ocupa da investigação forense no campo da química especializada, com objetivo de atender aspectos de interesse do judiciário. Existem diversas técnicas de análises químicas, como cromatografia e espectrofotometria, que são utilizadas a fim de auxiliar no esclarecimento da dinâmica e complexidade em que os crimes ocorrem, sejam eles homicídios, suicídios, furtos, roubos ou até adulterações de produtos. O desenvolvimento tecnológico vem auxiliando de forma significativa na expansão do termo forense como é conhecido atualmente. Contudo ainda há um vasto campo a ser explorado, permitindo assim a descoberta e o aprimoramento de muitas técnicas e métodos que podem ser utilizados na perícia.

Descritores: Química forense, Cromatografia, Espectrofotometria, Perícia.

ANALYTICAL METHODS IN THE SERVICE OF CRIMINAL INVESTIGATION

Abstract

The criminal investigation is increasingly using scientific methods to help figure out judiciary facts, which is called forensic science. It has been reported the use of forensic science in the infractions, fraud and murder since of the beginnings of humanity, advising the judicial systems to achieve the primary goal, the punishment of the guilty. In the field of forensic sciences, there is the forensic chemistry that works for forensic investigation using chemistry knowledge, in the order to take account of aspects of interest to the judiciary. There are several chemistries analysis techniques, such as chromatography and spectrophotometry, which are used to assist in the clarification of the dynamics and complexity in which the crimes occur, whether they were homicides, suicides, theft, robbery or even adulteration of products. The technological development has contributed significantly in the expansion of the forensic term as it is known today. However there is still a vast field to be explored, thus enabling the discovery and improvement of many techniques and methods that can be used in expertise.

Keywords: Forensic chemistry, Chromatography, Spectrophotometry, Expertise.

INTRODUÇÃO

A utilização de conhecimentos científicos no auxílio de questões judiciais teve seu início registrado na antiga Grécia, destacando-se a contribuição da química para assuntos da medicina (MOTA; DI VITTA, 2014). Na Roma Antiga, a química também se mostrou decisiva para esclarecer casos de mortes por envenenamento, que se tornaram corriqueiros, principalmente de figuras públicas. Esse foi o primeiro grande indício de que havia a necessidade de promover conhecimento que auxiliasse a justiça contra tais crimes, surgindo assim o campo das ciências forenses (MOTA; DI VITTA, 2014).

A Ciência Forense é compreendida como uma área interdisciplinar que envolve conhecimentos de química, física, biologia, matemática e diversas outras ciências que se relacionam. Tendo como objetivo dar suporte às investigações relativas à justiça civil e à criminal. Em investigações de crimes, o foco principal do profissional forense é desvendar as circunstâncias em que o fato ocorreu, protegendo, dessa forma, a população da ação de criminosos ou até mesmo impedindo que inocentes sejam punidos injustamente (SEBASTIANY et al., 2013).

A química forense pode ser definida como a aplicação de conhecimentos químicos no auxílio a justiça na resolução de assuntos de natureza criminal (CRUZ et al., 2016). Podemos enfatizar diversas áreas, onde o trabalho do químico forense é decisivo: perícias policiais, ambientais e trabalhistas, como determinar se uma atividade é perigosa ou insalubre, atividades industriais, como em alimentos, medicamentos, saneantes e cosméticos, investigação de *doping* esportivo ou detectar adulterações em combustíveis e bebidas. É, portanto, ampla a atuação de químicos dentro dessas áreas, a fim de auxiliar as investigações de crimes e contravenções em que a sociedade é vítima (FARIAS, 2010).

Um profissional da área de química forense, a exemplo, não se limita apenas a laboratórios no seu dia a dia, visto que muitas vezes o trabalho de perícia é realizado em

locais externos, onde as condições encontradas são totalmente diferentes de um ambiente controlado. Desta forma, é fundamental que além de seus conhecimentos em analítica e destreza em manipulação dos instrumentos, o perito químico deve ter um amplo conhecimento em outras áreas da química - físico-química e orgânica, por exemplo -, e também em áreas correlatas, como biologia, física, geologia, criminalística, toxicologia e noções de medicina (MOTA; DI VITTA, 2014).

