



Artigo de Investigação

COMPARAÇÃO DO PROGRAMA TEEXMR COM PROGRAMAS DE MICROSCOPOS PROFISSIONAIS DE COMPARAÇÃO BALÍSTICA

Tradução para o português com ajuda de IA (DeepL)

Enrique Germán Solana Aguilar
Perito do Centro Federal Pericial Forense da
Procuradoria-Geral da República - México
Doutorado em Ciências Forenses
enrique.solana@outlook.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-4495>
Google Scholar:
<https://scholar.google.com/citations?user=WBPI3xEAAAAJ&hl=es>

Recebido em 23/10/2025

Aceito em 28/11/2025

Publicado em 30/01/2026

doi: <https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

Citação recomendada: Solana, E. G. (2026). Comparação do programa TEEXMR com programas de microscópios profissionais de comparação balística. *Revista Logos Guardia Civil*, 4(1), 277–300. <https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

Licença: Este artigo é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Depósito Legal: M-3619-2023

NIPO online: 126-23-019-8

ISSN online: 2952-394X

COMPARAÇÃO DO PROGRAMA TEEX^{MR} COM PROGRAMAS DE MICROSCÓPIOS PROFISSIONAIS DE COMPARAÇÃO BALÍSTICA

Resumo: 1. INTRODUÇÃO. 2. FUNDAMENTO E ARGUMENTOS. 3. O PROCESSO DE ESTUDO NAS CIÊNCIAS FORENSES. 4. TÉCNICAS DE COMPARAÇÃO. 5. TEORIAS PARA A COMPARAÇÃO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS. 6. A COMPARAÇÃO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS UTILIZANDO DIFERENTES EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS. 7. METODOLOGIA DE ESTUDO. 8. COMPARAÇÃO DA COMPARAÇÃO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS UTILIZANDO DIVERSOS PROGRAMAS. 9. DISCUSSÃO. 10. CONCLUSÃO. 11. AGRADECIMENTOS. 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Resumo: Atualmente, buscam-se soluções mais simples e acessíveis para problemas de todos os tempos. A inovação permitiu que a tecnologia permeasse diversas áreas e que utilidades tecnológicas pudessem ser usadas em diversos campos do conhecimento humano. E a inovação tecnológica influenciou significativamente as ciências forenses, introduzindo ferramentas que melhoram a eficiência e a acessibilidade na comparação de evidências. Tradicionalmente, a comparação balística depende de microscópios profissionais de alto custo integrados a programas especializados, o que limita a sua disponibilidade a laboratórios com recursos limitados. Este estudo avalia a funcionalidade e praticidade do Teex^{MR}, um programa digital econômico originalmente projetado para fins educacionais, comparando-o com sistemas profissionais de comparação balística de equipamentos como Leica^{MR}, Leeds^{MR} e VisionX^{MR}. Através de testes sistemáticos com cápsulas de calibres comuns (9×19 mm e .38 Special), a investigação analisa funções essenciais como alinhamento de imagens, sobreposição, ajuste de contraste e visualização em tempo real. Os resultados indicam que o Teex^{MR} replica com sucesso as funções básicas de comparação, oferecendo uma alternativa viável para profissionais forenses e estudantes que não têm acesso a equipamentos caros. Embora não substitua os sistemas óticos avançados, o Teex^{MR} demonstra potencial como ferramenta complementar para formação e análise forense preliminar, promovendo uma maior acessibilidade na prática pericial.

Resumen: Actualmente se buscan soluciones más sencillas y accesibles a problemas de todo tiempo, la innovación ha permitido que la tecnología permee en diversas áreas, y que utilidades tecnológicas sean capaces de ser usadas en diversos campos del conocimiento humano. Y la innovación tecnológica ha influido significativamente en las ciencias forenses, introduciendo herramientas que mejoran la eficiencia y accesibilidad en la comparación de evidencias. Tradicionalmente, la comparación balística depende de microscopios profesionales de alto costo integrados con programas especializados, lo que limita su disponibilidad a laboratorios con recursos limitados. Este estudio evalúa la funcionalidad y practicidad de Teex^{MR}, un programa digital económico diseñado originalmente con fines educativos, contrastándolo con sistemas profesionales de comparación balística de equipos como Leica^{MR}, Leeds^{MR} y VisionX^{MR}. Mediante pruebas sistemáticas con casquillos de calibres comunes (9×19 mm y .38 Special), la investigación analiza funciones esenciales como alineación de imágenes, superposición, ajuste de contraste y visualización en tiempo real. Los resultados indican que Teex^{MR} replica con éxito las funciones básicas de comparación, ofreciendo una alternativa viable para profesionales forenses y estudiantes que carecen de acceso a equipos costosos. Aunque no sustituye a los sistemas ópticos avanzados, Teex^{MR} demuestra potencial como herramienta complementaria para la formación y el análisis forense preliminar, promoviendo una mayor accesibilidad en la práctica pericial.

Palavras-chave: Forense, Comparação, Marcas de ferramentas, Microscopia

Palabras clave: Forense, Cotejo, Marcas de herramienta, Microscopia

ABREVIATURAS

AFTE: Associação de Examinadores de Armas de Fogo e Marcas de Ferramentas (tradução para o português)

CPEUM: Constituição Política dos Estados Unidos Mexicanos

CMS: Consecutive Matching Striae (Linhas consecutivas concordantes, correspondente a uma teoria de identificação de marcas de ferramentas)

F.G.R.: Procuradoria-Geral da República (instituição responsável pela justiça a nível federal na República Mexicana)

AI: Inteligência artificial

INEGI: Instituto Nacional de Estatística e Geografia

LED: Light-emitting diode (Diodo emissor de luz, na sua tradução para o português)

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia é um dos principais elementos que contribuem para a inovação nos processos e, com ela, surgem novos paradigmas que devem ser corrigidos ou aperfeiçoados. O avanço neste século tem sido acelerado, o que torna a obsolescência uma questão a ser levada em consideração, não apenas no desenvolvimento industrial, mas também na intelectualidade.

As ciências forenses não escaparam à revolução tecnológica, desencadeando inovações e desenvolvimentos para agilizar o trabalho, conseguindo fazer coisas que antes eram impossíveis. Os processos foram melhorados, o que trouxe como efeito novas formas de pensar sobre o estudo pericial.

Atualmente, as comparações de marcas de ferramentas são feitas com equipamentos microscópicos, que em sua maioria são digitais e estão acoplados a programas com diversas funções que ajudam na demonstração do que está sendo comparado. Os equipamentos usados em laboratórios forenses são, em sua maioria, fixos e caros, e os programas acoplados são próprios do equipamento e não permitem que funcionem em outros equipamentos. Os equipamentos utilizados para a comparação são úteis, uma vez que a principal necessidade é que os elementos a comparar possam ser observados em tempo real, que a comodidade ou ergonomia permita a sua utilização confortável, bem como que as características permitam que, no mesmo equipamento, possam ser utilizadas gamas de contraste que facilitem a visualização dos elementos necessários para a identificação ou descarte (marcas).

O conhecimento, em conjunto com os equipamentos que antes eram muito grandes e pouco acessíveis, agora se voltou para opções mais econômicas e quase tão confiáveis quanto as de alto custo.

