



O EXAME QUÍMICO METALOGRÁFICO COMO INSTRUMENTO DE REVELAÇÃO DE SEQUENCIAIS ALFANUMÉRICOS GRAVADOS EM SUPERFÍCIES METÁLICAS

Yasmim Ribeiro Meirelles

<http://lattes.cnpq.br/5157549676580802> - <https://orcid.org/0000-0002-0797-3214>

yasmim.meirelles@policiacivil.mg.gov.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil



Romero Eustáquio Carazza

<http://lattes.cnpq.br/1533251526838077> - <https://orcid.org/0009-0006-0533-3818>

rcarazza@yahoo.com.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil

Araken Resende Costa

<http://lattes.cnpq.br/5971954903961408> - <https://orcid.org/0009-0006-1242-6158>

araken.resende@policiacivil.mg.gov.br

Polícia Civil de Minas Gerais, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil

RESUMO

O aumento dos crimes patrimoniais envolvendo veículos roubados ou furtados e a adulteração dos seus sinais identificadores direciona a demanda de procedimentos operacionais forenses para a caracterização e diminuição dos danos causados por esses delitos na sociedade. Tais fraudes vêm se tornando comum no âmbito policial, em que a Perícia Criminal atua na identificação dos sinais originais através de métodos químicos, como os exames químico-metalográficos. A metalografia utiliza-se de ataque químico controlado na superfície do metal no qual foram gravados, subtraídos ou remarcados os caracteres identificadores visando a revelação das informações originais. Este trabalho tem como objetivo a revisão bibliográfica de algumas das diversas fraudes usadas por criminosos para obliterar os sinais identificadores dos veículos, com foco na importância da utilização da Química Legal como instrumento auxiliar da Justiça Criminal. Portanto, objetiva-se a análise da relevância do exame químico-metalográfico como meio de auxiliar na identificação veicular e posterior devolução dos bens aos seus legítimos donos, contribuindo assim para o cumprimento das leis. A análise das características dos exames metalográficos não deve ser vista apenas como um procedimento técnico, mas como uma medida crucial para garantir a segurança e a integridade dos direitos de propriedade dos cidadãos.

Palavras-chave: Perícia criminal; Química legal; Exame químico-metalográfico.

Metallographic examination as an instrument to reveal alphanumeric sequentials engraved in metallic surfaces

ABSTRACT

The increase in property crimes involving stolen or illegally appropriated vehicles, along with alteration of their identifying markings, has increased the demand for forensic operational procedures aimed at characterizing and mitigating the damage caused by such offenses to society. These frauds have become increasingly common within the scope of police investigations, in which Forensic Experts are engaged in the identification of original markings through chemical techniques, such as chemical-metallographic examinations. The metallography involves the application of controlled chemical etching to the metal surface where identifying characters have been engraved, removed, or remarked, with the goal of revealing the original information. This study aims to present a literature review on several fraudulent techniques employed by criminals to obliterate vehicle identification marks, emphasizing the importance of Forensic Chemistry as an auxiliary tool of Criminal Justice. Accordingly, the objective is to analyze the relevance of chemical-metallographic examinations as a means of assisting in vehicle identification and facilitating the return of property to its rightful owners, thereby contributing to the enforcement of the law. The analysis of metallographic techniques should not be viewed merely as a technical procedure, but as a crucial measure to ensure public safety and the protection of citizens' property rights.

Keywords: Forensic expertise; Forensic chemistry; Metallographic examination.

DOI: <https://doi.org/10.70365/2764-0779.2025.159>

Recebido em: 28/07/2025.

Aceito em: 21/10/2025.

1 INTRODUÇÃO

A crescente incidência de crimes patrimoniais, como furtos e roubos de veículos, tem gerado um impacto significativo na sociedade, tornando-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de técnicas eficientes para a identificação, recuperação e restituição dos bens subtraídos. Segundo o Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública, Prisionais, Rastreabilidade de Armas e Munições, de Material Genético, de Digitais e de Drogas (Sinesp) do Ministério da Justiça e Segurança Pública (Brasil, 2025), no ano de 2023, em Minas Gerais, foram registradas 27.569 ocorrências de furto e roubo de veículos, sendo 23.201 veículos furtados e 4.368 veículos roubados. Em 2024, houve aumento de 5,59%, constatando-se 29.111 ocorrências, sendo 24.379 veículos furtados e 4.732 veículos roubados. De acordo com dados obtidos na Seção Técnica Regional de Criminalística de Conselheiro Lafaiete/Minas Gerais, no ano de 2023, o quantitativo de exames periciais realizados em veículos relacionados aos crimes de furto e roubo compreenderam 6,13% de todas as análises periciais realizadas na Seção, totalizando 40 (quarenta) veículos periciados. Em 2024, houve o crescimento das análises para 70 (setenta) veículos periciados (12,77% de todas as perícias realizadas na Seção), conforme os dados retirados do Sistema de Gestão de Perícias da Polícia Civil de Minas Gerais, SIGEP (Minas Gerais, 2025).