Como se utiliza das mais variadas técnicas disponíveis e existe um constante avanço no tocante à evolução dos métodos químicos e físicos de análise, os profissionais necessitam de frequentes atualizações, treinamentos e cursos de capacitação. Esta reciclagem é necessária para se obter conhecimentos a fim de avaliar qual técnica poderá ser mais produtiva na abordagem de um problema prático específico (FARIAS, 2010), considerando-se que o desenvolvimento de técnicas mais eficientes, que fornecerão dados seguros, em menores tempos, além de oferecer melhor custo-benefício, se faz de extrema importância, pois alguns dos trabalhos de perícia ocorrerão fora de ambientes controlados, além de que esses resultados poderão ser usados em futuros julgamentos (LIMA et al., 2011).

A Química Forense está, portanto, em constante evolução, tornando-se cada vez mais presente e necessária na atuação contra a criminalidade que tem se apresentado de forma cada vez mais sofisticada com procedimentos complexos de atuação. Técnicas analíticas como cromatografia, espectroscopia, espectrometria de massa, papiloscopia, calorimetria e termogravimetria podem auxiliar na identificação de diversas substâncias presentes em manchas orgânicas (sangue, esperma, urina, fezes e vômito), manchas inorgânicas (ferrugem, pólvora, tinta e terra) e de evidências (impressões digitais, fios de cabelo, peças de vestuário, poeiras e cinzas), em locais de crime que podem estar relacionadas com os autores de determinado fato criminoso (ROMÃO et al., 2011; CRQ, 2011).

O presente artigo visa apontar a importância dos principais métodos analíticos na perícia criminal, e sua aplicação para o esclarecimento de determinados fatos ocorridos

que geram divergências e conflitos durante as suas investigações. Deste modo, o leitor poderá ter acesso a maiores informações, além de uma fonte de pesquisa sobre o tema proposto, bem como algumas de suas aplicações, além da atuação de um perito forense, destacando que mesmo em situações onde há somente pequenos fragmentos de vestígios, é possível a revelação e o esclarecimento de crimes por meio do uso de métodos analíticos específicos.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado a partir de pesquisas em diversas bibliografias publicadas nos últimos 20 anos que abordaram o tema em questão, tratando-se de um trabalho de revisão sistemática, um estudo do tipo retrospectivo, qualitativo, descritivo e documental. Os materiais pesquisados foram: artigos científicos, revistas eletrônicas, dissertações de mestrados e teses de doutorados de diferentes instituições, encontrados na internet em base de dados como: Scielo, Google acadêmico, sites de universidades, entre outros.

DISCUSSÃO

TÉCNICAS ANALÍTICAS PRESENTES EM UM LABORATÓRIO FORENSE

Testes Colorimétricos

Os métodos colorimétricos baseiam-se na mudança de cor em resposta a interação de uma substância com um meio ácido ou alcalino. É um dos métodos considerado mais tradicionais de uso em laboratório, devido à sua rapidez de análise, simplicidade e baixo custo. Contudo, são indicados para testes de triagem, pois é alto o risco de sofrer interferência de outros elementos (AIELLO, 2011).

Métodos colorimétricos também podem ser usados em análise quantitativa que se fundamenta na comparação da cor produzida por uma reação química com uma cor

padrão. De acordo com a intensidade da cor produzida, determina-se a concentração do referido analito. O método mais seguro de se verificar a coloração de uma reação é através do uso do espectrofotômetro, que compara a intensidade de cor com uma cor padrão, chamada de “branco” (solução padrão em que o espectrofotômetro é zerado). É o método mais usado em análises laboratoriais de bioquímica clínica, podendo ser usado em análise de drogas de abuso e diversas outras análises (SILVEIRA, 2013).

Cromatografia

A cromatografia tem por objetivo separar individualmente os diversos constituintes de uma mistura de substâncias, com o fim de quantificar, identificar ou mesmo para a obtenção de substâncias puras com excelente grau de confiabilidade do método (NASCIMENTO, 2011). O processo de separação ocorre por meio da migração da amostra em análise através de uma fase estacionária (fixa) por intermédio de um fluido, fase móvel ou eluente. Após a introdução da amostra no sistema cromatográfico, os componentes da amostra se distribuem entre as duas fases e passam mais lentamente pela coluna cromatográfica que a fase móvel. Isso ocorre devido à interação entre esses componentes com ambas as fases. Forças intermoleculares como, por exemplo, força iônica, dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido, e efeitos específicos de afinidade e solubilidade são capazes de influenciar nessas interações (ARGENTON, 2010; COUTO, 2015).

