

Combinação de luz forense e detecção de PSA para análise de tecidos com sêmen: avaliação de interferência da urina e condições de armazenamento

Y.G. Fonseca^a, C.O.D. Horta^a, R.M. Silva^a, R.T. Simões^b; S.M. Caligiorne^{a*}

^a Instituto de Criminalística, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil

^b Pós-graduação Stricto Sensu, Laboratório de Biologia Molecular e Biomarcadores, Faculdade de Saúde Santa Casa BH (FSCBH), Belo Horizonte, (MG), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: sordaini@gmail.com Tel.: +55-31-999943851.

Recebido em 16/12/2024; Revisado em 04/06/2025; Aceito em 16/06/2025

Resumo

Crimes sexuais representam um desafio significativo para a investigação criminal, exigindo métodos precisos para identificação de vestígios biológicos. A utilização de luz forense e testes imunocromatográficos para detecção de PSA tem se mostrado promissora, embora existam limitações na discriminação de fluidos corporais. Em se tratando de amostras forenses, nem sempre é possível a visualização da mancha a ser analisada, como também é comum a mistura de material biológico nos suportes enviados para análise. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia da combinação de luz forense e teste imunocromatográfico para detecção de PSA na identificação de sêmen em diferentes condições de armazenamento. Amostras de sêmen, urina e misturas de ambos foram preparadas em fragmentos de tecidos e submetidas a diferentes condições de armazenamento (papel e plástico) por até 20 dias. Os resultados mostraram que a luz forense é eficiente para localizar manchas biológicas, mas não discrimina entre fluidos como sêmen e urina. O teste de PSA, por outro lado, apresentou alta especificidade para detecção de sêmen, independentemente do tipo de invólucro, embora a intensidade da detecção tenha diminuído em amostras armazenadas em papel por 20 dias. As análises reforçam a necessidade de combinação dos métodos para maior precisão na identificação de evidências biológicas em crimes sexuais.

Palavras-Chave: Crime Sexual, PSA, Luz Forense.

Abstract

Sexual crimes represent a significant challenge for criminal investigation, requiring accurate methods for identifying biological traces. The use of forensic light and immunochromatographic tests for detection of PSA has shown promise, although there are limitations in discriminating bodily fluids. When it comes to forensic samples, it is not always possible to visualize the stain to be analyzed, as it is also common for biological material to be mixed in the supports sent for analysis. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effectiveness of the combination of forensic light and immunochromatographic testing for PSA detection in identifying semen under different storage conditions. Samples of semen, urine and mixtures of both were prepared in tissue fragments and subjected to different storage conditions (paper and plastic) for up to 20 days. The results showed that forensic light is efficient in locating biological stains but does not discriminate between fluids such as semen and urine. The PSA test, on the other hand, showed high specificity for detecting semen, regardless of the type of casing, although the intensity of detection decreased in samples stored in paper for 20 days. The analyzes reinforce the need to combine methods for greater precision in identifying biological evidence in sexual crimes.

Keywords: Sexual Crime, PSA, Forensic Light .

1. INTRODUÇÃO

Os crimes de violência sexual no Brasil crescem substancialmente ao longo dos anos. Segundo o Fórum Brasileiro de Segurança Pública, no ano de 2023, o país atingiu o maior número de estupros e estupros de vulneráveis consumados, com 83.988 vítimas no ano, o que equivale a uma ocorrência a cada 6 minutos [1] (Figura 1). Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) estimam que em 2023, o número de casos de estupro por ano foi de 822 mil, dos quais apenas 8,5% teriam sido reportados à Polícia e 4,4% foram identificados pelo sistema de saúde [2]. Esses dados corroboram com os apresentados no 18º Anuário Brasileiro de Segurança Pública do Brasil, que apontou, em 2022, o maior número de estupros da história, com 74.930 vítimas. Entre esses, 56.820 casos (78,8%) envolveram vulneráveis, ou seja, pessoas incapazes de consentir, fosse pela idade (menores de 14 anos), ou por qualquer outro motivo (deficiência, enfermidade etc.) e 18.110 (24,2%) das vítimas eram homens e mulheres com idade acima de 14 anos [3].