Neste contexto, parte dos veículos objetos de crime sofre adulteração nestes sinais identificadores, como os caracteres alfanuméricos do Número de Identificação do Veículo (VIN, do inglês Vehicle Identification Number), popularmente conhecido como numeração de chassi, e dos caracteres de identificação presentes nos motores automotivos (Canuto *et al.*, 2022; Miranda, P. L. e Oliveira, T. L., 2022). Essa adulteração dificulta o processo de rastreamento e devolução dos veículos aos seus legítimos proprietários. Se a obliteração for superficial, apenas a limpeza com reagentes não destrutivos é suficiente para recuperação das informações originais. Entretanto, a gravação pode ser consumida completamente, sendo necessário o uso de reagentes específicos. Nesse cenário, o exame químico-metalográfico surge como uma ferramenta essencial para recuperar ou confirmar a originalidade desses identificadores (Jin, 2012). Este processo químico permite a identificação de marcas falsas na superfície do metal do chassi ou a remoção de gravações ilegais de forma a estabelecer a autenticidade das marcações através da visualização da zona de deformação plástica, caso esta não tenha sido removida (Fortini *et al.*, 2016; Konieczny *et al.*, 2025; Siudy, 2023).

Este artigo tem como objetivo analisar a relevância do exame químico-

metalográfico como meio de auxiliar na identificação veicular e, posteriormente, na devolução dos bens aos seus legítimos donos, contribuindo assim para a justiça e o cumprimento das leis. Partindo da revisão bibliográfica dos identificadores veiculares, bem como a descrição destes elementos, a pesquisa buscou a descrição dos tipos de fraudes veiculares e a vinculação destes à necessidade de exames metalográficos. Em seguida, estudos aplicados à técnica demonstraram que a análise das características dos exames metalográficos não deve ser vista apenas como um procedimento técnico, mas como uma medida crucial para garantir a segurança e a integridade do direito de propriedade dos cidadãos.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido tendo como metodologia a pesquisa bibliográfica, de cunho exploratório e qualitativo, focada em livros, apostilas, manuais, monografias, textos e revistas sobre o assunto, além de entrevistas com profissionais atuantes na área e reflexão através de artigos *on-line*.

Através dos autores pesquisados, os quais publicaram ou desenvolveram seus trabalhos baseados em materiais comprovados no meio científico, foi possível adquirir conhecimento sobre este relevante tema que culminou na escrita deste trabalho que procura mostrar a importância da Metalografia como Ciência Criminal e sua aplicação prática para identificação de veículos automotores. Com a revisão bibliográfica, o presente trabalho buscou elencar os identificadores veiculares padronizados normativamente, com foco na visualização dos elementos de segurança presentes no chassi e no motor de veículos. Utilizando-se de bancos de dados de alta relevância científica, como *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, pesquisou-se estudos que comprovassem a eficácia da aplicação de métodos químico-metalográficos na busca da originalidade de caracteres de identificação, além de revisão do assunto baseada nas normativas brasileiras e internacionais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Identificadores veiculares

Os identificadores de fácil acesso e visibilidade (VIN, número de motor e placa de identificação veicular) são comumente utilizados para identificar os veículos por vendedores de carro, vistoriadores e, no âmbito policial, em análises forenses, sendo padronizados nacional e internacionalmente através de normas e padrões (Rak, Kopencova e Felcan, 2021). Entretanto, anteriormente a 1981,

não havia padronização aceita para o VIN, em que cada fabricante possuía a liberdade de identificar seus veículos com diferentes formatos de caracteres alfanuméricos (Jędrych, Mróz e Biskup, 2022).

No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, caracteriza a identificação veicular obrigatória como a gravação de caracteres no chassi ou monobloco e o uso de placas dianteira e traseira nos padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran) (Brasil, 1997). Esse sistema de identificação de veículos automotores é fundamental para garantir a segurança, a rastreabilidade e a legalidade do transporte terrestre. Além desses identificadores físicos, o Brasil conta com um sistema integrado de registros, como o Registro Nacional de Veículos Automotores (Renavam), que armazena todas as informações do veículo ao longo de sua vida útil — desde a fabricação até o eventual desmonte ou baixa definitiva.

O número do motor, embora não tenha o mesmo padrão universal do chassi, também serve para associar o componente ao veículo original. Conforme a Resolução nº 968 de 2022 do Contran, o número de identificação do motor deve ser gravado no bloco do motor, em local de fácil acesso e visualização, sem discriminação de alto ou baixo relevo e com presença de sinais alfanuméricos (Brasil, 2022).

Segundo a Resolução nº 969 de 2022 do Contran, cada veículo deverá ser identificado por placas de identificação veicular (PIV) dianteira e traseira, exceto reboques, semirreboques, motocicletas, motonetas, ciclomotores e derivados, quadriciclos e guindastes, que serão identificados apenas por uma placa traseira (Brasil, 2022). O CTB dispõe que os caracteres das placas serão individualizados para cada veículo, sendo vedado o seu reaproveitamento (Brasil, 1997).