Duas técnicas cromatográficas bastante utilizadas são: a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e a cromatografia gasosa (CG) (NASCIMENTO, 2011). De acordo com as propriedades físico-químicas de polaridade e volatilidade podem ser esquematizados de forma didática qual a técnica de separação é a melhor a ser utilizada. Por exemplo, substâncias voláteis e semivoláteis, não polares/lipofílicas e de baixa massa molecular são frequentemente separadas por cromatografia gasosa (LANÇAS, 2009). As separações por cromatografia gasosa podem utilizar detectores universais como detector de ionização por chama (FID, do inglês *flame ionization detector*) ou ainda detectores de maior

detectabilidade e seletividade, como o detector por captura de elétrons (ECD, do inglês *electron capture detector*) ou detector de nitrogênio e fósforo (NPD, *nitrogen-phosphorus detector*). A detecção utilizando espectrômetro de massas (EM) e ionização por impacto de elétrons tornou-se a mais utilizada, devido aos excelentes limites de detecção e às possibilidades de utilização de softwares que fazem o tratamento dos resultados e possuem bibliotecas contendo milhares de espectros de massas possibilitando a confirmação das estruturas dos compostos analisados (ARGENTON, 2010).

Cromatografia líquida de alta eficiência é utilizada em análises de compostos não voláteis, que possuem alta polaridade ou instáveis termicamente em que a cromatografia gasosa não é recomendada. Como cerca de 80% dos compostos apresentam essas características, o campo de aplicação de CLAE é extremamente vasto (ARGENTON, 2010; SILVA; COLLINS, 2011).

Na CLAE, a amostra é dissolvida em um solvente e introduzida na coluna cromatográfica preenchida com a fase estacionária (FE), um solvente (FM) é bombeado com vazão constante deslocando os componentes da mistura através da coluna. Esses se distribuem entre as duas fases de acordo com suas afinidades. As substâncias com pouca afinidade com a FE movem-se mais rapidamente, enquanto as substâncias com maior afinidade com a FE movem-se mais lentamente. Ao sair da coluna, os componentes atravessam um detector o qual emite um sinal elétrico que é registrado, formando um cromatograma (ARGENTON, 2010).

A cromatografia pode ser associada a diferentes sistemas de detecção, tratando-se de uma das técnicas analíticas mais utilizadas e de melhor desempenho. O acoplamento de um cromatógrafo com o espectrômetro de massas combina as vantagens da cromatografia (eficiência de separação e alta seletividade) com as vantagens da espectrometria de massas (obtenção de informação estrutural, massa molar e um acréscimo da seletividade). Para ocorrer o acoplamento é necessário que as características de cada instrumento não sejam afetadas pela sua conexão, como também não deve haver modificações químicas não controladas do analito (substância que se quer analisar) e nem

perda de amostra durante a sua passagem do cromatógrafo para o espectrômetro de massas. As técnicas cromatográficas mais comumente acopladas à EM são a CG e a CLAE. Outras técnicas de separação, como a cromatografia em camada delgada, a eletroforese capilar e a cromatografia de permeação em gel, também são possíveis de se fazer acoplamentos, porém com menor frequência (CHIARADIA et al., 2008; LANÇAS, 2009).

A comparação entre a CLAE e CG (Tabela 1) mostra que ambos os métodos são altamente seletivos, eficientes e amplamente aplicados, sendo necessária apenas uma pequena quantidade de amostra para a realização das análises (SKOOG, 2002).

A cromatografia é um dos métodos analíticos mais utilizados pelos químicos forenses. Pode ser usada para detecção de drogas de abuso como o álcool, a maconha e a cocaína, de acordo com as principais características dessas drogas. Por exemplo, são usados os métodos cromatográficos CLAE e CG/MS, sendo o último o método mais fidedigno, como testes confirmatórios para usuários de cocaína. A cromatografia gasosa, com detecção de ionização de chama e o amostrador rarefeito, também é utilizada na análise de material biológico, já na identificação de anfetamina, efedrina e epinefrina, a cromatografia líquida é mais utilizada (LIMA et al., 2011; PASSAGLI, 2009).