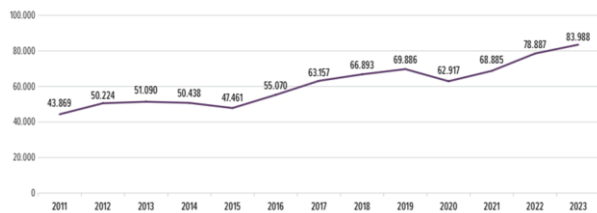


Figura 1. Evolução do número de vítimas de estupros e estupros de vulnerável no Brasil, no período de 2011 a 2023. Fonte: 18º Anuário Brasileiro de Segurança Pública, 2024.

Para elucidar esse tipo de crime, os peritos criminais e médicos legistas coletam rotineiramente vestígios biológicos relacionados a violência sexual. Em Minas Gerais, estes vestígios são encaminhados a Seção Técnica de Biologia e Bacteriologia Legal (STBBL) para verificar a natureza do fluido biológico presente, para posterior análise por DNA.

O antígeno específico da próstata (PSA) é uma proteína presente no líquido seminal e pode ser identificada por meio de testes imunocromatográficos rápidos empregados rotineiramente por peritos criminais. O PSA é uma glicoproteína de cadeia simples, com massa molecular de 33 a 34 kDa e expressa em altos níveis no epitélio da próstata humana sob o controle de andrógenos e progestinas [4]. A presença de PSA no sêmen, em concentrações milhões de vezes maiores que no soro de homens, caracterizou-a como um marcador valioso, já testado e validado pela comunidade forense para a identificação de fluido seminal em evidências criminais, mesmo para aqueles indivíduos vasectomizados, azoospermicos ou oligozoospermicos [5,6].

A visualização e identificação de uma mancha biológica em diferentes suportes encaminhados para a análise forense, pode ser um desafio para o perito criminal na cena de crime e no laboratório. Uma mancha biológica como sêmen, urina ou saliva nem sempre pode ser visível a olho nu [7]. O sistema de luz forense permite a visualização de manchas biológicas em diferentes comprimentos de onda, por até 60 dias após a impregnação em vestes e outros materiais [7,8,9]. Esse sistema é constituído por lanternas de faixa espectral específicas, combinadas a um conjunto de filtros ópticos que bloqueiam o comprimento de onda de excitação e permitem a visualização da luz emitida por fluorescência. Embora a fluorescência seja uma propriedade intrínseca de certos materiais biológicos, como sêmen, saliva e urina [9], os filtros são fundamentais para sua visualização, pois aumentam o contraste entre a emissão do vestígio e a autofluorescência do substrato, como alguns tipos de tecido dos quais são feitos lençóis e roupas em geral. A combinação das bandas de excitação que variam, em média, de 400 a 530 nanômetros, com o uso de filtros ou óculos de proteção nas cores laranja, vermelho ou amarelo, permite a localização da evidência para posterior análise [9,10] (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de detecção de vestígios biológicos utilizando fontes de luz forense.

Tipo de vestígio	Comprimento de onda de excitação (nm)*	Faixa de luz recomendada	Filtro/Óculos de proteção*	Cor visualizada
Sêmen	420–450	Azul	Óculos laranja	Manchas amareladas ou amarelo-esverdeadas
Saliva	415–450	Azul	Óculos laranja	Branco-azulado (fluorescência fraca)
Urina	415–450; 505; 532	Azul (415–450 nm) / Verde (505 nm) / Verde intenso (532 nm)	Óculos amarelo (415 nm), laranja (450 nm), vermelho (505 nm) ou bloqueio de 532 nm	Variável; pode aparecer branco ou amarelo-alaranjado

*A escolha do comprimento de onda e do filtro depende do tipo de tecido ou material sobre o qual os fluidos biológicos estão depositados. Fonte: Adaptado de Lee & Khoo (2010).