Anteriormente a 2022, as placas veiculares eram regulamentadas pela Resolução nº 231 de 2007 do Contran, em que as inscrições identificadoras deveriam conter sete caracteres alfanuméricos, sendo os primeiros três sinais resultantes do arranjo das vinte e seis letras do alfabeto português, e os demais indicadores resultantes do arranjo de dez algarismos (0 a 9). Além disso, as placas deveriam conter sigla identificadora da Unidade da Federação e município de registro do veículo, com lacre com características de inviolabilidade e identificado o Órgão Executivo de Trânsito do estado federativo brasileiro e do Distrito Federal, anexo a um arame galvanizado (Brasil, 2007).

A partir de julho de 2022, a Resolução nº 729 de 2018 do Contran passou

a vigorar, estabelecendo a padronização para placas de identificação, apresentadas com sete caracteres alfanuméricos, de combinação aleatória, estampados em alto relevo, devendo o último sinal ser, obrigatoriamente, numérico. As placas devem ter fundo branco com margem superior azul, contendo o logotipo do Mercosul ao lado esquerdo e a bandeira do Brasil ao lado direito, além do nome Brasil ao centro. Além disso, as PIV's deverão conter QR-Code e revestimento em seu anverso por película retrorrefletiva, recoberta nas áreas estampadas com filme térmico contendo "MERCOSUR BRASIL MERCOSUL". Este modelo, conhecido como modelo Mercosul, visa a padronização dos veículos circulantes entre os países Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, de forma a garantir banco de dados compartilhado para reduzir falsificações e fiscalização nas fronteiras (Brasil, 2018).

Afora a marcação de chassi, motor e placa alfanumérica, existem outros componentes de identificação veicular alvos de adulterações. Segundo a Resolução nº 968 de 2022 do Contran, os veículos devem conter etiquetas autocolantes, feitas em material de segurança resistente a intempéries, destrutivos quando da tentativa de remoção, contendo o VIN ou apenas a terceira seção deste, o VIS. O posicionamento destas etiquetas deve ser sob o assento ou na porta dianteira do veículo, no caso de motocicletas, ciclomotores e seus derivados, ou na coluna da porta dianteira direita e no compartimento do motor, quando existente, nos demais veículos automotores (Brasil, 2022).

Para veículos fabricados entre os anos de 1989 e 1998, há a obrigatoriedade de etiqueta óptica destrutível ou plaqueta contendo o ano de fabricação do veículo em seu assoalho (Leite *et al.*, 2023). Além disso, a Resolução nº 24 de 1998 do Contran traz a obrigatoriedade de marcação do VIS nos vidros, realizada pela montadora ou em outro local de responsabilidade do fabricante, desde que antes da venda ao consumidor. A marcação deve ser feita uma no vidro do para-brisa e uma no vidro traseiro, e pelo menos duas em cada lado do veículo (Brasil, 1998). Esse conjunto de identificações permite que autoridades de trânsito, seguradoras e demais órgãos competentes realizem o controle e a fiscalização de forma eficaz, coibindo práticas ilegais como roubo, clonagem e adulteração de veículos.

3.2. Principais tipos de fraudes

As fraudes nos números de identificação dos veículos podem ser divididas em falsificação ou alteração, conforme distinguido por Siudy (2023). A falsificação está relacionada à criação de outros caracteres alfanuméricos através do corte da estrutura do chassi na qual se localiza a numeração, e

consequente substituição da peça com novas inscrições, processo conhecido como “transplante”. Além disso, a falsificação pode ser caracterizada também pela raspagem, remoção térmica ou cobertura dos caracteres originais. Segundo o autor, as formas de alteração incluem a mudança individual de certos elementos, perfuração parcial ou total de caracteres, cobertura ou corte parcial das inscrições ou troca da ordem das informações alfanuméricas.

Na PIV, as fraudes podem ocorrer pela substituição ou adulteração dos caracteres, clonagem dos sinais, violação e destruição do lacre, selo ou QR-Code. A substituição de placas é um método em que os criminosos trocam placas de dois veículos, em que, em sua maioria, um deles encontra-se em estado “baixado” ou com queixa de furto/roubo. A adulteração dos algoritmos das placas ocorre através de descoloração com uso de substâncias abrasivas ou inserção de adesivos, de modo a induzir a leitura dos sinais erroneamente (Lima, 2017).

Há a possibilidade de clonagem da PIV, cuja informações originais da placa identificadora de outro veículo são clonadas. O veículo clone, ou dublê, pode apresentar ou não as mesmas características do veículo original, como marca, modelo e cor. Além disso, a clonagem pode ser realizada com a adulteração do VIN ou não (Brasil, 2022). Na PIV moderna há a presença de QR-Code que vincula os dados do veículo (número de chassi, ano de fabricação, renavam, entre outros) àquela placa. Este QR-Code também pode sofrer adulterações de forma a impedir a leitura dos dados como desgastes, supressão ou raspagem parcial ou total (Brasil, 2022). Segundo o Código de Trânsito Brasileiro, o artigo 230, I, adiciona a possibilidade de falsificação e prevê infração gravíssima para os condutores de veículos com lacre de identificação violado ou falsificado. O lacre anexo às PIV mais antigas apresenta identificadores numéricos cadastrados junto à PIV nos bancos de dados e permitem a fixação da placa no veículo, conferindo originalidade (Brasil, 1997).