Tabela 1: Comparação entre a CLAE e a CG

Vantagens da CLAE	Vantagens da CG
Pode separar compostos não-voláteis e termicamente instáveis	Excelente resolução (em comparação a colunas capilares).
Pode ser aplicada de forma geral a íons inorgânicos.	Fácil de ser acoplada a espectrômetros de massas.

Fonte: SKOOG et al., 2002.

Espectrometria de massa

A espectrometria de massas (EM), desde seu surgimento, em 1897, pelo trabalho pioneiro de J. J Thomson, tem revolucionado diversas áreas do conhecimento como a química, física, e, mais recentemente, a biologia, medicina, ciência dos materiais e ciência dos alimentos, dentre outras. A espectrometria de massas, com a amplitude de possibilidades de utilização e grandes perspectivas de desenvolvimento, vem se consolidando como uma ferramenta analítica extremamente versátil e essencial nessas áreas do conhecimento. A EM tem exercido papel de grande destaque, com crescente atuação, desde pesquisas aplicadas até as mais fundamentais (DINIZ, 2011).

A espectrometria de massas se fundamenta no estudo da matéria através da formação de íons em fase gasosa, podendo ou não ocorrer fragmentação, que são caracterizados por suas relações massa/carga e abundâncias relativas, utilizando espectrômetros de massas (VESSECCI et al., 2011).

É a técnica instrumental mais apropriada para a investigação de estrutura e reatividade de íons. O ambiente de alto vácuo do espectrômetro é apropriado para estudar as propriedades intrínsecas de espécies iônicas em fase gasosa, o que possibilita fazer uma correlação com a fase condensada. Na fase gasosa por EM, muitos íons difíceis de serem isolados ou até mesmo inacessíveis em solução podem ser facilmente gerados. Alguns íons normalmente mostram tempo de vida relativamente longo em fase gasosa, permitindo seu isolamento e sua fragmentação através do processo conhecido como dissociação induzida por colisão (CID). Estes experimentos permitem a elucidação estrutural (DINIZ, 2011).

Na espectrometria de massas, alguma forma de energia é transferida à amostra para causar a sua ionização. Os agentes ionizantes utilizados podem ser distribuídos em duas categorias: os que requerem a amostra em fase gasosa e aqueles que provocam dessorção em amostras sólidas ou líquidas. A vantagem dos últimos é que são aplicáveis a amostras não voláteis e termicamente instáveis. O princípio de funcionamento de qualquer espectrômetro de massas baseia-se na detecção de íons selecionados de acordo

com a sua razão massa/carga (m/z), sendo m a massa em u [massa atômica unificada, chamada também de Dalton (Da)] e z a carga formal. A técnica está relacionada com a geração de íons que são depois detectados (DEMARTINI, 2011; DINIZ, 2011).

Há diversos modelos de espectrômetros de massas, cada um com suas vantagens e limitações. Porém, todos possuem os mesmos componentes básicos: sistema de introdução de amostra, fonte de ionização, analisador de massas, detector e registrador (DINIZ, 2011). Na fonte de íons, os componentes da amostra são convertidos em íons e os íons positivos ou negativos são de imediato acelerados em direção ao analisador de massas. O analisador de massas tem como função separar os íons de acordo com a sua relação m/z . Os espectrômetros de massas são classificados em várias categorias dependendo da natureza do analisador de massas. Por fim, um detector recebe os íons os quais foram separados pelo analisador, transformando a corrente de íons em sinais elétricos que são processados por computadores (IGLESIAS, 2012).

A técnica pode ser utilizada na identificação de drogas ilícitas, na análise de documentos falsificados, além de permitir a determinação da origem dos entorpecentes através de impurezas contidas no produto, que difere de uma localidade à outra, viabilizando o combate e o cerco das principais rotas de tráfico de drogas (MOTA, VITTA; 2014).

Os métodos analíticos devem fornecer alta confiabilidade e precisão. A técnica de espectrometria de massas combinada com a cromatografia é utilizada para análises forenses por ser muito sensível, precisa, específica, rápida e universal (GOULART, 2012). O acoplamento da cromatografia gasosa com a espectrometria de massas tornou-se o método padrão para identificação e quantificação de drogas voláteis desde a década de 80 (MAURER, 2007).