A informação sobre os equipamentos e estratégias tecnológicas no âmbito forense é crucial para otimizar o trabalho dos especialistas, por isso, o uso do programa chamado *testigo experto* (Teex^{MR}), apoia a formação no tema das comparações, mas também pode ser uma ferramenta útil para o desenvolvimento profissional forense e pretende-se que seja representado nesta investigação.

Às vezes, nas ciências forenses, é preciso recorrer à criatividade para conseguir o que se deseja, isto é, com base em tentativa e erro, e familiarizar-se com várias ferramentas e aplicações que não foram necessariamente criadas para a área, mas que podem ser técnicas que apoiam em grande medida o processo de exame e obtenção de resultados.

Por isso, o objetivo desta investigação é a comparação e a utilidade do programa Teex^{MR} para a comparação de marcas de ferramentas, especificamente de elementos balísticos, para que sejam úteis para uma investigação e parecer pericial.

2. FUNDAMENTO E ARGUMENTOS

A ciência, como processo de compreensão do pensamento e do seu desenvolvimento, deve estar aberta a toda a sociedade. No entanto, em várias ocasiões, esse conhecimento é restringido por interesses económicos. A justiça, como ciência que se apoia noutras

ciências, tem tentado alcançar a equidade no jogo do desenvolvimento científico, mas não tem sido suficiente para alcançar tudo e todos.

No âmbito penal, ciências como a forense são regularmente utilizadas para auxiliar na questão probatória, pois acredita-se que a melhor prova é aquela que passa por um rigor no seu pensamento, e se este estiver subordinado às ciências naturais e exatas, ainda mais. O que resulta, em parte, numa falácia e, mesmo assim, é-lhe concedida uma confiança desmedida. Pelo contrário, uma das melhores justificativas do raciocínio é aquilo que é mencionado como científico.

No que diz respeito às ciências forenses no México, pode-se começar pelos laboratórios oficiais, entendidos como aqueles que são regulamentados pelo governo. Na República Mexicana, “no final de 2022, foram relatadas 32 coordenações na Procuradoria-Geral da República (FGR) e 397 unidades de serviços periciais e/ou serviço médico forense nas entidades federativas” (INEGI, 2023, p.12).

Em 2022, o total de pessoal nas coordenações e unidades de serviços periciais e/ou serviço médico forense era de 13.827. Por âmbito, 12,6% (1.737) pertenciam à FGR, enquanto 87,4% (12.090) pertenciam às unidades estaduais. Em comparação com 2021, o número de funcionários da FGR diminuiu 5,8%, enquanto aumentou 1,4% nas unidades estaduais (INEGI, 2023, p. 17).

Durante 2022, a FGR recebeu 325.196 pedidos de intervenção pericial, os quais foram todos admitidos; este número representou um aumento de 17,6% em relação a 2021. Por sua vez, as unidades estaduais receberam 4.505.448 pedidos, dos quais 99,97% foram admitidos e 0,03% rejeitados; o número de pedidos recebidos diminuiu 1,7% em relação ao relatado em 2021 (INEGI, 2023, p. 25).

Se fizermos um exercício imaginário, atendemos a uma média de 188 pedidos por perito por ano no âmbito federal (FGR), o que representa quase um pedido a cada dois dias. No âmbito estadual, seriam 373 pedidos por ano, um pouco mais de um por dia.

Este cálculo não leva em consideração o tempo de férias, feriados, a semana de trabalho e desconsidera a carga por matéria e por estado, especulando que todo o pessoal contemplado realiza um trabalho pericial. No entanto, serve como uma ideia do ambiente pericial oficial na República Mexicana. À primeira vista, isso demonstra uma falta de recursos humanos. Deve-se levar em consideração que a atividade pericial não se assemelha a um processo de produção industrial, pois os exames dependem de muitas variáveis para garantir os tempos de resposta, como a condição da prova, a quantidade de provas e/ou evidências a serem examinadas, o tempo de processamento da prova e/ou evidência, o tempo de resposta das equipes, entre outras coisas. Isso implica um grande número de peritos em diversas áreas forenses.

Por outro lado, o mesmo não acontece na área da defesa oficial ou privada. Embora já existam entidades com peritos forenses, estes não têm ao seu alcance nem a mesma formação nem o mesmo alcance económico que as entidades dedicadas à investigação judicial. No entanto, a Constituição Política dos Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) estabelece no seu artigo 17.º o seguinte:

A Federação e as entidades federativas garantirão a existência de um serviço de defesa pública de qualidade para a população e assegurarão as condições para um serviço profissional de carreira para os defensores. **Os rendimentos dos defensores não poderão ser inferiores aos correspondentes aos agentes do Ministério Público** (CPEUM, 2024, Art. 17, Parágrafo 8).

Embora seja verdade que já existem entidades públicas para a defesa e algumas delas dotadas de especialistas em diversas áreas e/ou disciplinas forenses, também é verdade que, em muitos casos, elas não recebem a mesma remuneração dos ministérios públicos ou dos peritos oficiais. O que chama a atenção, ainda mais por se tratar de uma garantia estabelecida na Constituição e não de um simples preceito isolado.

Também se observa no artigo 20 da CPEUM o seguinte: «V. O ónus da prova para demonstrar a culpa corresponde à parte acusadora, conforme estabelecido no tipo penal. As partes terão igualdade processual para sustentar a acusação ou a defesa, respetivamente;» (CPEUM, 2024, Art. 20, Secção A, Fração V), o que pressupõe uma igualdade de circunstâncias no caráter probatório, incluindo o âmbito pericial, o que não é equilibrado, seja pelas ferramentas ou pelo acesso que se tem em alguns locais às pistas e/ou provas, uma vez que muitas vezes não é permitido levá-las a um laboratório especial para análise, improvisando a sua entrega em alguma sede da própria procuradoria, o que é uma desigualdade no desenvolvimento deste tipo de provas.

Por sua vez, estabelece-se na mesma CPEUM o seguinte:

Oitavo. O Congresso da União, as Legislaturas dos estados e o órgão legislativo do Distrito Federal deverão destinar os recursos necessários para a reforma do sistema de justiça penal. As dotações orçamentárias deverão ser indicadas no orçamento imediatamente seguinte à entrada em vigor do presente decreto e nos orçamentos sucessivos. Este orçamento deverá ser destinado à concepção das reformas legais, às mudanças organizacionais, à construção e operação da infraestrutura e à capacitação necessária para juízes, agentes do Ministério Público, policiais, defensores, peritos e advogados (CPEUM, 2024, Art. Oitavo transitorio da reforma de 2008).

O que ainda não se concretizou, apesar de se tratar de uma disposição de 2008, não só por se referir às áreas periciais das defesas públicas, mas também porque persiste o problema orçamental e, por conseguinte, de equipamento e formação nas instituições periciais dos ministérios públicos e poderes judiciais de vários estados da República Mexicana.

Atualmente, não existe nenhum estudo comparativo entre o programa Teex^{MR} e programas acoplados a microscópios de comparação balística, talvez porque o programa tenha sido criado com o objetivo de ser uma ferramenta para estudantes, mas não pensado profissionalmente para uma comparação associada à atividade laboral de algum perito. Vale a pena mencionar que, ao questionar especialistas oficiais de laboratórios do México e da Espanha, não se tinha conhecimento deste programa e muito menos do seu alcance. (Juanamaria66, 2020).