Além disso, as fraudes podem ser realizadas através da troca das etiquetas de identificação dos veículos por outras pertencentes a veículos adulterados. Pode ocorrer a cobertura da etiqueta destrutiva, de modo a inviabilizar a leitura do VIN. Conforme descrito no Regulamento Técnico de Vistoria de Identificação Veicular da Coordenadoria Estadual de Gestão de Trânsito, há possibilidade de fraude quando a etiqueta apresentar vestígios de adulteração por montagem, implante, transplante, se estiver fora do padrão da montadora ou com VIS divergente do VIN (Leite *et al.*, 2023). Segundo Cecere (2010), as adulterações do VIN podem ser dadas pela ausência da numeração, regravação, recobrimento da peça suporte, colocação de chapa metálica

sobre a superfície da gravação original, substituição da peça suporte, ocultação da numeração original, regravação e remontagem.

A ausência de numeração é caracterizada pela remoção dos sinais identificadores através de abrasão, perfuração, derretimento ou aplicação de ligas de solda (Gaudencio e Lima, 2018). A regravação parcial ou total utiliza reagentes abrasivos, contundentes ou corrosivos, com a finalidade de remover a identificação original e remarcar outros caracteres (Gaudencio e Lima, 2018; Lima, 2017). Pode ocorrer também a remoção dos sinais através de desbastes da superfície, utilizando-se de técnicas de liagem, esmerilhamento e brocagem, seguidas da regravação dos caracteres desejados (Batista, 2019). O recobrimento da superfície suporte parcial ou total pode ser realizado utilizando uma liga metálica de baixa fusão, como o estanho, ou uma massa polimérica, de forma a realizar nova marcação (Gaudencio e Lima, 2018). O implante, ou enxerto, trata da sobreposição da placa do VIN por outra placa metálica, sendo esta nova placa com sinais com gravação inidônea ou original de outro veículo. A fixação do implante pode ser feita por adesivo ou solda (Gaudencio e Lima, 2018; Lima, 2017). Já o transplante é a remoção total da placa identificadora e posterior recolocação de chapa pertencente a outro veículo, com numeração legal (Lima, 2017). A remontagem é o aproveitamento de parte de um veículo em outro, de forma a alterar os números do chassi ou do motor (Gaudencio e Lima, 2018).

3.3 Número de identificação veicular (VIN) e suas características

O número de identificação é uma sequência alfanumérica padronizada internacionalmente, marcada permanentemente em um elemento estrutural do automóvel, devendo este elemento estar conectado com a lataria do veículo, de fácil acesso para a identificação. O local de gravação pode ser no compartimento do motor, sobre o assento ou assoalho do banco do passageiro ou no porta-malas (Jędrych, Mróz e Biskup, 2022). Conforme NBR 6066/2001, esse identificador pode ser gravado diretamente em uma peça integrada ao veículo em um componente que não seja facilmente removido ou substituído (chassi, monobloco, cabine ou carroceria), ou em uma plaqueta fixada permanentemente (ABNT, 2001).

Na impressão do VIN podem ser utilizadas diversas técnicas. Os métodos de gravação podem ser divididos em métodos de deformação e métodos de remoção de material. A estampagem normalmente é feita em baixo relevo e sob alta pressão por punção, escavação, ponto a ponto e ponto sobre ponto, mediante o emprego de maquinário específico para tal na linha de montagem,

devendo os caracteres terem altura mínima de 7 mm (sete milímetros) quando gravados diretamente no veículo ou 4 mm (quatro milímetros) quando gravados em plaquetas (Leiva, 2019; Stauffer e Bonfanti, 2006, ABNT, 2001).

O VIN é uma combinação de dezessete caracteres, onde, segundo a ISO 3779/2009, o número do chassi deve ser dividido em três seções. A primeira seção é referente à identificação do fabricante (WMI, do inglês *World Manufacturer Identifier*), composta por três caracteres preestabelecidos pelo país onde a empresa possui sua sede. O primeiro caractere é referente ao local de fabricação do veículo. Os veículos manufaturados nos Estados Unidos apresentam os dígitos “1” ou “4”, aqueles produzidos no Canadá, apresentam a numeração “2”, já os manufaturados no Japão e na França apresentam caracteres alfabéticos, com as letras “J” e “V”, respectivamente. O segundo caractere apresenta a empresa de fabricação, sejam elas Ford (F), General Motors (G), Honda (H), Mercedes Benz (D), Nissan (N), Toyota (T), entre outros (Jędrych, Mróz e Biskup, 2022).

A segunda seção apresenta a descrição do veículo (VDS, *Vehicle Descriptor Section*), com seis caracteres numéricos ou alfabéticos, fornecendo informações gerais dos atributos do veículo. Nesta seção, caso o fabricante não possua todos os caracteres necessários padronizados, há a possibilidade de a utilização de caracteres randômicos à escolha da empresa com a finalidade de preencher os espaços (ISO, 2009).

