

Desenvolvimento de metodologia de baixo custo para geração de amostras de resíduos de incêndio em solo usando etanol

E.M. C. da Silva ^{a,*}, A. Rota, R. Neiva, N. Costa, B. Souza, D. Sousa

^a Universidade de Brasília (DF), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: enzomatheuscarmo@yahoo.com.br

Recebido em 08/04/2020; Revisado em 11/05/2020; Aceito em 17/05/2020

Resumo

Situações nas quais verifica-se a ocorrência de incêndios, infelizmente, estão presentes no cotidiano da sociedade moderna. Desse modo, surge, então, a necessidade de elucidar suas causas. Em incêndios dolosos, foco deste estudo, é comum o uso de acelerantes para facilitar a iniciação e propagação do fogo, sendo tais substâncias, geralmente, líquidos inflamáveis. A identificação do líquido inflamável usado como acelerante é uma etapa muito importante da perquirição de um incêndio; no entanto existem várias condições que podem dificultar a detecção de líquidos inflamáveis em locais de incêndios, sendo o tempo máximo para coleta, após a extinção do incêndio, uma das mais desafiadoras. Assim, buscou-se uma metodologia que possibilitasse a geração de amostras de padrões de incêndios. O presente trabalho tem como objetivo examinar os parâmetros que influenciam a detecção de etanol em solo, especialmente o intervalo de tempo máximo que permita a detecção do acelerante fazendo-se o uso de uma metodologia condizente com a realidade do país. Utilizou-se o Latossolo Vermelho como substrato, sendo possível detectar etanol até 72 horas em incêndios simulados, em todas as condições estudadas; fato que sugere que tal metodologia é promissora.

Palavras-Chave: Resíduos de Incêndio, Incêndio Criminoso, Incêndio, Etanol, Acelerantes.

Abstract

The occurrence of fires, criminal ones or not, unfortunately, still happen in modern society. Therefore, it is perceived the necessity to clarify the existence of any criminal intent attached to those events. In an arson's occurrence, focus of this study, it is usual to verify the usage of accelerants to facilitate its initiation and propagation. These substances are almost always flammable liquids. The used substance identification's as an accelerant is an important step of an arson's investigation. However, there are several conditions that can make it difficult to do it in fire sites. Probably the most challenging one is related to the maximum time for collecting fire debris after the extinction of the fire, in which it would be feasible to detect any residual flammable liquid. Thus, it was sought a methodology that would enable the generation of fire pattern samples. This work aims to examine the parameters that influence the detection of ethanol in soil, especially the maximum time interval that allows the detection of the accelerant using a methodology consistent with the reality of the country. It was used Red Latosol as solid substrate (matrix) and it was conceivable to detect ethanol up to 72 hours in simulated fires, under all conditions studied, which suggests that this new methodology is a promising one.

Keywords: Fire Residues; Arson; Fires; Ethanol; Accelerants.

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios configuram-se como cenário fortemente antagônico no contexto social atual. Eles podem acarretar efeitos deletérios nas esferas social, ambiental e patrimonial. Assim, a averiguação de dolo ou culpa nesses eventos é de grande importância para o esclarecimento do ocorrido.

Em ações dolosas, foco desse trabalho, é comum o emprego de acelerantes de queima, para o auxílio na

iniciação e propagação do fogo. Tais materiais são, geralmente, líquidos inflamáveis, como, por exemplo: gasolina, etanol, diesel, thinner e querosene. [1] Os resíduos de líquidos inflamáveis (RLI) podem ser detectados após a extinção do fogo, sendo possível a averiguação da identidade química de tais líquidos, a qual é de extrema importância em investigações de incêndios, fornecendo elementos pertinentes para a confecção do laudo pericial.