3. O PROCESSO DE ESTUDO NAS CIÊNCIAS FORENSES

García, Z. e Luises E. (2022) definem parecer como: «a emissão de uma opinião sobre um problema concreto que foi levantado por um especialista, chegando a pontos específicos com base nas investigações realizadas, procedimentos e fundamentos técnico-científicos» (Departamento de Justiça dos Estados Unidos da América et al., p. 216).

No México, considera-se uma divisão entre o que deve ser entendido por parecer, relatório e relatório pericial, uma vez que estes três conceitos apresentam diferenças não só semânticas, mas também na prática.

Nesta linha de pensamento, Romero, Ana (2022) define relatório como “aquilo que resulta de uma intervenção que, por alguma razão, não pôde ser realizada” (Departamento de Justiça dos Estados Unidos da América et al., p. 277).

Pode-se entender que o parecer é aquela atividade que, após ser realizada, requer uma opinião ou possível hipótese, enquanto que o relatório pericial é aquele que, após a realização da atividade e seguindo o processo ideal para o caso em questão, não é possível emitir uma opinião ou hipótese por alguma circunstância externa, como seria o caso de uma comparação lofoscópica, pela falta de cristas para emitir uma conclusão de identificação com alguma pessoa contida na base de dados. E entende-se simplesmente como relatório aquele em que, quando a solicitação é recebida, não é possível realizar a atividade, seja por erros na solicitação, por falta de indícios e/ou evidências para estudo, por não ser do âmbito do laboratório, entre outras circunstâncias.

Também se pode distinguir entre dois processos periciais ou especializados, uns que têm como objetivo a emissão de hipóteses sobre questões muito precisas e outros que se destinam a distinguir ou identificar.

A comparação é um dos processos-chave para chegar a uma identificação ou eliminação, que consiste em comparar um a um (lado a lado) duas ou mais pistas e/ou evidências, o que leva a resultados distintos que, por sua vez, desencadeiam uma conclusão apoiada pelo processo, pela técnica, pelo método e pelos resultados.

Este tipo de atividades é comumente observado em disciplinas forenses como balística, lofoscopia, documentoscopia, grafoscopia, marcas de ferramentas, entre outras.

As conclusões a que se pode chegar após a comparação podem ser: identificação, eliminação, resultado inconclusivo e impróprio para estudo. Estas variáveis podem ser mais ou ter nomes diferentes, mas a sua essência é a mesma.

4. TÉCNICAS DE COMPARAÇÃO

A ótica tem sido um recurso inestimável para a investigação, e não tem sido exceção nas ciências forenses, onde, atualmente, essa técnica é utilizada em quase todos os processos e na maioria dos equipamentos utilizados em laboratório. A fotografia é uma dessas técnicas que utiliza a ótica para obter imagens fiáveis do que é observado.

Entre as técnicas que auxiliam na comparação está a ótica, acoplada à imagem digital. Essa técnica ajuda a ver objetos de menor tamanho que não podem ser vistos a olho nu. É preciso ter cuidado, pois muitas vezes acredita-se que a imagem de algum dispositivo, como um telemóvel, não é suficiente para obter uma boa resolução e, portanto, não é boa para comparação. Não é totalmente inútil, pois os avanços tecnológicos têm ajudado a que objetos menores tenham boas características. Deve-se ter em conta que o ideal para a fotografia forense, em termos de pixels, é o uso de câmaras com resolução acima de 5 megapixels. Muitas das câmaras modernas, mesmo em telemóveis, têm uma resolução superior a esta, no entanto, não se deve confundir esta circunstância, pois, embora seja importante, a nitidez e a cor também o são. Por isso, o sensor é a peça chave para ter estas duas características de boa qualidade.

Outro ingrediente importante é a ótica, pelo que uma lente com zoom é melhor do que uma lente com zoom digital. A transposição pode ser uma boa ferramenta ao tirar fotografias para fins de comparação, entendendo-se por isso o uso de ferramentas utilizadas de forma interposta entre a câmara ou a lente, o que pode ser um bom remédio para conseguir melhores aproximações, como seria o uso de uma lupa.

Para a fotografia, seja manual ou por meio de um microscópio, recomenda-se pelo menos cinco fotografias por secção. Ou seja, tirar uma fotografia com luz direta e quatro com luz rasante, iluminando das quatro zonas, acima, abaixo, à esquerda e à direita. Vai depender muito do estudo, pois podem ser tiradas mais fotografias de acordo com as circunstâncias. Por exemplo, na grafoscopia, recomenda-se tirar uma fotografia com luz de fundo (luz localizada no lado oposto à superfície onde se encontra a grafia). Também se recomenda diversas fontes de luz, tais como luz branca ou fria, luz amarela ou quente, luz ultravioleta, luz infravermelha, entre outras. Acima de tudo, no estudo deve-se ter em mente o princípio da troca estabelecido por Edmond Locard (Mummery, 2021, p. 512). Consequente a este princípio, deve-se considerar o da correspondência de características, no qual se deve considerar a comparação de objetos em circunstâncias semelhantes, ou seja, se for usada iluminação branca ou fria, ambas as pistas e/ou evidências devem estar sob a mesma circunstância.

A luz LED branca é uma boa opção, não só para a comparação de indícios e/ou evidências, mas também para o cuidado da visão, por ser confortável e suave para os olhos. «A luz artificial fria é a melhor alternativa à natural, porque é a que mais se assemelha a ela. Cansa menos a vista» (Optica & Hispania, 2024, parágrafo 18).

Outras vantagens da luz LED são:

São energeticamente muito mais eficientes, o que resulta num menor consumo de energia. Além disso, caracterizam-se por terem uma vida útil muito mais longa do que as lâmpadas incandescentes. Por último, os LEDs praticamente não emitem calor, o que é muito mais prático tanto para trabalhar

confortavelmente com o microscópio como para manter a amostra em boas condições (Mundo Microscopio, 2024, parágrafo 20).

Na balística forense ou no estudo de armas de fogo e marcas de ferramentas, são utilizadas ferramentas como lupa, estereoscópio e microscópio de comparação para a verificação. Essas ferramentas são utilizadas de acordo com a etapa do estudo, sendo recomendado primeiro observar o objeto a olho nu sob diversos ângulos de luz, depois sob uma lupa e, em seguida, utilizar um estereoscópio para localizar marcas menores e mais específicas, a fim de classificar a evidência em algum grupo (essas etapas também podem ser aplicadas a outras disciplinas que realizam comparações). posteriormente, são montadas no microscópio de comparação, para realizar a comparação uma a uma, ou seja, lado a lado, com condições de iluminação semelhantes e com o mesmo aumento.

5. TEORIAS PARA A COMPARAÇÃO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS

Para realizar a comparação de elementos balísticos, existem diversas técnicas como as vistas anteriormente, mas também são acompanhadas por metodologias, compostas por estudos contínuos que têm se mostrado eficazes no campo das marcas de ferramentas.

Entre elas, podemos mencionar a teoria da AFTE e da CMS.