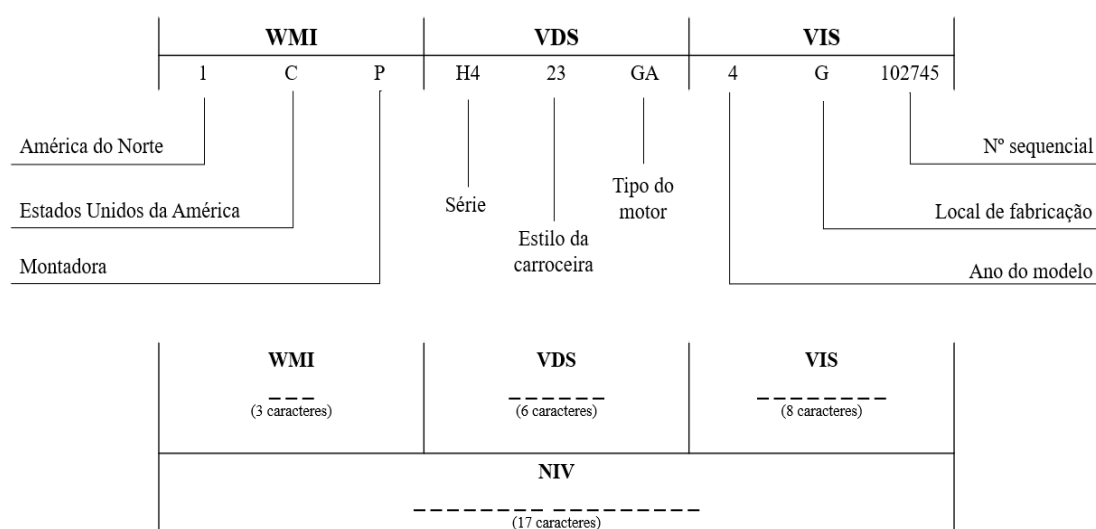
E por último, a terceira seção representa a distinção dos veículos (VIS, do inglês *Vehicle Indicator Section*), composta por oito caracteres. Os primeiros três caracteres podem ser alfanuméricos, enquanto os quatro restantes deverão ser somente numéricos. Nesta seção, o fabricante deve indicar o ano e o local de fabricação do automóvel, utilizando o primeiro e o segundo caracteres, respectivamente. Os caracteres passíveis de utilização para a representação do ano estão descritos na Tabela 1. O restante dos caracteres é destinado à individualização do veículo. No caso de o fabricante produzir menos que quinhentos veículos por ano, o terceiro, o quarto e o quinto caracteres devem ser indicados pela instituição responsável pelo assunto do país onde a empresa possui sede, de forma que estes caracteres sejam específicos do fabricante. Além disso, as letras I, O e Q não são utilizadas a fim de não gerar dúvidas pela similaridade com os demais sinais permitidos (ISO, 2009). A Figura 1 exemplifica o posicionamento das seções do VIN.

Tabela 1 – Caracteres utilizados para designar o ano de fabricação do automóvel.

Ano	Código	Ano	Código	Ano	Código	Ano	Código
1991	M	2001	1	2011	B	2021	M
1992	N	2002	2	2012	C	2022	N
1993	P	2003	3	2013	D	2023	P
1994	R	2004	4	2014	E	2024	R
1995	S	2005	5	2015	F	2025	S
1996	T	2006	6	2016	G	2026	T
1997	V	2007	7	2017	H	2027	V
1998	W	2008	8	2018	J	2028	W
1999	X	2009	9	2019	K	2029	X
2000	Y	2010	A	2020	L	20230	Y

Fonte: ISO (2009).

Figura 1 – Exemplo do seccionamento da numeração do chassi.



Fonte: Adaptado de ISO (2009).

O processo de gravação do número de chassi é feito nas linhas de montagens, mecanicamente, por intermédio de equipamento próprio, através de punções em baixo relevo. Esses equipamentos aplicam uma força uniforme deixando essa gravação com características semelhantes entre um caractere e outro. Espindula (2013) descreveu diversos parâmetros que devem ser seguidos na gravação do número do chassi. Os caracteres devem apresentar-se alinhados, linear e horizontalmente, com modelo e dimensão padronizados de cada montadora, espaçamento e profundidade uniforme entre todos os sinais, conforme a técnica utilizada na gravação (Espindula, 2013).

Além da numeração física, há também a possibilidade de identificação do veículo através do seu VIN digital. Este identificador é encontrado, comumente, na unidade de controle eletrônico (ECU) ou centralina, em dispositivos armazenadores de dados ou outro equipamento similar presente no

veículo. Entretanto, o VIN digital pode sofrer modificação através do uso de software especializado em alterar os dados gravados na centralina do automóvel (Rak, Kopencova e Felcan, 2021).