A identificação da natureza de uma mancha em evidências é fundamental para subsidiar a investigação criminal, sendo a decisão sobre a manutenção da amostra em custódia exclusivamente do perito criminal. Em manchas biológicas, podem ocorrer misturas de diferentes fluidos, com a presença de material da vítima e até de múltiplos suspeitos [11]. A determinação da presença de sêmen é realizada, rotineiramente e como forma de triagem, por meio de luz forense juntamente com o teste de PSA e enviado ao laboratório para análises. Os exames são realizados pelos peritos criminais, que direcionam para análises complementares, como o teste de DNA, ou para a manutenção da amostra em custódia temporária.

Durante análises realizadas na STBBL, observou-se que, em algumas situações, a luminescência detectada por fontes de luz forense em vestimentas, roupas íntimas, especialmente infantis, e roupas de cama, não correspondia ao resultado positivo do teste imunocromatográfico para detecção do antígeno prostático específico (PSA). Diante dessa inconsistência, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia dos métodos utilizados na STBBL (teste imunocromatográfico para PSA e análise por luz forense) para a pesquisa de sêmen em amostras submetidas a diferentes condições de armazenamento ou contendo misturas de materiais biológicos distintos.

2. METODOLOGIA

2.1. Aspectos Éticos e Coleta das Amostras

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais (CEP/FCMMG), CAAE: 62230816.9.0000.5134. A autorização para a realização dos experimentos foi concedida pela Superintendência de Polícia Técnico-Científica (SPTC) da Polícia Civil de Minas Gerais (PCMG), parecer do Ofício PCMG/SPTC nº. 661/2023.

O estudo foi realizado utilizando-se de amostras biológicas de sêmen e urina fornecidos por doadores

que aceitaram participar da pesquisa voluntariamente, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo CEP/FCMMG. A coleta das amostras foi realizada em sala própria para coleta de material biológico existente nas dependências da STBBL. Para coleta de sêmen e urina foi fornecido ao voluntário recipiente próprio para coleta. As amostras biológicas doadas, foram identificadas por tipo de material, numeradas e armazenadas sob refrigeração até o uso para impregnação dos suportes e, posteriormente, o restante foi descartado conforme as normas de boas práticas. As análises foram realizadas na STBBL do Instituto de Criminalística de Minas Gerais (ICMG), sediada em Belo Horizonte/MG.

2.1 Preparação da Amostra

Com o objetivo de mimetizar a forma como o material pericial é recebido pela STBBL, para os experimentos foi utilizado um volume de sêmen e urina, que fossem suficientes para cobrir o centro de um tecido de algodão branco, de aproximadamente 10 cm². Após a aplicação das amostras biológicas, os tecidos de algodão, foram secos à temperatura ambiente por um período de 24 horas, para completa adesão do fluido antes das análises.

A amostra de urina utilizada foi doada por indivíduo do sexo feminino a fim de evitar mistura e ou contaminação entre a amostra de sêmen e urina de mesmo doador. Os grupos experimentais foram compostos de fragmentos de tecido de algodão, embebidos em amostra sabidamente constituída de sêmen do doador; de urina de doadora e de mistura formada por sêmen e urina, na proporção 1:1. As amostras foram divididas para serem acondicionados, separadamente, tanto em embalagem de papel quanto involucro plástico, por até 20 dias, onde foram fotografadas sob emissão de luz forense e submetidas ao teste de PSA.

2.2 Luz forense

Neste estudo foi utilizado o sistema de luz forense [9] BLUEMAXX™, que é constituído de uma lanterna e um conjunto de filtros. A luz emitida pelas lanternas possui diferentes comprimento de onda (455nm - 625nm e branca) e pode ser combinada com diferentes filtros (laranja, amarelo e vermelho). O comprimento de onda utilizado na presente pesquisa foi de 495nm, conjuntamente com os filtros laranja e amarelo. As imagens fotográficas foram realizadas com câmera digital Canon, antes e após os 20 dias de acondicionamento das amostras em invólucro de papel e plástico.