Jack Dillon (2008), em relação à história da CMS, nos indica que:

A CMS foi inicialmente proposta em 1959 por Al Biasotti, focando-se na necessidade de estabelecer critérios específicos para a identificação de impressões de ferramentas, centrando-se na ideia de que uma identificação ocorre com base nas características individuais a partir de uma perspectiva objetiva. Esta teoria baseia-se num estudo realizado com amostras, sendo esta uma análise de 720 comparações, não concordantes, conhecidas das impressões do campo e da estria, e não foi possível encontrar casos em que a CMS ultrapassasse quatro linhas contínuas nas comparações. Em 1997, Biasotti e John Murdock publicaram conjuntamente o seu trabalho intitulado «Critérios quantitativos conservadores de identificação», utilizando os critérios da CMS (Dillon, p. 375).

Para entender melhor esta teoria, primeiro é preciso saber que existem marcas bidimensionais e tridimensionais nas marcas a serem analisadas dos elementos balísticos.

Marcas bidimensionais. Estas marcas são também conhecidas como marcas por compressão ou estampadas, e são produzidas quando uma ferramenta aplica força suficiente a um objeto qualquer, deixando nele uma impressão, que varia em contorno, profundidade, dimensão, etc.

Marcas tridimensionais. Estas marcas também são conhecidas como marcas por fricção, arrasto, abrasão, estrias ou arranhões, e são produzidas quando uma ferramenta, ao ser arrastada com certa força sobre um objeto, gera sulcos ou marcas lineares. Estas marcas e es ou baixos-relevos têm diversidade no seu contorno e profundidade, produzindo, por vezes, micro-riscos dentro do seu contorno.

A identificação de marcas de ferramentas normalmente faz distinção de níveis. No caso das marcas de ferramentas, esses níveis são classificados em três e são indispensáveis para a identificação das marcas, sendo eles:

Características de classe, que são aquelas em que se observam marcas características de um tipo específico de marca, que pode incluir um grupo de ferramentas e excluir outras, mas apenas de forma geral.

Características de subclasse, estas marcas são mais específicas do que as de classe, mas sem serem individuais, uma vez que podem distinguir entre um grupo reduzido de tipos de ferramentas, mas de forma geral; é necessário ter cuidado, uma vez que estas marcas podem ser devidas apenas a um grupo específico de ferramentas, mas não a uma em particular.

Características individuais, são as marcas mais pequenas e, por sua vez, servem para descartar um grande grupo de marcas e torná-las específicas para uma ferramenta em particular.

Por fim, esta teoria estabelece que devem ser encontrados em marcas tridimensionais um grupo de cinco linhas consecutivas concordantes ou dois grupos de três linhas consecutivas concordantes em cada marca e, para marcas bidimensionais, um grupo de oito linhas consecutivas concordantes ou dois grupos de cinco linhas consecutivas concordantes (Dillon, 2008). Isto aplica-se apenas à comparação de características individuais, pelo que é necessário prestar atenção a estas características.

A teoria da Associação de Examinadores de Armas de Fogo e Marcas de Ferramentas (AFTE, na sigla em inglês) estabelece que a distinção dessas características deve ser específica e discernível na aparência (apreciáveis e concordantes), sem dar lugar a um sentido quantitativo delas, conforme estabelece a teoria da CMS.

As formas ou características individuais não consecutivas (bidimensionais) também estão sujeitas a comparação, mas devem ter a mesma forma e disposição na localização e, se possível, também deve-se levar em consideração o tamanho da marca.

Atualmente, existem novas técnicas que auxiliam na identificação por meio da fotogrametria ou imagens com baixo e alto relevo, em alguns casos combinadas com programas ou plataformas que auxiliam na observação das marcas. Embora as técnicas variem, os princípios de identificação continuam os mesmos. Baseando-se principalmente nas marcas que vão do geral (marcas de classe) ao específico (marcas individuais), permitindo assim a exclusão de candidatos na identificação.

6. A COMPARAÇÃO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS UTILIZANDO DIFERENTES EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS

A microscopia é um dos dispositivos que se valem da óptica e da fotografia e, atualmente, é o melhor dispositivo comprovado para a comparação. No entanto, no passado, eram utilizados dispositivos como o sistema ou comparador fotográfico Belaunde (Gamarra, G. Skopein, p. 43), referido ao investigador Ernesto Manuel Belaunde, que realizava uma série de fotografias de uma bala, para depois as alinhar e utilizá-las para fazer

comparações por sobreposições ou por comparação lado a lado de forma mais confortável, uma vez que se tratava de imagens com maior amplitude.

O especialista em microfotografia Philipp O. Gravelle teve a ideia de inventar o microscópio de comparação balística, unindo dois microscópios por meio de um dispositivo óptico (Jiménez, J. 2011, parágrafo 8).

Hoje em dia, todos os equipamentos vêm com vários programas associados, que, de acordo com as suas funções, permitem realizar várias ações, como sobrepor imagens, varrê-las, alterar cores, entre outras funções.

Existem vários programas, como o Photoshop® ou similares, que ajudam a melhorar as imagens, mas também podem servir para comparação em questões forenses, o que permite ter ferramentas que facilitam a visualização de pequenos detalhes e, por sua vez, uma forma gráfica para exemplificação perante um tribunal (Solana E, 2020).

Mas também existem programas que facilitam o trabalho de comparação com um orçamento menor, o que nem sempre se contrapõe em preço ou acessibilidade com a sua fiabilidade. Um desses programas com funções pensadas para a área forense é o chamado testigo experto ou Teex^{MR}.

Existem também câmaras e microscópios acoplados a programas e funções específicas, dependendo da aplicação. Por exemplo, para impressões digitais lofoscópicas, existem equipamentos para o seu aprimoramento e aquisição de imagens diretas de objetos, ou seja, o trabalho de transplante da impressão digital é realizado por meios fotográficos. Quanto à grafoscopia, existem funções para ver os traços em terceira dimensão, função esta útil para casos de entrecruzamento de tintas. Assim como estas, existem funções diferentes, de acordo com o que se deseja e o que se quer comparar.

7. METODOLOGIA DE ESTUDO

Foram desenvolvidas comparações sistemáticas com os programas de comparação microscópica para elementos balísticos, com especial interesse nos programas de equipamentos normalmente utilizados para comparação, tais como o equipamento Leica, Leeds, Vision X^{MR} e o programa proposto para análise relativamente à sua funcionalidade Teex^{MR}.

Foram examinadas duas amostras diferentes de cápsulas dos calibres 9x19 mm e 38” especial, uma vez que, no momento do estudo, esses eram os calibres mais comuns comparados no laboratório onde o estudo foi realizado, bem como pelo tipo de arma (pistola e revólver). As comparações foram realizadas com amostras de cartuchos de referência (cartuchos obtidos de uma arma conhecida) e os estudos foram repetidos nos microscópios e plataformas destes. Foram tiradas microfotografias com a câmara acoplada ao microscópio VixionX^{MR}, bem como com uma câmara fotográfica da marca Canon, modelo EOS Rebel T7i, utilizando uma lente zoom com distância focal de 18-55 mm (esta é a mais comumente utilizada, uma vez que é normalmente a que acompanha a câmara).