3.4 Exame químico-metalográfico

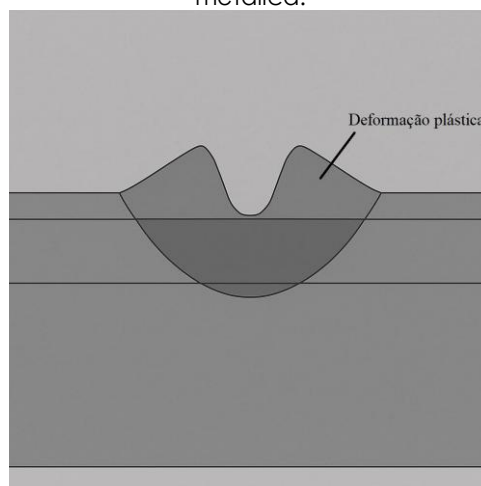
Na fabricação dos componentes metálicos dos automóveis é comumente observado a presença de ligas de alumínio no lugar do aço, de modo a reduzir o peso dos veículos. Entretanto, ao contrário do aço, o alumínio é um metal de difícil corrosão, dificultando o processo de restauração das informações gravadas neste (Uli, Kuppuswamy e Amran, 2011). Uli *et al.* (2011) encontraram a composição do bloco do motor de motocicletas das marcas Yamaha e Honda como liga metálica apresentando, em percentual do seu peso total, 2,54 e 2,18 de cobre, 0,13 e 0,20 de magnésio, 10,60 e 10,76 de silicone, 1,08 e 0,84 de ferro, 0,24 e 0,18 de manganês, 0,65 e 0,75 de zinco, 0,085 e 0,054 de chumbo e 0,17 e 0,076 de níquel, respectivamente, sendo o restante da composição em alumínio. Entretanto, devido ao segredo industrial, protegido pela Lei de Propriedade Industrial (Lei nº 9.279/96), a composição da liga metálica utilizada pela indústria automobilística na produção dos chassis e motores dos veículos é uma informação confidencial e de difícil conhecimento, sendo necessário estudo particularizado das peças, o que demanda tempo e capital, saindo do escopo da ciência forense.

Ligas metálicas apresentam irregularidades em sua estrutura atômica associadas à uma energia livre. Durante o processo de estampagem dos sinais na superfície metálica, há um acréscimo desta energia livre, levando ao aumento da densidade dos elétrons no espaço intersticial (espaço vazio entre a estrutura cristalina da liga metálica) e a consequente deformação plástica (Azlan Mohd. Zaili, Kuppuswamy e Harun, 2007; Siudy, 2023; Thornton e Cashman, 1976). No processo de deformação plástica, também denominado deformação permanente, a perturbação pode apresentar diversas profundidades, de acordo com o método de impressão utilizado (Maynard *et al.*, 2019).

Essa deformação é causada em virtude da quebra das ligações atômicas e seguinte reformulação destas, em que a direção e a inversão da força aplicada levam ao dobramento dos grãos metálicos, conforme ilustrado na Figura 2 (Azlan Mohd. Zaili, Kuppuswamy e Harun, 2007; Siudy, 2023; Thornton e Cashman, 1976). Portanto, a compactação da estrutura dos grãos permite o uso da corrosão química na restauração dos sinais gravados, possibilitando a visualização da diferença dos grãos em relação à superfície não gravada

(Shankar *et al.*, 2014; Thornton e Cashman, 1976). Esse método é conhecido na área forense como análise químico-metalográfica, também denominado análise cristalográfica.

Figura 2 – Ilustração da deformação plástica causada pela impressão na superfície de uma liga metálica.



Fonte: Adaptado de Maynard *et al.* (2019).

Durante a aplicação do método, as heterogeneidades mecânicas da liga metálica produzidas durante a gravação dos números são reveladas durante a corrosão química, devido a variação da velocidade da reação, resultando na manifestação dos números obliterados, através da diferença na refletividade da luz (Azlan Mohd. Zaili, Kuppuswamy e Harun, 2007; Uli, Kuppuswamy e Amran, 2011). Os contornos dos caracteres excluídos contrastam com o fundo, de modo a permitir a leitura da inscrição original (Konieczny *et al.*, 2025). De acordo com Azlan Mohd. Zaili, Kuppuswamy e Harun (2007), é possível a restauração de caracteres apagados até 0,04 mm de profundidade. Se a gravação original tiver sido feita em local com grãos metálicos maiores, as inscrições adulteradas serão consumidas de forma mais lenta pelos reagentes (Konieczny *et al.*, 2025). Além disso, o exame permite a observação de descontinuidades físicas resultantes dos processos de usinagem, como as zonas afetadas pelo calor e as irregularidades provenientes da têmpera, e danos causados na retificação da superfície metálica (Voort, 1984).

O procedimento químico-metalográfico é realizado através do contato do reagente químico com a superfície metálica por determinado período de tempo. De acordo com Lima (2017), recomenda-se inicialmente o uso de reagentes com potencial de reação mais fraco e, caso não encontre resultado positivo, a seguinte aplicação com reagentes de maiores concentrações de

ácido. Além disso, a aplicação de fontes de calor pode ajudar a acelerar a velocidade da reação, uma vez que o aumento da temperatura no local leva a colisão das moléculas, intensificando a oxidação da superfície (Lima, 2017). Segundo Quintela e Laitano (1998), para que o método seja eficiente, é necessária a remoção da tinta, caso existente na superfície, com uso de solvente apropriado, bem como a remoção de óleo, gordura e, se preciso, a utilização de lixa de baixa granulometria.