APLICAÇÕES DE QUÍMICA FORENSE

Dentro das ciências forenses, a química forense, que é a aplicação dos conhecimentos da química no campo legal ou judicial, apresenta como objetivo principal a realização de ensaios laboratoriais em vários tipos de amostras, que são encaminhadas para fins periciais a pedido de autoridades policiais, judiciárias e/ou militares. Existem diversas técnicas de análises químicas que são utilizadas para ajudar a compreender a complexidade dos crimes, sejam eles homicídios, furtos, suicídios, ou até adulterações de produtos (GOMES, 2013; PINTO et al., 2015).

A seguir serão apresentadas algumas das mais diversas aplicações da química forense em contribuição ao sistema judiciário. Serão apresentados casos que utilizam das técnicas já descritas acima, além de outros métodos analíticos os quais também são de extrema importância em um laboratório forense.

Obras de artes

As técnicas analíticas das áreas de química e física estão na interface entre a ciência pura e as aplicações diretas para caracterização de bens culturais, permitindo um estudo detalhado dos objetos, podendo ser utilizadas na caracterização, conservação e restauração de objetos arqueológicos e bens do patrimônio cultural (RIZZUTTO, 2008), permitindo assim auxiliar o judiciário em situações que envolvam obras de artes, como falsificação, adulteração, roubo, entre outros.

Existem diversas metodologias empregadas para o estudo de objetos arqueológicos e de arte, dentre as quais se destacam as técnicas não-destrutivas, como a Fluorescência de Raios X. Trata-se de uma técnica elementar, que permite a identificação dos materiais componentes de um objeto, como também o estudo de sua proveniência e tecnologias de fabricação, sendo bastante versátil, pois se adequa à instrumentação portátil, o que possibilita sua utilização no interior de museus e de laboratórios de restauração para análise de obras de difícil locomoção, por serem de grandes proporções ou frágeis (FERRETTI, 2008).

A arqueometria é uma área com ampla utilização de métodos atômico-nucleares na caracterização de objetos de arte, arqueológicos e de patrimônio cultural em geral. A identificação dos materiais faz-se necessária, e técnicas com feixes iônicos, por exemplo, permitem identificar os elementos majoritários das obras e podem trazer dados sobre a proveniência dos materiais – fontes de matéria-prima e rotas de comércio. Estas técnicas permitem também a determinação de elementos minoritários, que podem informar as técnicas artísticas ou de fabricação de um objeto, bem como da existência de processos tecnológicos que determinadas civilizações possuíam no passado e/ou ainda possuem no presente. Medidas micrométricas e milimétricas podem fornecer a distribuição espacial e em profundidade dos elementos permitindo diferenciá-los entre as culturas e civilizações (APPOLONI; PARREIRA, 2007; RIZZUTTO, 2008).

As técnicas com feixes iônicos auxiliam também na avaliação do estado de conservação dos objetos, a exemplo, de um museu, analisando materiais de corrosão presentes nas obras, superfícies protetoras que existem nos objetos. É possível ainda o estudo de mecanismos de modificações através do uso de materiais experimentais que permitem simular o efeito natural e assim, muitas vezes, caracterizar o material antes de ser utilizado na conservação (RIZZUTTO, 2008).

Conhecer os processos de impressão de desenhos, gravuras e pintura sobre papel e seus resultados gráficos e artísticos amplia a capacidade de compreensão e análise de obras de arte (ANDRADE, 2010), proporcionando assim a viabilidade de se executar perícias e a utilização de métodos analíticos apropriados e precisos para um resultado estatisticamente confiável.

Drogas de abuso

De acordo com estudos das Nações Unidas sobre Drogas e Crimes (UNODC), cerca de 250 milhões de pessoas entre 15 e 64 anos, aproximadamente 5 % da população adulta, usaram pelo menos algum tipo de substância entorpecente no ano de 2014, chegando a 29 milhões o número de usuários dependentes. O estudo mostra ainda que

entre as drogas mais utilizadas encontra-se a maconha em primeiro lugar, enquanto as anfetaminas ocupam a segunda posição (ONUBR, 2016).