As amostras foram colocadas em cada platina lado a lado dos microscópios em estudo, foram realizados testes de visualização da imagem com as ferramentas que cada microscópio tinha no seu programa de fábrica, bem como com o programa Teex^{MR}, tais como luzes, tonalidades, colocação da divisão entre as amostras, funções de ponteiros e texto. Também foram feitas comparações nas plataformas com um par de cada um dos casquilhos (9x19 mm e .38" especial), utilizando as ferramentas de cada plataforma, verificando as funções: lado a lado e de cima para baixo, sobreposição, luzes, gamas de cores, contrastes, aproximações e marcadores especiais para a imagem.

Foi dada especial atenção às funções de aproximação, sobreposição e visualização lado a lado da amostra, com o objetivo de verificar esta função, que é considerada a principal no momento de realizar uma comparação.

Foram feitas capturas de tela das comparações dos cartuchos, a fim de exemplificar a comparação entre eles no estudo.

Foram seguidos os seguintes passos:

1. Escolha de cápsulas com percussão central calibre 9 mm e 38 SPL
2. Limpeza dos cartuchos
3. Escolha de três sistemas mais utilizados com diversas fontes de luz: luz de tungstênio (Leica^{MR}), luz fluorescente (Leeds^{MR}) e luz LED (Vision X^{MR})
4. Carregamento de fotografias obtidas dos microscópios e carregadas no programa Teex^{MR}
5. Comparação das funções básicas em cada programa, sendo as principais:
 - Aproximação
 - Divisores de imagem para comparação
 - Sobreposição de imagens
 - Funções de ponteiro e texto
 - Funções de gama de contrastes
6. Comparação dos resultados obtidos em cada programa.

Não foi realizado um estudo sobre a resolução da imagem, mas apenas sobre a sua melhoria com os programas e as funcionalidades de cada programa, fazendo uma comparação entre todos eles, para saber o que cada um inclui e a facilidade de utilização.

8. COMPARAÇÃO DA COMPARSA DE ELEMENTOS BALÍSTICOS UTILIZANDO VÁRIOS PROGRAMAS

O estudo foi realizado com base no programa comparador Teex^{MR} e suas funções, tendo três referências de microscópios profissionais de laboratório e seus programas de microscopia profissional acoplados, como o Leica^{MR}, o LEEDS^{MR} e o Vision^{X(MR.)} este último da empresa Forensic Technology^(MR), todos estes em contraste com o programa comparador Teex^{MR}. Foram consideradas amostras de cápsulas padrão, e não foi avaliada diretamente a ótica, mas sim a plataforma na sua visão geral, uma vez que a ótica depende diretamente da ferramenta de captura e não do programa que gera os processos de visualização e comparação.

A seguir, observam-se as diferentes funções na tela principal de comparação dos programas acoplados nos microscópios Leeds^{MR}, Vision X^{MR} e Leica^{MR}, nessa ordem.

Figura 1

Fotografia comparativa da base dos casquilhos do sistema do microscópio Leeds^(MR) onde se podem ver as funções gerais na parte superior e no lado direito.

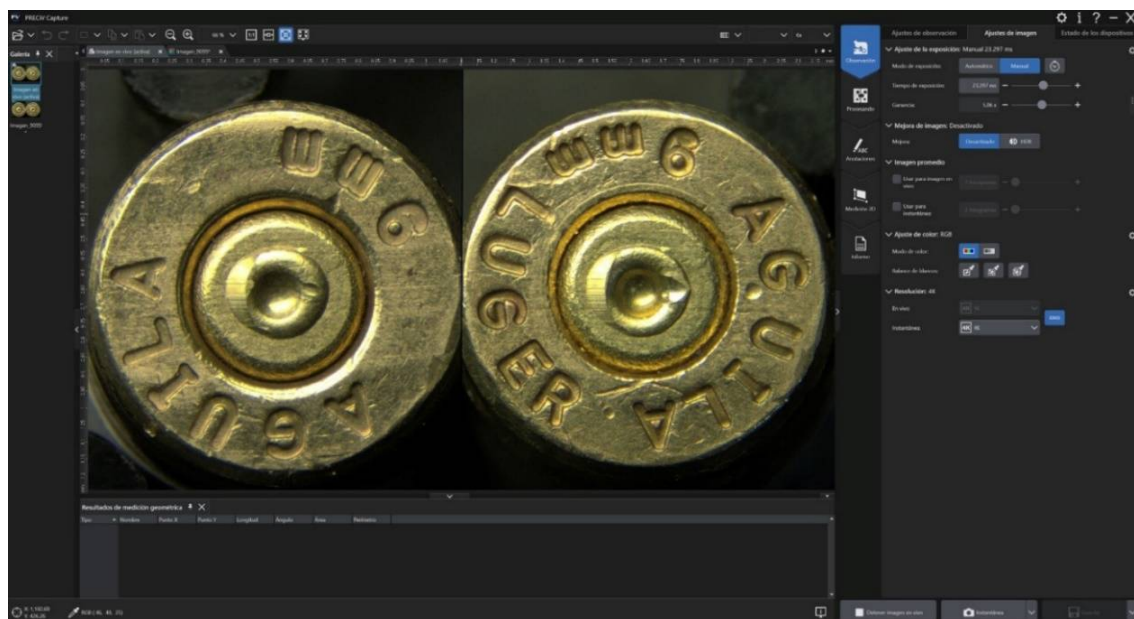


Figura 2

Fotografia de comparação de casquilhos no sistema do microscópio Vision X^{MR}, onde se podem ver as suas funções gerais na parte superior e no lado direito.

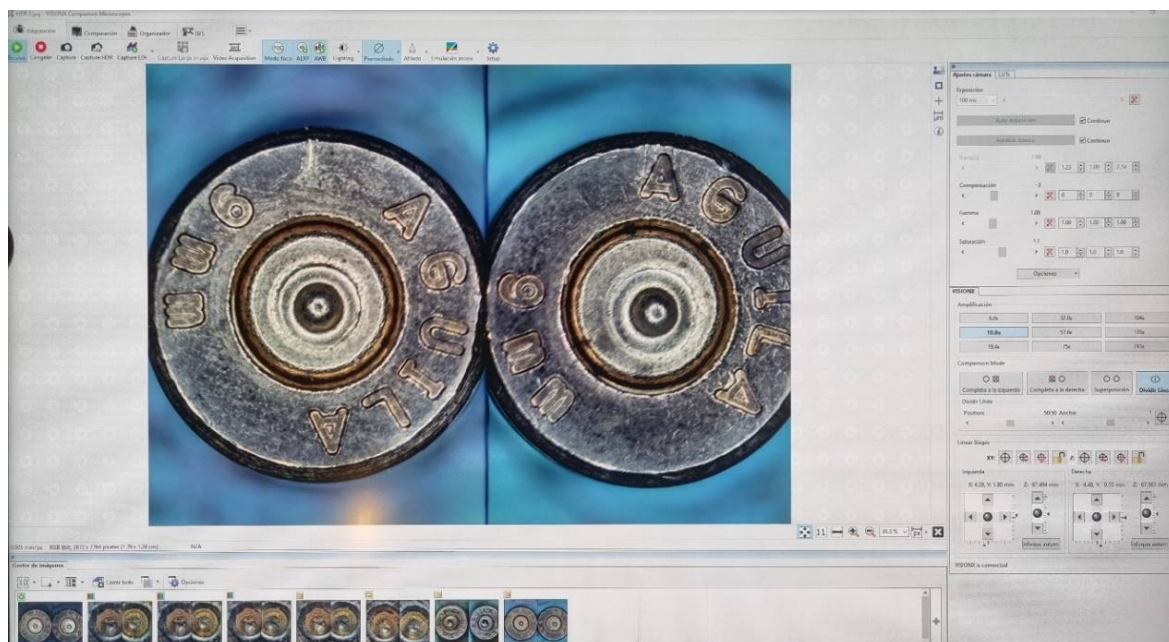


Figura 3

Fotografia comparativa da base dos casquilhos do sistema do microscópio Leica^{MR}, onde se podem apreciar as suas funções gerais nas abas superiores e nos lados direito e esquerdo do ecrã.