Atualmente essa identificação é realizada com base na norma ASTM E1618-14, Método de testagem padrão para

resíduo de líquido inflamável em extratos provenientes de resíduos de incêndios por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas – CG/EM. A metodologia associada à essa norma, apesar de ser amplamente aceita, apresenta alguns pontos negativos, como a necessidade de um profissional, no laboratório, com grande experiência na interpretação de cromatogramas.

Outros aspectos negativos associados à essa técnica, que podem limitar ou influenciar na detecção de possíveis acelerantes, são: a composição química e microbiológica da matriz de coleta da amostra [2-5], a forma de extinção das chamas [6] e, principalmente, o intervalo de tempo máximo para coleta das amostras após o incêndio ser controlado, no qual ainda verifica-se a presença do acelerante. [5,7] Grande destaque para esse último parâmetro.

Nesse momento é necessário recordar que a ocorrência de incêndios não está associada apenas ao espaço urbano. Verificam-se, também, cenários de incêndios em: florestas, propriedades rurais, ou algumas propriedades em áreas com população de baixa renda. Nesses casos, dois limitantes supracitados se destacam: a presença do solo (terra batida) e o tempo de deslocamento da equipe até o local.

Conforme expresso, encontra-se, rotineiramente, resíduos de incêndios em solo, genericamente denominado como terra batida. Tal matriz apresenta grande complexidade, pois pode ser o habitat de microrganismos que, por sua vez, podem degradar gasolina [2,3], que é um líquido inflamável recorrentemente usado como acelerante [1].

O processo de degradação, infelizmente, pode gerar produtos de interferência, suscitando dúvidas sobre os resultados obtidos e, por conseguinte, do laudo elaborado.

Portanto, conhecer o mapa pedológico da unidade federativa avaliada, ou seja, os principais tipos de solos constituintes, é fundamental. Características importantes como a composição química, porosidade e a distribuição espacial podem ser, desse modo, obtidos com relativa facilidade.

Assim, nesse trabalho buscou-se obter estimativas para o prazo máximo de coleta de amostras de resíduos de incêndios em que ainda se possa detectar a presença do líquido inflamável empregado, no caso o etanol hidratado 92,8° INPM. Para isso, empregou-se uma adaptação de um procedimento americano [9], usando-se, como substrato sólido ou matriz, o latossolo vermelho. Avaliou-se as condições de líquido inflamável com e sem queima, além de acelerante em solo com água. A escala temporal foi de até 72 horas após a extinção das chamas.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada nesse estudo é uma modificação do método destrutivo de destilação apresentado pelo *Bureau of Forensic Fire and Explosives*

Analysis da divisão do *Florida State Fire Marshal* [9]. Representação esquemática dessa metodologia na Fig. 1.

O procedimento original emprega latas de tinta de 900 mL, que não podem apresentar verniz nem tinta em seu interior e exterior. Para isso, devem ser adquiridas em lote especial de uma fabricante de latas de tinta. Desse modo, não poderiam ser utilizadas latas usadas, normalmente encontradas em caçambas para recolher entulho. Portanto, percebe-se um custo associado bastante elevado.

Um modo encontrado para contornar esse problema foi o emprego de embalagens metálicas, de alumínio, redondas, número 09, para substituir as latas [10]. Uma alternativa bastante simples e de custo significativamente menor: R\$ 0,50 por unidade.

O processo de geração de amostras consiste em alocar o substrato no interior da embalagem metálica, no caso o latossolo vermelho, forma homogênea, verte-se o líquido inflamável e a água, quando for o caso, iniciar-se o processo de combustão e, por fim, extinguir as chamas.