O consumo de drogas mata 200 mil pessoas por ano, diz ONU: "Por conta de sua posição geográfica, o Brasil tem um papel estratégico no tráfico de cocaína, e os confiscos dobraram no País em 2013 para mais de 40 toneladas", indicou a ONU (ESTADÃO, 2015).

Drogas de abuso são substâncias químicas administradas sem indicação terapêutica ou orientação médica, das quais a grande maioria é controlada pela portaria nº 344/98-ANVISA (ANVISA, 1998). Tais substâncias atuam no sistema nervoso central modificando seu funcionamento e provocando alterações de humor, nos estados de consciência, no comportamento e nas percepções (GOMES, 2013; PINTO et al., 2015).

Para a detecção do consumo de drogas de abuso tem sido utilizadas as análises químicas para as mais diversas finalidades, tais como: uso ilícito de drogas no ambiente de trabalho; na prática desportiva, com o objetivo de aumentar o rendimento; na prática clínica para avaliação do tratamento de dependência; entre outros. Nas Ciências Forenses, a Química Forense, mais especificamente a toxicologia forense, tem por propósito a realização de exames laboratoriais em vários tipos de amostras orgânicas e inorgânicas encaminhadas para fins periciais, a pedido de autoridades policiais, judiciárias e/ou militares. O perito forense fica responsável por proceder à análise, seguindo de forma estrita uma cadeia de custódia (GOMES, 2013).

A detecção de uma substância psicoativa apreendida é realizada primeiramente por meio de técnicas de triagem, a exemplo, os testes colorimétricos para a identificação de drogas apreendidas e os imunoenaios, que apresentam uma elevada sensibilidade, para análise de matrizes biológicas, que são de fácil execução e fornecem resultados rápidos, os quais podem ser empregados fora do ambiente laboratorial (BULCÃO et al., 2012). Contudo, a confirmação da substância se faz necessária e deve ser realizada utilizando métodos mais específicos para o alvo em análise, como as técnicas cromatográficas geralmente acopladas à espectrometria de massas (PINTO et al., 2015).

Diversas matrizes biológicas são utilizadas em toxicologia clínica e forense para a detecção de drogas como a urina, o sangue (soro/plasma), cabelo, suor, fígado, saliva, mecônio, dentre outros, sendo que têm sido desenvolvidos vários métodos analíticos para a quantificação de drogas nessas matrizes (BORDIN et al., 2015). Os métodos mais comuns são baseados em técnicas cromatográficas tais como a CG e a CLAE (COLLINS et al., 2009).

Envenenamento por insulina

A insulina em superdosagem pode ser causa de morte por hipoglicemia. Em uma cena de crime, a presença de frascos de insulina, seringas e agulhas é um indício de que tenha ocorrido uma hipoglicemia. Na lista de causas de hipoglicemia, a administração maliciosa de insulina figura como uma causa altamente possível. Assim, quando a vítima é encontrada, é necessário que se tenha precauções especiais nos procedimentos de coleta, preservação do material e em toda a cadeia de custódia, para que as amostras colhidas estejam em boas condições para análise, e que sirvam, futuramente, de prova lícita no processo judicial (BIANCALANA; ZERBINI, 2011).

Porém, a aferição de glicose no sangue ou em outros fluidos do cadáver não é confiável e pode levar a erros (BIANCALANA; ZERBINI, 2011). A glicose pode desaparecer do sangue em vasos periféricos a uma taxa de 18 a 36 mg/dL por hora, e, contrariamente, pode aparecer mais rápido no sangue colhido de vasos sanguíneos centrais, com destaque para câmaras cardíacas direitas, o lado escolhido pela maioria dos patologistas forenses na hora de coletar amostras de sangue em necropsia (ZIG et al., 2009; BIANCALANA; ZERBINI, 2011).

Com a determinação da glicose é possível confirmar o diagnóstico de morte em coma diabético e também excluir o diagnóstico de hipoglicemia, mas não sendo possível sua confirmação. Para isso, é necessária a utilização de métodos imunométricos como o radioimunoensaio a fim de se fazer a confirmação da utilização da insulina para propostas maliciosas. Outro método utilizado para mensurar insulina plasmática é através da espectrometria de massas, descrita pela primeira vez em 1997. É utilizada como padrão

interno insulina marcada com N¹⁵, mas devido à complexidade desta técnica encontrou-se pouca aplicação clínica ou forense (BIANCALANA; ZERBINI, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conhecimentos científicos, que abrangem o campo da química, tornaram-se uma ferramenta fundamental e decisiva nas investigações de questões referentes ao judiciário. Isso se deve à clareza, eficiência, precisão e confiabilidade com que métodos e técnicas analíticas obtêm seus resultados em suas análises, assim como o dever ético do poder judiciário em julgar de maneira a não prejudicar inocentes e/ou beneficiar criminosos, ou seja, investigando de forma objetiva e imparcial.