É importante destacar que o programa ou aplicação denominado *testigo experto Teex^{MR}* é um recurso para auxiliar na comparação, mas não se trata de uma plataforma com microscópio, pelo que é necessário dispor de microscópios ou simplesmente de câmaras que capturem os indícios e/ou evidências. O interessante é que as câmaras ou microscópios podem ser conectados a um computador com o programa, o que permite ver em tempo real o que está a ser gravado nos dispositivos conectados. No que diz respeito à resolução, isso dependerá em grande parte dos dispositivos periféricos que forem conectados. O design da plataforma foi pensado para a comparação de vários indícios e/ou evidências, não apenas para elementos balísticos. Na imagem 4, observa-se um computador com dois microscópios acoplados.

Imagem 4

Programa Teex^{MR} com microscópios portáteis acoplados em cada lado



Nota. Imagem fornecida pelo fornecedor e autor em balística forense Cibrián, O. 2024,[11].

Se não for possível acoplar algum dispositivo, também existe a opção de carregar as imagens previamente capturadas a partir de algum ficheiro, o que permite a praticidade no manuseamento das imagens quando não for em tempo real.

A empresa Arfus^(MR), fornecedora deste sistema, descreve-o como um:

Comparador digital orientado para desenvolver habilidades em técnicas de comparação em estudantes e futuros profissionais da criminalística, criminologia e ciências forenses, tais como a identificação de armas de fogo e marcas de ferramentas, bem como outras matérias relacionadas com os conhecimentos especializados que fornecem opiniões fundamentadas aos tribunais de justiça sobre os pontos litigiosos que são objeto de pareceres periciais (Delgadillo, 2020).

Embora seja um programa ou aplicação orientado principalmente para a educação, também é realmente prático no âmbito profissional, sobretudo para aqueles casos em que

não se dispõe de equipamentos comparadores ou não é permitido o transporte de indícios e/ou provas para o local onde se poderia ter os equipamentos especiais.

As utilizações dependem principalmente do utilizador, mas tudo o que requeira uma comparação pode ser utilizado através desta plataforma, por exemplo, a comparação de documentos, escritos, impressões digitais, marcas de ferramentas, lesões, entre outros.

As especificações mínimas para executar este sistema são: um PC, telemóvel, Surface hub, HoloLens, com o dispositivo Windows 10 ou posterior, memória mínima de 2 Gb e 4 Gb como recomendação, uma câmara acoplada e memória de vídeo recomendada de 1 Gb (Delgadillo, 2020). Na imagem 5, observa-se uma comparação entre dois casquilhos lado a lado e várias funções do programa no lado esquerdo.

Imagem 5

Ecossistema do programa Teex^{MR} numa comparação entre dois cartuchos, onde se observam as suas funções no lado esquerdo e na parte inferior.

Nota. Imagem fornecida pelo fornecedor e autor em balística forense Cibrián, O. 2024 [15]

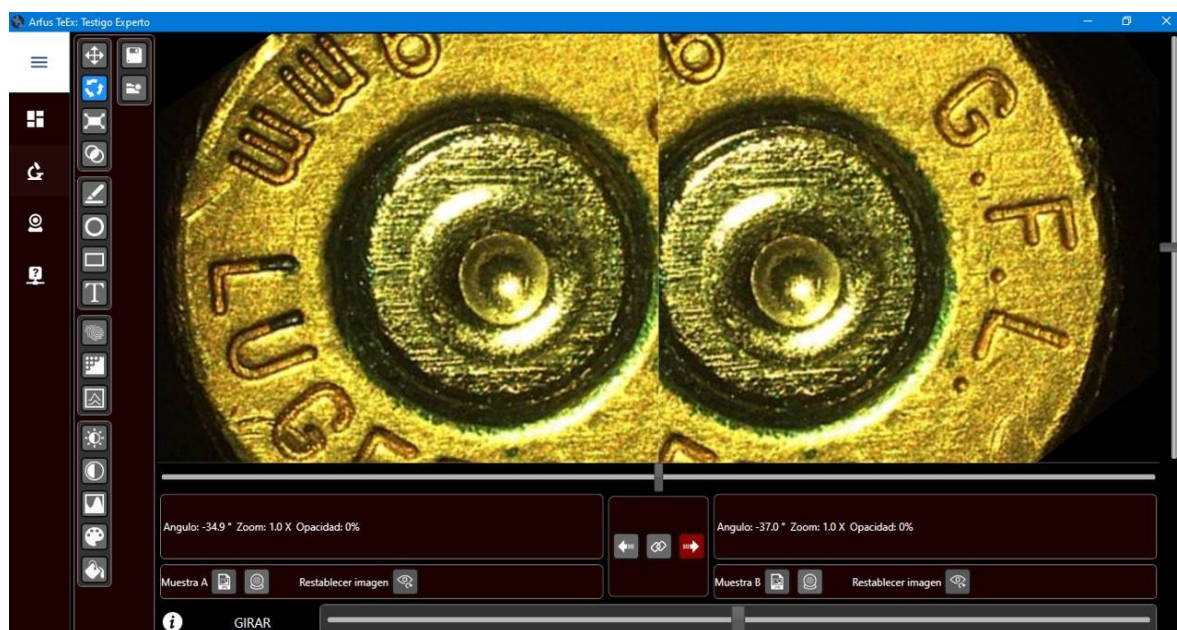
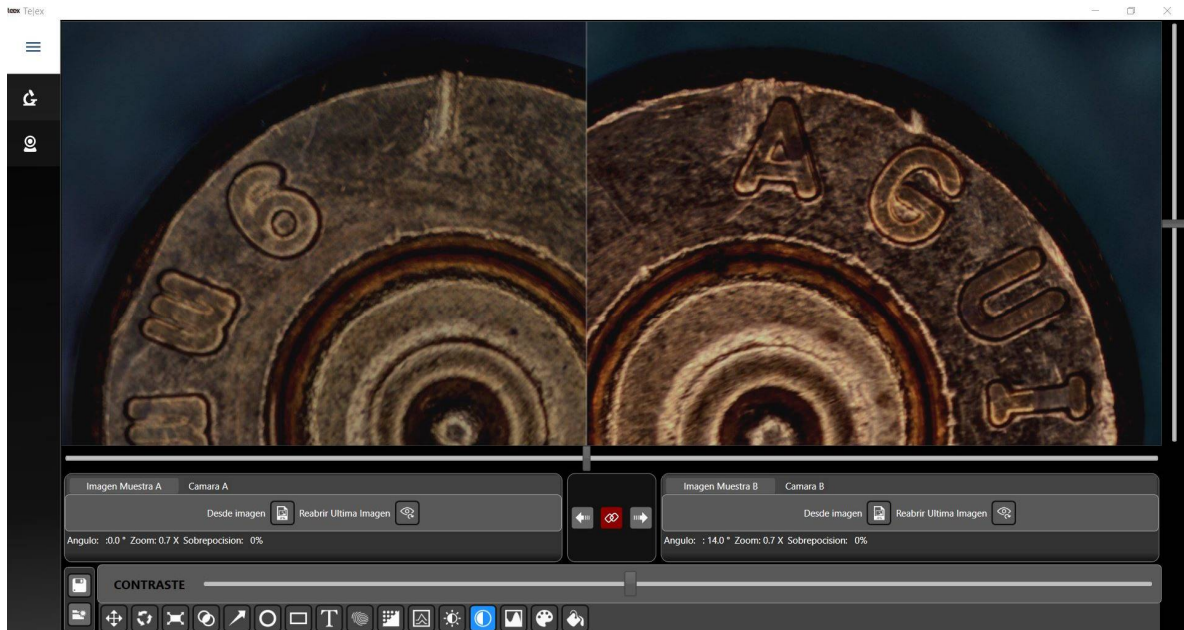