2.3 Teste PSA

Pequenos fragmentos dos tecidos de algodão impregnados com urina, sêmen e com a mistura de amostras, foram cortados com auxílio de uma tesoura limpa e autoclavada. Os cortes mediram aproximadamente 1cm². Em seguida foram colocados, separadamente, em tubo de ensaio identificados, contendo solução salina (NaCl 0,9%), em volume aproximado de 2-3 mL e macerados com bastão de vidro para que a amostra biológica soltasse do suporte. A solução obtida foi vertida e uma a duas gotas foram depositadas no teste rápido PSA *One Step* Teste para detecção de PSA. Após 2-3 minutos foi realizado a leitura do resultado, conforme recomendação do fabricante. Os testes foram realizados tanto antes, quanto após o tempo de acondicionamento por 20 dias das amostras em invólucro de papel e plástico.

2.4 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada por comparação entre as intensidades e nitidez das imagens fotográficas dos tecidos impregnados com urina, sêmen e mistura, tanto acondicionados em invólucro de papel quanto de plástico. A confirmação da presença de sêmen nas amostras, foi realizada por meio do resultado dos testes imunocromatográficos.

3.RESULTADOS

3.1. Imagens das manchas de sêmen e urina em tecido de algodão branco

Na **Figura 2**, é possível visualizar as imagens captadas sob luz forense dos fragmentos de tecido de algodão embebidos em sêmen (**Fig. 2A, C e E**) e urina (**Fig. 2B, D e F**). As imagens 2A e 2B referem a visualização 24 horas após a aplicação das amostras. Já as imagens apresentadas após 20 dias acondicionadas em invólucros de papel estão identificadas como 2C e

2D e para as amostras mantidas em plástico estão as amostras 2E e 2F. É possível notar que a luminescência nas amostras impregnadas com sêmen, concentra-se nas extremidades do tecido, enquanto a luminescência para a urina, aparece distribuída mais uniformemente por todo tecido (**Fig. 2**).

A nitidez da luminescência, após 20 dias de acondicionamento permaneceu semelhante ao controle de 24 horas e entre si, para os tecidos impregnados com sêmen e urina embalados em invólucro de papel (**Fig. 2C e 2D**), ressaltando que o invólucro de papel não interfere na qualidade da imagem após o tempo de armazenamento para as duas amostras. Por outro lado, em relação ao invólucro de plástico, somente a amostra de sêmen apresentou uma expressiva redução de nitidez (**Fig. 2E**) o que não foi observado para urina nas mesmas condições (**Fig. 2F**).

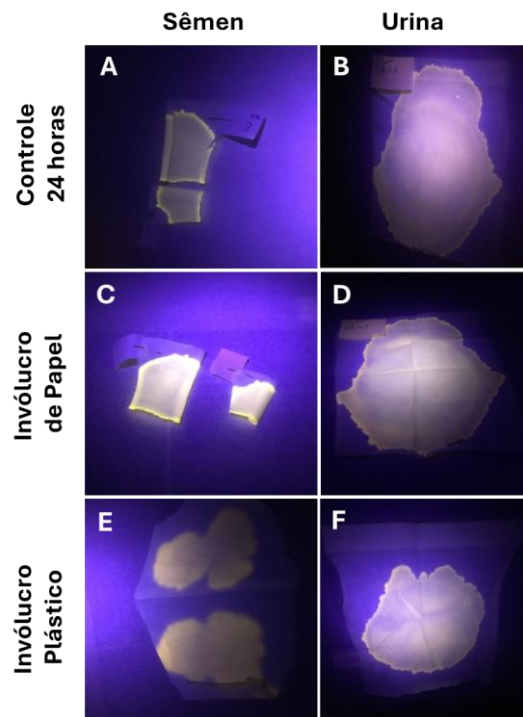


Figura 2. Imagem de fragmentos de tecido de algodão branco embebidos em sêmen (Fig. 2A, C e E) e urina (Fig. 2B, D e F), em 24 horas após a aplicação das amostras (Fig. 2A e 2B) e após 20 dias acondicionadas em invólucros de papel (Fig. 2C e 2D) e plástico (2E e 2F).