No exame de ataque químico podem ser utilizados diversos reagentes que possuam em sua composição ácidos, como os reagentes Fry e Bessman (Lima, 2017). Na escolha do reagente ideal, deve ser considerada a composição da superfície de aplicação (Yin e Kuppuswamy, 2009). O reagente Fry consiste em uma mistura de cloreto cúprico (CuCl_2) e ácido clorídrico (HCl) em água destilada, podendo ser utilizado em diversas proporções de forma a melhor beneficiar a revelação da numeração gravada na superfície metálica (Ferreira, Pinto e Nunes, 2019). Conforme descrito por Abdul Wahab *et al.* (2012), para que este reagente produza efeitos mais significativos, a superfície deve ser polida antes da aplicação, principalmente quando utilizado em blocos de motores. O polimento pode ser realizado com a aplicação do composto orgânico propanona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), popularmente conhecido como acetona, de forma a remover quaisquer impurezas que possam prejudicar a aplicação do método cristalográfico (Fortini *et al.*, 2016). Após a finalização da aplicação do reagente, recomenda-se a lavagem da superfície com uma solução de ácido nítrico (HNO_3), de forma a evitar que o cobre, caso presente na liga metálica, se deposite na área da deformação plástica, ocultando o resultado produzido (Yin e Kuppuswamy, 2009).

Já o reagente Bessman compreende uma solução de ácido clorídrico (HCl), cloreto férrico (FeCl_3), cloreto cúprico (CuCl_2) e álcool metílico ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) (Ferreira, Pinto e Nunes, 2019). A utilização deste reagente enseja em diversas aplicações. Conforme o manual disponibilizado pela SENASP/MJ (2018), o reagente Bessman deve ser aplicado na superfície de um algodão e esfregando-o no metal, considerando sempre a mesma direção. Em seguida, deve-se aguardar cinco minutos e repetir a aplicação de quatro a cinco vezes. Após as repetições, o intervalo de aplicação aumenta, e novas aplicações devem ser feitas a cada dez minutos, aumentando o tempo de contato e, assim, prolongando a reação (SENASP, 2018). Apesar de seu uso na identificação veicular, não foram encontrados estudos aprofundados na literatura sobre este reagente.

Os exames químico-metalográficos apresentam como vantagem a

simplicidade de aplicação da técnica, exigindo apenas o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados e a realização em ambientes de boa ventilação, sem a necessidade de equipamentos especializados ou infraestrutura laboratorial, permitindo que as análises forenses possam ser realizadas nos pátios de retenção dos veículos. Entretanto, o método não é muito eficiente em blocos de motor, devido a composição destes, além de não haver a possibilidade de repetibilidade, uma vez que se trata de uma técnica destrutiva (Siudy, 2023).

3.5 Aplicação dos exames químico-metalográficos

Segundo Silva (2011), inicialmente, caso a peça possua tamanho maior, deve ser realizada uma secção transversal ou longitudinal da peça em estudo, de acordo com o objetivo do estudo. Cortes transversais visam a identificação de materiais depositados, do modo de fabricação e de eventuais defeitos na região de fratura da peça. Já os cortes longitudinais identificam os processos realizados na seção, como estampagem, torneamento, soldas e laminação (Silva, 2011).

Anterior ao exame químico-metalográfico, é necessário realizar a limpeza do local, utilizando-se de líquidos com baixo ponto de ebulição, ou seja, alta volatilidade, como o álcool, de forma a retirar impurezas que possam prejudicar a análise (Rohde, 2010). Após a limpeza superficial, um removedor pastoso é aplicado para retirar quaisquer tintas e/ou massas plásticas presentes, devendo ser reaplicado tantas vezes quantas forem necessárias. Em seguida, a região deverá ser limpa com algodão/estopa seca, retirando todo o removedor e, posteriormente, lavada com água.

Visando o preparo da peça para o ataque químico, principalmente nos componentes que apresentam ligas de alumínio, utiliza-se de uma solução de ácido clorídrico (HCl). A solução deve ser aplicada utilizando-se da técnica de esfregaço, de forma a aumentar a área de contato e produzir calor, permitindo melhor penetração do ácido no metal. A depender da composição da superfície, esta etapa é suficiente para a elucidação da gravação original.

Em seguida, realiza-se a aplicação do reagente metalográfico escolhido. O emprego do ácido pode ser realizado através da imersão da área com uso de algodão embebido com a solução química ou por gotejamento, para o caso de áreas pequenas. No ataque químico, o reagente deverá permanecer em contato com a superfície metálica entre 40 segundos a 5 minutos, a depender da composição da liga e da temperatura empregada na reação,

seja ela ambiente ou proveniente de fonte de calor. Entretanto, o tempo de reação pode ser prolongado, podendo o ataque químico ser realizado por horas. Finalizado o período de reação, recomenda-se o esfregaço do algodão na peça de forma a aumentar o contraste dos caracteres revelados, quando passíveis de revelação. A reaplicação da solução pode ser necessária, podendo ser utilizado reagente diverso do aplicado inicialmente. Após a aplicação do reagente, a área deve ser neutralizada para impedir a corrosão da peça. Para tanto, utiliza-se de reagentes básicos, como solução de bicarbonato de sódio.

A gravação original pode apresentar baixa visualização, sendo necessário a observação da peça em diferentes ângulos de forma que a incidência de luz favoreça a visão dos caracteres. A seguir, encontram-se imagens ilustrativas da aplicação do ataque químico em superfícies metálicas, demonstrando a eficácia do método.