As ciências forenses, fazendo-se uso de método científicos, bem empregados por profissionais habilitados, são capazes de fornecer dados que podem contribuir, de forma técnica e científica, no esclarecimento da verdade existente em cada investigação, criminal ou não.

Observa-se que ainda é pequeno o número de materiais disponíveis em língua portuguesa para consulta a respeito de trabalhos científicos na área de química forense. É notório o vasto campo a ser explorado na área, o que torna de fundamental importância a ampliação e o desenvolvimento de pesquisas para um maior aprofundamento e divulgação de novas técnicas ou aplicações que futuramente poderão ser utilizadas no auxílio as investigações criminais.

REFERÊNCIAS

AIELLO, T. B. **Análise toxicológica forense: da ficção científica à realidade**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, 2011.

ANDRADE, F. M. R. A importância da conservação das obras de arte em suporte papel do museu de arte moderna da Bahia. **Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação –ARC**, v. 3, Edição Especial, 2010.

ANVISA, 1998. **PORTARIA N.º 344, DE 12 DE MAIO DE 1998**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/scriptsweb/anvisaegis/VisualizaDocumento.asp?ID=939&Versao=2>>. Acessado em: 14 out. 2016.

APPOLONI, C. R.; PARREIRA, P. S. Doze anos de atividades em arte e arqueometria no laboratório de Física Nuclear aplicada da Universidade Estadual de Londrina. **Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação**, v.1, n. 6, p. 301-304, 2007.

ARGENTON, A. Conceitos fundamentais de cromatografia a líquido de alto desempenho (HPLC). **CRQ-IV**, 2010. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/conceitos_hplc_2010.pdf>. Acesso em: 12 set. 2016.

BIANCALANA, M. M.; ZERBINI, T. Morte por envenenamento através da administração da insulina: uma revisão. **Saúde, Ética & Justiça**, v. 16, n. 1, p. 18-28, 2011.

BORDIN, D. C. M. et al. Técnicas de preparo de amostras biológicas com interesse forense. **Scientia Chromatographica**, v. 7, n. 2, p. 125-143, 2015.

BULCÃO, R. et al. Designer drugs: aspectos analíticos e biológicos. **Quím. Nova**, v. 35, n. 1, São Paulo, 2012.

CHIARADIA, M. C.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos. **Quim. Nova**, v. 31, n. 3, p. 623-636, 2008.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas: Editora Unicamp, 2009, 453p.

COUTO, S. Cromatografia: importância e aplicações. **BETAEQ**, outubro 2015. Disponível em: <betaeq.com.br/index.php/2015/10/25/cromatografia-importancia-e-aplicacoes/>. Acesso em: 12 out. 2016.

CRQ (CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA). **Química Forense**. 2011. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/qv_forense>. Acesso em: 28 jun. 2016.

CRUZ, A. A. C.; RIBEIRO, V. G. P.; LOMGHINOTTI, E.; MAZZETO, S. E. A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação. **Quím. nova esc.**, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

DEMARTINI, D. R. **Espectrometria de massas e proteômica**. LAPROTOX, 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/laprottox/sites/default/files/anexos/espectrometria%20de%20massas%20e%20proteomica.pdf>>. Acessado em: 14 out. 2016.

DINIZ, M. E. R. **Uso da técnica de espectrometria de massas com ionização por eletrospray (ESI-MS) para o estudo do mecanismo de reações orgânicas e avaliação do perfil de fragmentação de bis-hidroxiiminas aromáticas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ESTADÃO, 2015. **Consumo de cocaína no Brasil é 4 vezes a média mundial, diz ONU**. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2015/06/26/consumo-de-cocaina-no-brasil-e-4-vezes-superior-a-media-mundial.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

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

FERRETTI, M. Princípios e aplicações de espectroscopia de fluorescência de Raios X (FRX) com instrumentação portátil para estudo de bens culturais. **Revista CPC**, São Paulo, n. 7, p. 74-98, 2008/2009.