3.2. Imagens da mistura de sêmen + urina em tecido de algodão branco

Com intuito de mimetizar uma situação real em relação ao recebimento das amostras enviadas para análises, a urina e sêmen foram misturados e impregnados em tecido de algodão (**Fig. 3A-C**). As imagens não apresentaram perda da nitidez das amostras misturadas no tempo controle de 24 horas (**Fig. 3A**) e

após 20 dias embaladas em papel (Fig. 3B) ou plástico (Fig. 3C). Assim, pode-se sugerir que as amostras misturadas e embaladas em invólucros de plástico se portaram de forma semelhante ao observado para a urina isoladamente. (Fig. 2).

3.3. Imagens da mistura de sêmen + urina em tecido de algodão branco

Com intuito de mimetizar uma situação real em relação ao recebimento das amostras enviadas para análises, a urina e sêmen foram misturados e impregnados em tecido de algodão (Fig. 3A-C). As imagens não apresentaram perda da nitidez das amostras misturadas no tempo controle de 24 horas (Fig. 3A) e após 20 dias embaladas em papel (Fig. 3B) ou plástico (Fig. 3C). Assim, pode-se sugerir que as amostras misturadas e embaladas em invólucros de plástico se portaram de forma semelhante ao observado para a urina isoladamente. (Fig. 2).

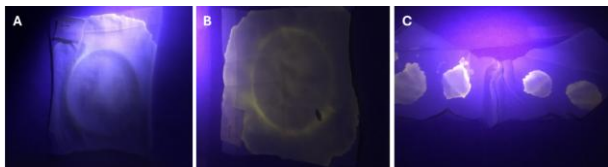


Figura 3. Imagem de fragmentos de tecido de algodão branco embebido em sêmen+urina: em Controle 24h (A), após 20 dias armazenados em invólucro de papel (B) e em invólucro plástico (C)

3.4. Imagens do teste imunocromatográfico – PSA

Após eluídas em solução salina 0,9%, todas as amostras foram submetidas ao teste de imunocromatográfico de PSA. Resultados positivos foram observados sempre que a amostra de sêmen estava presente, por meio da visualização da banda vermelha no dispositivo do teste imunocromatográfico, tanto no Controle de 24 horas quanto após 20 dias, seja sozinha ou em mistura com a urina (Fig. 4A-C), confirmando a presença de sêmen nas amostras analisadas.

Como esperado, a presença de somente urina deu negativo. O tipo de armazenamento também não interferiu no resultado, contudo as amostras de sêmen armazenadas em invólucros de papel (Fig. 4B) e a mistura de sêmen + urina armazenadas em plástico (Fig. 4C), apresentaram um sinal positivo mais fraco que seus respectivos controles (Fig. 4A).

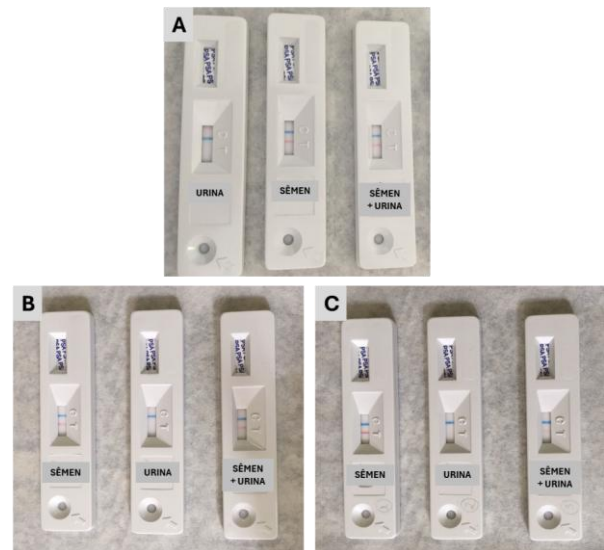


Figura 4. Imagem dos testes para detecção de PSA das amostras extraídas dos tecidos embebidos com sêmen, urina e mistura (sêmen + urina), em Controle 24h (A), após 20 dias acondicionado em invólucro de papel (B) e em invólucro de plástico (C)

4. DISCUSSÃO

Amostras biológicas como sangue, urina, saliva e sêmen são importantes evidências que podem ser encontradas na cena de crime. Ao analisar uma cena de crime, o Perito Criminal procura responder as perguntas que formam o Heptâmero de Quintiliano: o que? como? quem? onde? quando? De que forma? e por quê? [12], sendo assim a confirmação do tipo de amostra biológica presente na cena de crime é muito importante para a investigação.