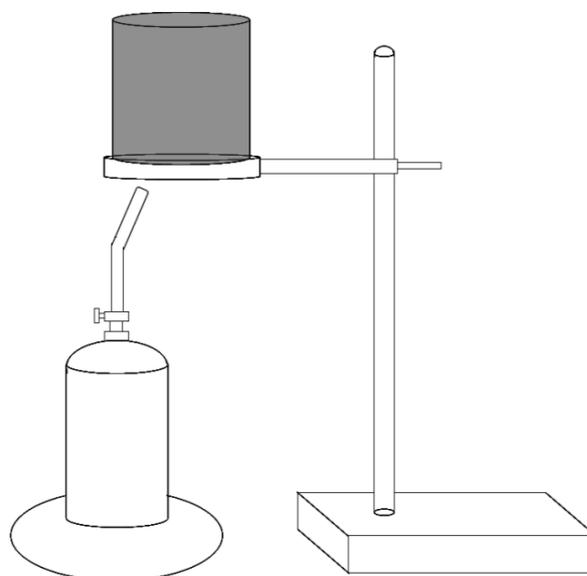


Figura 1. Esquema ilustrativo da metodologia americana [4].

Após todas essas etapas, iniciou-se o processo de coleta das amostras, em triplicata. Processo completo está ilustrado na Fig. 2.

Um modo encontrado para contornar esse problema foi o emprego de embalagens metálicas, de alumínio, redondas, número 09, para substituir as latas [10]. Uma alternativa bastante simples e de custo significativamente menor: R\$ 0,50 por unidade.

O processo de geração de amostras consiste em alocar o substrato no interior da embalagem metálica, no caso o latossolo vermelho, forma homogênea, verte-se o líquido inflamável e a água, quando for o caso, iniciar-se o processo de combustão e, por fim, extinguir as chamas.

Após todas essas etapas, iniciou-se o processo de coleta das amostras, em triplicata. Processo completo está ilustrado na Fig. 2.



Figura 2. Representação do processo de geração de amostras.

2.1. Coleta de substrato para preparação do experimento

Coletou-se substrato do tipo Latossolo Vermelho, entre as profundidades de 5,0 cm e 25,0 cm; então peneirou-se, armazenou-se e homogeneizou-se o solo em um recipiente. O substrato foi transferido desse recipiente para 17 embalagens descartáveis de alumínio (*marmitex*), redondas, número 9, preenchendo-as até a marca de 1 L [10]. Das 17 embalagens, em 16 foram simuladas condições de incêndios, e uma das embalagens foi destinada à coleta do branco.

2.2. Situações simuladas

Simulou-se situações de incêndios, e outras apenas de derramamento de acelerante em solo, utilizando 50 mL de Etanol 92,8° INPM como líquido inflamável em cada uma das embalagens metálicas, as quais representavam condições experimentais diferentes e distintos tempos de coleta, e um maçarico a gás, alimentado por gás liquefeito de petróleo - GLP. Enfatiza-se que o líquido inflamável foi vertido no solo presente na embalagem metálica almejando-se uma distribuição homogênea. O maçarico, então, era aproximado do solo, perto de um local onde percebia-se a presença desse acelerante, sendo mantido lá até verificar-se a presença de chamas. Durante os experimentos esse procedimento era praticamente instantâneo (menos de 5 segundos). As condições simuladas foram:

- Adição de etanol com posterior queima até a extinção natural do fogo (que durou aproximadamente 8 minutos) – E + Q;
- Adição de etanol com posterior queima por um minuto e então extinção das chamas com 100 mL de água de torneira (duas adições de 50 mL, no centro da embalagem) – E + Q + A;
- Adição de etanol ao solo seguida de 50 mL de água – E + A;
- Adição apenas etanol – A.

2.3. Coleta de resíduos de incêndio

A coleta em cada embalagem de alumínio foi feita: 30 minutos após os incêndios, 24 horas após o incêndio, 48 horas após o incêndio e 72 horas após o incêndio. Todas as coletas foram realizadas em triplicata (incluindo a coleta respectiva ao branco), utilizando *vials* de *headspace* de 20,0 mL que foram preenchidos até, no máximo, metade do seu volume.