GOMES, M. S. **Contributo da Química Forense na Detecção de Drogas de Abuso**. 2013. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

GOULART, D. S. **Aplicações das técnicas de cromatografia no diagnóstico toxicológico**. In: Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Nível: Doutorado, 2012. Disponível em: <http://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Daniel_Goulart_1c.pdf?1349116580>. Acessado em: 14 out. 2016.

IGLESIAS, A. H. **Introdução ao Acoplamento Cromatografia Líquida – Espectrometria de Massas**. In: XVIIIMET – Encontro nacional sobre metodologia e gestão de laboratórios da EMBRAPA, 2012, Pirassununga/SP, Waters the science of what's possible. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/met/images/arquivos/17MET/minicursos/minicursoama-deu-iglesias.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

LANÇAS, F. M. A Cromatografia Líquida Moderna e a Espectrometria de Massas: finalmente “compatíveis”?. **Scientia Chromatographica**, v. 1, n. 2, 2009.

LIMA, A. S. et al. Química Forense. **Gestão em foco**/UNISEPE, setembro 2011. Disponível em: <[http://unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/qui_forense .pdf](http://unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/qui_forense.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2016.

MAURER, H. H. Current role of liquid chromatography–mass spectrometry in clinical and forensic toxicology. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 388, n. 7, p. 1315-1325, 2007.

MOTA, P. B.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Rev. Acad. Oswaldo Cruz**, ano 2, n. 5, 2014. Disponível em <http://www.revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Qu%C3%ADmica_Forense_utilizando_m%C3%A9todos_anal%C3%ADticos_em_favor_do_poder_judici%C3%A1rio_.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2016.

NASCIMENTO, A. **A importância da cromatografia**. Ciências da vida. Engenharia/arquitetura, agosto 2011. Disponível em: <<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/blog/ciencias-da-vida/?p=378>>. Acesso em: 11 out. 2016.

ONUBR, 2016. **29 MILHÕES DE ADULTOS DEPENDEM DE DROGAS, APONTA RELATÓRIO DO UNODC**. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://NACOESUNIDAS.ORG/29-MILHOES-DE-ADULTOS-DEPENDEM-DE-DROGAS-APONTA-RELATORIO-DO-UNODC/](https://nacoesunidas.org/29-milhoes-de-adultos-dependem-de-drogas-aponta-relatorio-do-unodc/)>. ACESSO EM: 12 DEZ. 2016.

PASSAGLI, M. **Toxicologia Forense: teoria e prática**. 2. ed. Campinas: Millennium, 2009.

PINTO, G. A. T.; FREITAS, L.G.; MACHADO, Y.; MARINHO, P.A. Avaliação da técnica de imunocromatografia para análise de drogas de abuso no contexto da química forense. **Rev. Bras. Crimin.** v. 4, n. 3, p. 28-37, 2015.

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

RIZZUTTO, M. A. Análises não-destrutivas em obras de arte com técnicas atômico-nucleares. **Revista CPC**, São Paulo, n. 6, p. 208-218, 2008.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C.; SALGADO, T. D. M. A utilização da Ciência Forense e Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. **Educación Química**, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013.

SILVA, C. G. A. da; COLLINS, C. H. Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. **Quim. Nova**, v. 34, n. 4, p. 665-676, 2011.

SILVEIRA, G. C. **Utilização da espectroscopia Raman na identificação de drogas ilícitas em perícia criminal**. 2013. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SKOOG D. A.; HOLLER F. J.; NIEMAN T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

VESSECCHI, R. Nomenclaturas de espectrometria de massas em língua portuguesa. **Quim. Nova**, v. 34, n. 10, p. 1875-1887, 2011.

ZIG, B.; ALKASS, K.; BERG, S.; DRUID, H. Postmortem identification of hyperglycemia. **Forensic Sci Int**. v. 185, p. 89-95, 2009.

AGRADECIMENTOS

A professora Msc. Carina Rau pelas contribuições ao conteúdo deste trabalho.

Não foram declarados conflitos de interesse associados à publicação deste artigo.