Na Seção Técnica de Biologia e Bacteriologia Legal do Instituto de Criminalística de Minas Gerais (STBBL), o material recebido para a pesquisa de presença de sêmen (suabes vaginais, perianais, vestes, roupa de cama, dentre outros) é submetido ao teste de PSA para determinação da presença ou não de sêmen. Nas manchas latentes (invisíveis a olho nu), geralmente presentes em vestes, a localização é realizada primeiramente por meio do uso da fonte de luz forense, pois permite identificar a exata localização das manchas em diversos tipos de suportes.

O presente trabalho foi fundamentado na análise realizada em veste infantil masculina que, ao ser analisada com a luz forense, apresentou uma alta luminescência, no entanto, com resultado negativo para o PSA. Por essa razão, e devido a contradição no caso supracitado no presente trabalho, fragmentos de tecido de algodão foram embebidos com amostras de sêmen e urina tanto puros quanto misturados entre si, com a intenção de mimetizar as condições reais em que as amostras são recebidas para análise nos laboratórios forenses e averiguar a eficácia dos testes

imunocromatográficos e a utilização da luz forense na identificação da natureza da amostra analisada.

As imagens obtidas demonstraram que as amostras impregnadas com sêmen e urina apresentaram padrões de luminescência semelhantes sob luz forense, o que poderia levantar questionamentos quanto à especificidade dessa técnica para triagem de sêmen. No entanto, observou-se uma diferença na distribuição da luminescência sobre o suporte: enquanto a urina apresentou fluorescência difusa por toda a extensão do tecido, o sêmen concentrou-se predominantemente nas extremidades. Essa diferença pode estar associada às características físicoquímicas desses fluidos [13]. O sêmen possui maior viscosidade, além de ser rico em proteínas, enzimas e compostos coloidais, o que pode limitar sua migração capilar no tecido e favorecer o acúmulo periférico durante a secagem. Por outro lado, a urina, por ser composta principalmente por água e solutos de baixo peso molecular, apresenta menor viscosidade e tende a se espalhar de maneira mais homogênea pelo suporte. Esse padrão diferencial de distribuição da luminescência ainda não foi descrito na literatura. Dessa forma, sugerimos que esse achado possa representar um critério adicional a ser considerado na análise preliminar de manchas biológicas por luz forense, especialmente quando há dúvida quanto à natureza do fluido.

Em relação a análise realizada no laboratório, a luminescência é um método especialmente relevante, pois pode orientar e delimitar a área do suporte que deve ser recortada ou fragmentada para realização do teste confirmatório de presença de sêmen por imunocromatografia (PSA). Desta forma, os resultados obtidos no presente estudo poderão auxiliar o trabalho pericial, contribuindo para a inferência do tipo de material biológico presente no suporte e, após validação, contribuir para a investigação policial ao fornecer informações sobre a dinâmica do fato delituoso [12].

As análises das amostras por meio da luz forense e do teste de PSA permitiram observar que a determinação da presença de sêmen em materiais enviados somente pode ser confirmada pelo teste imunocromatográfico, sendo a luz forense uma ferramenta auxiliar ao trabalho do perito criminal, tanto em laboratório quanto na cena de crime, uma vez que a luminescência também foi observada nas amostras contendo urina, não sendo, desta forma, discriminatório para crimes sexuais. Assim, o teste imunocromatográfico, considerado simples e rápido, constitui uma etapa importante nas perícias que envolvem crimes sexuais, nos quais o corpo de delito é representado pela presença de sêmen.

Em relação ao acondicionamento em invólucro de plástico, observou-se uma redução da nitidez nas

amostras contendo sêmen, o que não foi verificado nas amostras com urina (Fig 2E e 2F). De acordo com o Código de Processo Penal brasileiro [14], os vestígios devem ser preservados nas mesmas condições em que foram encontrados. Nesse contexto, o perito criminal, ainda na cena do crime, deve adotar procedimentos adequados de coleta, armazenamento e preservação das amostras biológicas, especialmente quando destinadas à análise de DNA, uma vez que a falha nesses cuidados pode inviabilizar as análises e comprometer a investigação criminal [15,16]. O correto acondicionamento das amostras enviadas ao laboratório forense é uma etapa crítica do trabalho pericial, considerando que, frequentemente, trata-se de vestígios únicos, cuja má preservação pode inviabilizar os exames laboratoriais [17,18].