2.4. Análise laboratorial

As amostras foram, então, analisadas por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas, utilizando a técnica de *headspace* estático, seguindo a metodologia descrita na norma ASTM E1618-14 [8], para verificar-se a presença de etanol. Foi utilizado o cromatógrafo Agilent 7890-A, com Coluna Capilar de Sílica Fundida Agilent J&W VF-624ms e espectrômetro de massas 5975-c.

Reforça-se que os *vials* foram preenchidos até, no máximo, a metade do recipiente de vidro e, então, rotulados. Importante ressaltar que se deve evitar deixar o bocal do *vial* com sujidades, como terra ou lama. Elas podem danificar os equipamentos presentes no laboratório.

As razões massa/carga avaliadas para o etanol foram 31 e 45.

3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Conforme expresso previamente, nesse estudo avaliou-se a possibilidade de detecção de resíduos de líquidos inflamáveis que possam ter sido empregados em incêndios criminosos. Desse modo, percebeu-se que nos quatro (4) cenários experimentais analisados, até 72 horas após a extinção das chamas, foi possível constatar a presença de etanol nas amostras avaliadas. A única exceção percebida ocorreu em uma (1) das três (3) replicatas da condição E+Q+A de 72 horas. Nessa condição verificou-se a presença de etanol em apenas duas (2) das três (3) replicatas. Dessa forma, adotou-se como referência que, cenários nos quais verifica-se a presença de acelerante em pelo menos duas replicatas, será considerado como um resultado positivo para a presença de líquido inflamável.

Ressalta-se que a abordagem realizada nesse estudo não foi quantitativa, um aspecto que deve ser revisto em trabalhos subsequentes. Mesmo assim, percebeu-se uma redução relativa nos níveis de etanol por meio dos cromatogramas de íon extraído, sendo observada a maior concentração na condição 30 minutos e menor na 72 horas, ou seja, uma redução decrescente. Isso foi observado em todos os cenários avaliados.

Além disso, destaca-se o fato de que se constatou que a redução dos níveis observados para as condições de 24 horas e 48 horas foi discreta. Assim, com essa redução

mínima, verifica-se a possibilidade do estabelecimento de uma janela temporal, entre 24 h e 48 h, no processo de coleta de resíduos de incêndio em casos de incêndio não controlado, que não tenham sido realizados dentro de um laboratório.

Reforça-se que, a princípio, o ideal é que a coleta seja realizada em locais nos quais verifique-se um possível acúmulo de acelerante. Coletar cinzas não necessariamente será a melhor ação em cenários de incêndio, nos quais almeja-se detectar o emprego de um provável acelerante, uma vez que, a princípio, o acelerante nessa localidade foi consumido.

Assim, enfatiza-se, a importância de verificar a região periférica ao redor do foco do incêndio, pois, a princípio, nesses locais existe uma maior probabilidade de se encontrar acúmulos ou retenções de líquidos.

Outra característica que deve ser destacada é o odor verificado no dia da queima. Após o processo de geração de amostras, ainda se verificava o odor característico do acelerante empregado. O odor não é muito intenso, mas está presente. Mesmo aroma de etanol durante abastecimento em posto de combustíveis ou de garrafa de cachaça, por exemplo.

Estudos complementares, empregando-se gasolina C, thinner e aguarrás estão em progresso. Nesses estudos, inicialmente, na questão de odor pós-queima, percebe-se um odor extremamente pungente, perdurando mais tempo que o do etanol. Para o etanol, até 48 horas ainda se percebe o odor característico sem muita dificuldade. Para a gasolina, por exemplo, em condições de mais de 72 horas ainda se verificava o odor.

Ao mesmo tempo, deve-se destacar que não necessariamente ao empregar-se a metodologia expressa na norma ASTM E1618-14, para condições nas quais transcorreu-se quantidade significativamente de tempo, que será identificada a presença de acelerante. No entanto, existe a possibilidade de o perito criminal, ao realizar essa coleta, perceber o odor no local. Ou seja, tal fato reforça a importância de uma observação *in situ* o mais completa possível.