Figura 6

Comparação das marcas do extrator na margem superior de dois cartuchos com o programa Teex^{MR}



Nota. Imagem retirada diretamente do programa com uma comparação com fotografias tiradas por microscopia.

Após testar o ambiente visual de vários equipamentos profissionais e do programa Teex^{MR}, foi feita uma comparação geral das qualidades dos programas de cada microscópio e do programa Teex^{MR}, que podem ser vistas resumidas na Tabela 1, onde são mostradas as principais funcionalidades de cada sistema e suas principais características, com o objetivo principal de esboçar a funcionalidade do sistema Teex^{MR} em relação aos microscópios profissionais.

Tabela 1

Comparação das características do programa para comparação de várias marcas de microscópios e do programa TeeX^{MR}

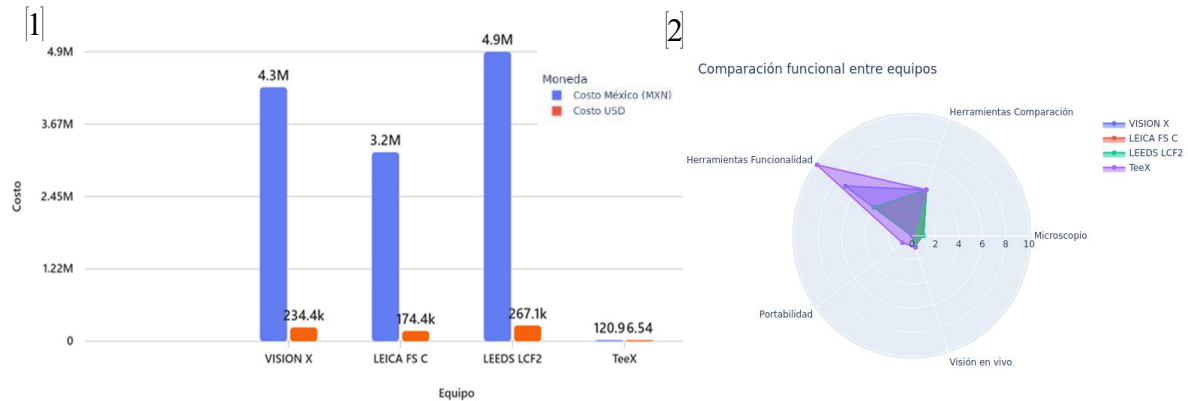
CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS AO PROGRAMA	NOME DO EQUIPAMENTO E/OU PROGRAMA			
	VISION X ^{MR}	LEICA FS C ^{MR}	LEEDS LCF3 ^{MR}	TeeX ^{MR}
Imagem	Vertical e lateralmente correta	Vertical e lateralmente correta	Vertical e lateralmente correta	Vertical e lateralmente correta
Comparação	lado a lado, lado esquerdo ou direito completo, sobreposto	lado a lado, lado esquerdo ou direito completo, sobreposto	lado a lado, lado esquerdo ou direito completo, sobreposto	lado a lado, lado esquerdo ou direito completo, sobreposto
Linha divisória	Configuração completa da posição e largura motorizada e memorizada no controlador	Configuração manual para posição e largura	Configuração manual para posição e largura	Digital com configuração manual para posição e largura
Imagem ao vivo de câmaras digitais*	Câmara HDMI com imagem. Memória em cartão SD, resolução de 1920x1080 pixels, incluída a básica Funções de software	Várias câmaras digitais ao vivo disponíveis	Várias câmaras digitais ao vivo disponíveis	Depende do acoplamento do equipamento fotográfico, que pode ser acoplado ao sistema.
Funções do programa	O VisionX SW inclui controlo da câmara, captura de imagens, anotações de imagens, análise de imagens, arquivo de imagens, medição e capacidades de comparação. Função de controlo remoto	Pacote de software LAS, controla a câmara, captura e gere imagens e suporta medições	Pacote de software LAS, controla a câmara, captura e gere imagens e suporta medições	

Nota . A tabela representa as características dos programas e apenas alguns dos equipamentos.

As informações extraídas dos equipamentos VISION X^{MR}, LEICA FS C^{MR} e LEEDS LCF3^{MR} foram extraídas do catálogo comparativo da Projectina^{MR} (Visionx & Comac, 2017)

Gráficos 1 e 2

1. Comparação dos preços dos equipamentos e programas 2. Comparação das vantagens e desvantagens dos equipamentos e programas para comparação de várias marcas de microscópios e do programa TeeX^{MR}



Nota. Os preços são estimativas obtidas dos fornecedores no ano de 2025. O único que possui portabilidade é o programa TeeX^(MR), conforme pode ser observado no gráfico 2.

9. DISCUSSÃO

A resolução das imagens dependerá da câmara com que são tiradas. O objetivo deste estudo, como mencionado, nunca foi comparar a nitidez da imagem, mas sim a eficiência dos serviços oferecidos no seu sistema ou plataforma. As funções apresentadas pelos equipamentos Vision X, Leica^{MR} e Leeds^{MR} contêm recursos que auxiliam na comparação, aliados às suas múltiplas objetivas e à eficiência da sua plataforma. No entanto, as funções de comparação, comparação um a um em tempo real, sobreposição, rotação, mudança de iluminação e contraste também estão disponíveis no programa TeeX^{MR}, pelo que, neste sentido, cumpre as condições próprias de qualquer uma das plataformas examinadas.

A análise realizada evidencia que a tecnologia transformou substancialmente os processos nas ciências forenses, oferecendo ferramentas mais acessíveis que permitem reduzir a diferença entre laboratórios com recursos limitados e aqueles com equipamentos de alta tecnologia. O programa TeeX^{MR}, embora inicialmente concebido para fins educativos, revelou-se uma alternativa funcional para a comparação de indícios balísticos, replicando as principais características dos sistemas profissionais, como a comparação lado a lado, a sobreposição e o ajuste de contraste. Embora não substitua a precisão ótica dos microscópios especializados, o seu baixo custo e facilidade de utilização tornam-no uma opção viável para a formação académica e para cenários onde o acesso a equipamentos avançados é limitado.