No presente estudo, as imagens obtidas para amostras de sêmen embaladas em papel foram semelhantes às das amostras de urina acondicionadas na mesma condição, sugerindo que o papel favorece a preservação da nitidez, mesmo após o tempo de armazenamento. O Manual de Procedimentos Operacionais Padrão, publicado pela Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) em 2013, estabelece normas para coleta, acondicionamento e envio de material biológico, visando garantir a qualidade e padronização dos procedimentos [15]. De forma complementar, o Manual de Procedimentos da Rede Integrada de Perfis Genéticos (RIBPG), publicado em 2017, reforça esses requisitos, com foco em assegurar a integridade e segurança dos perfis genéticos que compõem os bancos de dados de DNA no contexto de crimes sexuais [19,20]. Ambos os documentos recomendam que os materiais biológicos sejam mantidos secos, armazenados em embalagens de papel ou papelão, e sob temperatura igual ou inferior a 25 °C, a fim de evitar retenção de umidade. Neste estudo, verificou-se por meio da luminescência que o invólucro plástico prejudicou a nitidez das imagens de sêmen, sugerindo algum grau de comprometimento da visualização. Em contraste, esse efeito não foi observado para a urina, cuja nitidez das imagens permaneceu preservada. Essa diferença pode estar relacionada à composição da urina, constituída principalmente por água e, portanto, menos suscetível a prejuízos sob acondicionamento em plástico.

Na presente pesquisa, não foi avaliada a viabilidade das amostras para análises de DNA, mas os resultados obtidos abrem possibilidades para investigações futuras nessa direção. A análise de DNA é uma das principais ferramentas utilizadas pela polícia na elucidação de crimes, por permitir a individualização do sujeito e a associação entre vestígios e possíveis suspeitos, por meio da comparação de perfis genéticos. Essa metodologia, voltada a análise de DNA, tem aplicação

relevante na resolução de casos complexos, como identificação de cadáveres, investigação de paternidade criminal, crimes relacionados à violência sexual e análise de amostras coletadas em locais de crime, com o objetivo de verificar coincidências com amostras da vítima ou de potenciais autores do delito [17].

5. CONCLUSÕES

Os métodos utilizados para a detecção de vestígios em crimes sexuais devem ser considerados complementares, uma vez que cada um possui limitações técnicas e analíticas que impedem interpretações isoladas, desvinculadas do contexto da ocorrência. Os dados obtidos neste estudo reforçam que o uso da luz forense é útil como método de triagem preliminar, tanto no laboratório quanto em locais de crime, mas não permite a identificação conclusiva do tipo de fluido presente, uma vez que sêmen e urina podem apresentar padrões de luminescência semelhantes, gerando possíveis resultados falso-positivos.

Diante disso, cabe ao perito criminal interpretar os achados com base em conhecimento técnico-científico e associá-los ao conjunto probatório, evitando conclusões precipitadas. Além disso, os resultados aqui apresentados indicam que o padrão de distribuição da luminescência no tecido pode auxiliar na distinção entre os fluidos, representando um possível critério complementar na análise pericial. Por fim, ressalta-se a importância de investir no aprimoramento de métodos analíticos com maior sensibilidade e especificidade, especialmente para a triagem e confirmação da presença de sêmen em amostras biológicas, contribuindo para a qualidade e confiabilidade das perícias em casos de violência sexual.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo suporte financeiro, por meio do projeto Rede Mineira de Ciências Forenses (RED 00120-23). À Superintendência de Polícia Técnico-Científica da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais (SPTC/PCMG) por permitir e autorizar a divulgação do presente estudo e a Seção Técnica de Biologia e Bacteriologia Legal, pela utilização de sua infraestrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Anuário Brasileiro de Segurança Pública. 2024 São Paulo. *Fórum Brasileiro de Segurança Pública*, ano 18. 2024. ISSN 1983-7364 Disponível em: <https://publicacoes.forumseguranca.org.br/handle/123456789/253>. Acesso em: 30/08/2024