Por fim, as propostas subsequentes de trabalhos, para complementar os resultados obtidos com esse estudo, poderiam focar na avaliação da cinética de evaporação de líquido inflamável em matriz sólida porosa, com diferentes níveis de compactação. Algo semelhante com o que é avaliado na secagem de alimentos. Também se reforça a possibilidade de estudo do processo difusional dentro da matriz sólida e caracterização do sólido, para verificar sua capacidade adsortiva.

4. CONCLUSÕES

Duas conclusões foram obtidas nesse trabalho. A primeira foi a verificação da validade da metodologia de baixo custo, com custo estimado em aproximadamente R\$

1,00 (R\$ 0,50 para cada 50 mL de etanol e R\$ 0,50 para cada *marmite*). Não foram incluídos os custos fixos do laboratório nem o de insumos e consumíveis. Essa metodologia mostrou-se apta a operar em cenários miméticos àqueles de incêndios em solo. A segunda conclusão está atrelada ao fato de que, em todas as condições experimentais avaliadas, com coleta até 72 h após a extinção do incêndio, com exceção de uma das três replicatas na condição E+Q+A em 72 h, constatou-se a presença do acelerante avaliado, etanol, reforçando a validade da metodologia e sugerindo uma possível janela temporal para coleta em casos reais de incêndios.

AGRADECIMENTOS

Bolsistas de Iniciação Científica da Fundação de Peritos em Criminalística Ilaraine Acácio Arce (ProIC/FPCIAA – 2019/2020), com fomento da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), Brasília (DF), Brasil. Agradecimentos ao Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal, à Seção de Incêndio e Explosão - Sinex e a Seção de Perícias e Análises Laboratoriais - SPAL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Stauffer; J. A. Dolan; R. Newman. *Fire Debris Analysis*. Academic Press (2007) 1-4.
- [2] D. A. Turner; J. Pichtel; Y. Rodenas; J. L. Mckillip; J. V. Goodpaster. Microbial Degradation of Gasoline in Soil : Comparison by Soil Type. *J. Bioremed. Biodeg.* **5**: (2014).
- [3] D. A. Turner; J. V. Goodpaster. The effects of season and soil type on microbial degradation of gasoline residues from incendiary devices. *Anal. Bioanal. Chem.* **405**: 1593–1599 (2013).
- [4] C. Martín-alberca; H. Carrascosa; I. San; L. Bartolomé; C. García-ruiz. Acid alteration of several ignitable liquids of potential use in arsons. *Sci. Justice* **58**: 7-16 (2017).
- [5] C. Martín-alberca; F. E. Ortega-ojeda; C. García-ruiz. Analytical tools for the analysis of fire debris. A review: 2008-2015. *Anal. Chim. Acta* **928**: 1–19 (2016).
- [6] B. Falatov; M. Ferreiro-gonz; C. Mart; Š. Galla; M. Palma; C. G. Barroso. Effects of Fire Suppression Agents and Weathering in the Analysis of Fire Debris by HS-MS eNose. *J. Sens.* **18**: 1–11 (2018).
- [7] I. U. Eta; Y. S. Aito; K. T. Eraoka; H. M. Atsuura; K. F. Ujimura; K. J. Inno. Novel Fire Investigation Technique Using Needle Extraction in Gas Chromatography. *Anal. Sci.* **26**: 1127-1132 (2010).
- [8] ASTM E1618-14, Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org

- [9] Castelbuono, J. (2008). The Identification Of Ignitable Liquids In The Presence Of Pyrolysis Products: Generation Of A Pyrolysis Product Database. Florida, Estados Unidos da América: University of Central Florida. Fonte: <https://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4626&context=etd>.
- [10] INMETRO. (Agosto de 2011). PROGRAMA DE ANÁLISE DE PRODUTOS: RELATÓRIO SOBRE ANÁLISE EM EMBALAGENS DESCARTÁVEIS DE ALUMÍNIO. Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/embalagens.pdf>.