Esta descoberta reforça a importância da inovação tecnológica orientada para a democratização do conhecimento e da prática forense, sem perder de vista que a experiência profissional e o rigor metodológico continuam a ser elementos essenciais para garantir a validade dos resultados.

Entre as propostas futuras para este estudo, destacam-se: 1. Integração com inteligência artificial: explorar a incorporação de algoritmos de IA para a detecção automática de características individuais em marcas balísticas, otimizando o processo de comparação e reduzindo o tempo de análise. 2. Testes em ambientes judiciais: Analisar a viabilidade do uso do Teex^{MR} em audiências e tribunais, avaliando sua aceitação como ferramenta auxiliar na apresentação de provas periciais. 3. Ampliação para outras disciplinas forenses: Investigar a aplicação do programa em áreas como documentoscopia, lofoscopia e análise de lesões, para determinar sua versatilidade em diferentes cenários periciais. 4. Estudo de impacto económico e social: Medir o impacto que teria a adoção de ferramentas acessíveis como o Teex^{MR} em laboratórios com recursos limitados, considerando a redução de custos e a democratização do acesso tecnológico. 5. Desenvolvimento de padrões de validação: Propor protocolos e normas que garantam a confiabilidade dos resultados obtidos com plataformas digitais, alinhados com os padrões internacionais em ciências forenses.

10. CONCLUSÃO

O uso da tecnologia evoluiu rapidamente desde o ano 2000, o que permitiu que ciências, artes, disciplinas, profissões, entre outras, se beneficiassem das novas técnicas existentes. A área forense se tecnificou, melhorando os estudos e tornando-os mais eficientes. O avanço na microscopia combinado com a informática permite que coisas que antes não eram possíveis deixaram de sê-lo.

Embora seja verdade que a tecnologia tenha auxiliado as ciências forenses, também é verdade que muitos dos avanços não estão ao alcance de todos, existindo laboratórios com tecnologia ainda antiga, não por isso menos funcional, mas que não contribuem para a eficiência dos processos. Diante disso, foram implementadas alternativas para que esses benefícios sejam cada vez mais acessíveis.

Nesta investigação, foi possível mostrar o uso de tecnologia acessível para comparações, em contraste com a tecnologia atualmente utilizada por alguns laboratórios oficiais. Este programa (Teex^{MR}) permite que o utilizador faça uma comparação, seja diretamente com as pistas e/ou evidências, seja indiretamente com as fotografias fornecidas das pistas e/ou evidências. Embora este programa tenha sido concebido para a educação e uma abordagem mais realista ao ensino da comparação de indícios e/ou evidências, como cápsulas, balas, impressões digitais, documentos, entre outros, pode-se concluir que também é prático e útil para o laboratório estabelecido. Não só permite uma comparação em tempo real, como também pode ser utilizado em qualquer lugar, inclusive num tribunal.

Não se deve esquecer que a ciência sempre tendeu à comunicação e acessibilidade de seus conhecimentos e, cada vez mais, essa ideia pode ser alcançada com a ajuda dos avanços tecnológicos, que permitem a acessibilidade de ferramentas que antes eram impossíveis de se ter.

Vale a pena mencionar que o uso de um equipamento ou programa não proporciona, por si só, o conhecimento e a experiência, pelo que deve ser sempre combinado com o conhecimento da matéria e metodologias internacionalmente aceites, podendo estas últimas ser consultadas em publicações de várias organizações dedicadas às especialidades forenses a nível internacional, que publicam avanços e normas para o

estudo de casos concretos de cada ciência ou disciplina. As teorias expressas nesta investigação são um exemplo de padrões em matéria de armas de fogo e marcas de ferramentas.

11. AGRADECIMENTOS

Ao perito forense Dr. Octavio Cibrián Vidrio, pelo seu apoio e contribuição com imagens e informações.

Aos peritos especialistas em exame de armas de fogo e marcas de ferramentas do laboratório de balística forense de Aguascalientes, México.

Ao perito forense Ing. Noé Castañeda, da área de formação da Agência de Investigação Criminal (A.I.C.) do estado de Guanajuato.

Aos peritos em balística forense, especialmente a J. Luis Ferrando, J. Ángel Jiménez e José Francisco Sánchez, do laboratório de balística forense da Guarda Civil da Espanha.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cibrián, O. (2024). *Imagens TEEX*

Delgadillo, F. (2020). Teex [software de computador]. México:

Departamento de Justiça dos Estados Unidos da América, OPDAT, Office of Overseas Prosecutorial Development, Assistance and Training, CJF, C. d. I. J. F., & Licenciatura em Ciência Forense, Faculdade de Medicina, UNAM. (2022). *Guias para a avaliação judicial de provas periciais em matéria de identificação humana, odontologia forense, psicologia forense, análise de vídeo digital, balística, medicina forense, criminalística de campo*. UBIJUS.

Constituição Política dos Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), Constituição dos EUA (1917). Recuperado de:
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

Dillon, J. H. (2008). *Formação de peritos em armas de fogo, módulo 09: Exame de cartuchos e cartuchos de caça*. NFSTC.
https://projects.nfstc.org/firearms/module09/fir_m09.htm

Gamarra Viglione, G. A. (2014). Noções de identificação em microscopia balística. *Skopein: A justiça nas mãos da ciência*, (4), 43–49. Recuperado de:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4761252>

INEGI. (2023). *Integração dos resultados gerais dos serviços periciais 2023*

Jiménez, J. (2011, 02 de dezembro). Origens da balística forense. *Madridiario*
<https://www.madridiario.es/noticia/210769/sucesos/origenes-de-la-balistica-forense.html>

Juanamaria66. (6 de setembro de 2020). Jalisciense cria software para estudos forenses.
<https://efectoezpiral.com/2020/09/06/jalisciense-crea-software-para-estudios-forenses/>

Mummery, D. (2021). Every contact leaves a trace. *British Journal of General Practice*, 71(712), 512. 10.3399/bjgp21X717569

Mundo Microscopio. (2024). *Sistema de iluminação do microscópio*.
<https://www.mundomicroscopio.com>. Consultado em 11 de outubro de 2024.
https://www.mundomicroscopio.com/sistema-de-iluminacion-del-microscopio/#google_vignette

Optica & Hispania. (2024). *Que tipo de iluminação é mais saudável para a visão?*
<https://opticahispania.es>. Consultado em 11 de outubro de 2024.
<https://opticahispania.es/la-iluminacion-mas-sana-para-la-vista/>

Solana Aguilar, E. G. (2021). Comparação por sobreposição de impressões digitais usando o programa Adobe PhotoShop/Comparison by overlaying fingerprints

using the adobe photoshop[R] program. *Revista Archivos de Criminología, Criminalística y Seguridad Privada*, (26), 134

Visionx, P., & Comac, P. (2017). *Comparação técnica: Microscópios de comparação VisonX, COMAC, LEEDS discovery e LCF3, leica FSM e FSC*