- [2] IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Sistema de Indicadores de percepção Social*. Segurança Pública, 2023. <http://www.ipeadata.gov.br/api/odata4/> <http://www.ipeadata.gov.br/api/odata4/> acesso em 30/08/2024
- [3] Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2023. São Paulo. *Fórum Brasileiro de Segurança Pública*, ano 17, 2023. ISSN 1983-736
- [4] T.J. Wang; H.G. Rittenhouse; R.L. Wolfert; C.M. Lynne; N.L. Brackett. PSA Concentrations in Seminal Plasma. *Clinical Chemistry*, **44**: 895-896 (1998).
- [5] B.T. Aguiar. Antígeno específico da próstata em fluidos biológicos e sua aplicação em análises forenses. *Anais da Academia de Ciências e Tecnologia de São José do Rio Preto*. **1** (2008)
- [6] M.C.T. Sawaya; M.R.S. Rolim. Antígeno específico da próstata em fluidos biológicos: aplicação forense prostate-specific antigen in biological fluids: forensic application *Visão Acadêmica*, ISSN: 1518-5192. **5(2)**: 109-116 (2004)
- [7] V. Sterzik; S. Panzer; M. Apfelbacher; M. Bohnert. Searching for biological traces on different materials using a forensic light source and infrared photography. *Int J Legal Med* **130(3)**: 599-605 (2016). doi: 10.1007/s00414-015-1283-2
- [8] G. Miranda; F. Prado; F. Delwing; E.J. Daruge. Analysis of the fluorescence of body fluids on different surfaces and times. *Sci Justice* **54**: 427-431(2014)
- [9] Introdução às fontes de luz alternativas - Catálogo luz forense https://www.forensicsbrasil.com.br/catalogos/sirchie/luz_es_forenses.pdf
- [10] W.C. Lee; B.E. Khoo. Forensic Light Sources for Detection of Biological Evidences in Crime Scene Investigation: A Review. *Malaysian Journal of Forensic Sciences* **1**: 17-27 (2010).
- [11] L.D.B. Oliveira; C.E.P. Machado. A análise proteômica no contexto forense. *Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais*. **9**: 55-62 (2017).
- [12] C.R.D. Filho; P.A.C. Francez (Org) *Introdução da Genética Forense* Millennium Editora Campinas, SP (2020)
- [13] K. Virkler; I. K. Lednev Analysis of body fluids for forensic purposes: From laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. *Forensic Science International* **188(1-3)**: 1-17 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.02.013>
- [14] Brasil. Código de Processo Penal. Decreto-Lei nº 3.699, de 03 de outubro de 1941. Acesso 08 05 2024, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm
- [15] Brasil. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Procedimento Operacional Padrão: perícia criminal. Brasília: Ministério da Justiça 242p. 2013.

- [16] E. Ferrari-Junior. A cadeia de custódia e a prova pericial. *Rev. Âmbito Jurídico*. **15:99** (2012).
- [17] E.S.M. Iwamura; D.R. Muñoz. Análise de DNA em medicina legal, banco de dados e controle de qualidade. *Saúde, Ética & Justiça*. **8(1/2):13-17**.(2003)
<https://doi.org/10.11606/issn.2317-2770.v8i1-2p13-17>
- [18] A.L. Silva, H.G. Dornelas, S.M. Caligiorne, P.A. Marinho. Bancos de Perfis Genéticos Criminais no Brasil: Histórico e Evolução. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics* **9(4): 499-520** (2020)
[https://doi.org/10.17063/bjfs9\(4\)y2020499-520](https://doi.org/10.17063/bjfs9(4)y2020499-520)
- [19] Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos - RIBPG. *Manual de procedimentos operacionais*. Brasília: Ministério da Segurança Pública. 21p. (2017)
- [20] Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. *Comitê Gestor da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos*. Resolução nº 9, de 13 de abril de 2018. DOU de 26/04/2018. p. 118.