Figura 3 – Imagem da numeração do motor antes do ataque químico-metalográfico (à esquerda) e após o ataque químico-metalográfico (à direita).



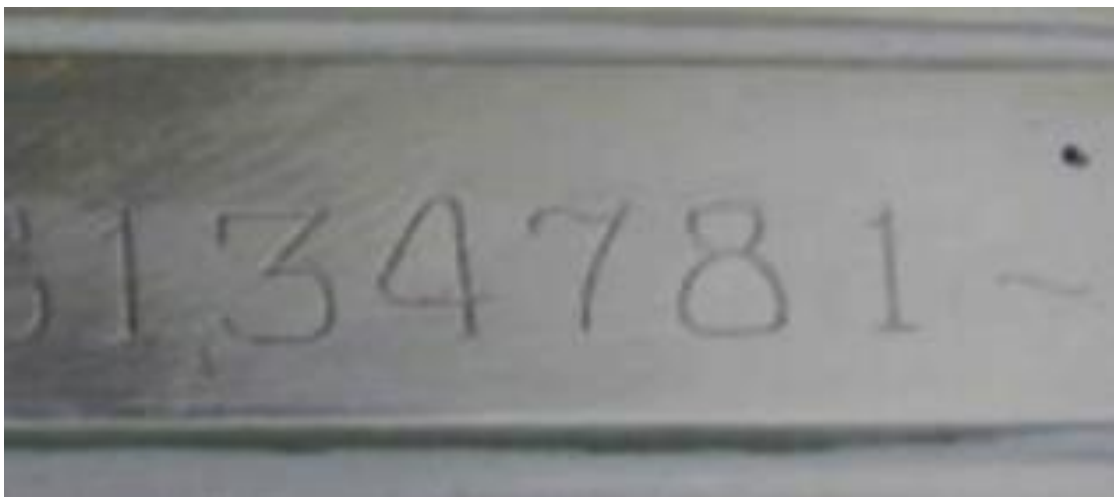
Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Figura 4 – Imagem do número de série de um revólver antes do ataque químico-metalográfico (à esquerda) e após o ataque químico-metalográfico (à direita).



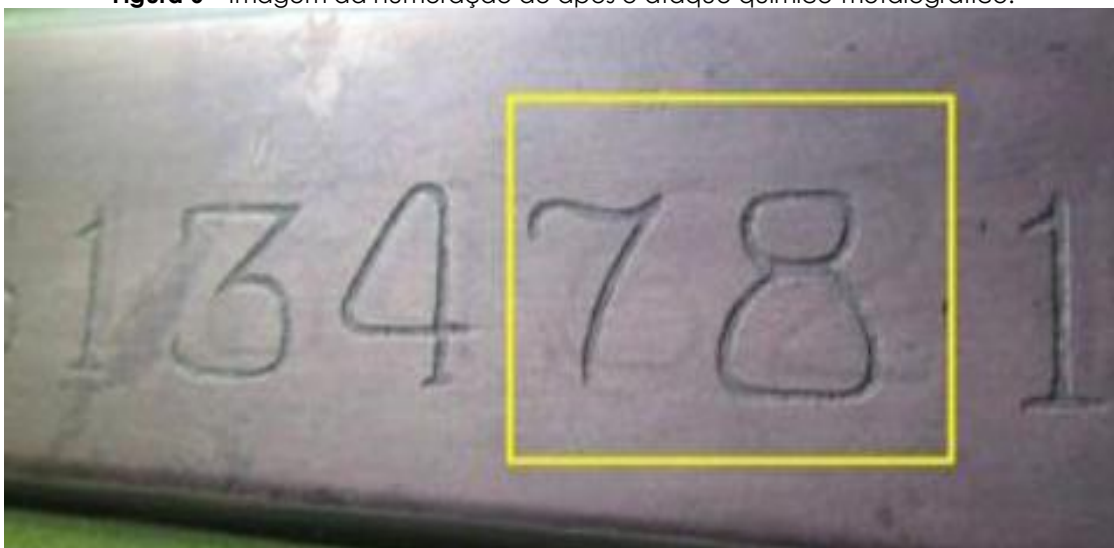
Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Figura 5 – Imagem da numeração de chassi antes do ataque químico-metalográfico.



Fonte: Abreu et al. (2018).

Figura 6 – Imagem da numeração de após o ataque químico-metalográfico.



Fonte: Abreu et al. (2018).

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho trouxe análise da literatura referente ao método cristalográfico aplicado na química legal para a recuperação dos sinais identificadores. As fraudes veiculares estão diretamente ligadas ao extravio de veículos por criminosos, utilizando-se da supressão, adulteração, remarcação e outras técnicas empregadas para dificultar a identificação de originalidade dos automóveis.

Embora haja a possibilidade de aplicação de outras técnicas de recuperação, o exame químico-metalográfico é o mais utilizado pelos peritos criminais da Polícia Civil de Minas Gerais, devido ao seu custo-benefício. Entretanto, os profissionais forenses encontram dificuldades na utilização dos reagentes corretos, uma vez que para aumento da eficácia do método

químico-metalográfico, o conhecimento da composição da liga metálica resulta na melhor escolha do reagente químico. Portanto, um estudo sobre a viabilidade do fornecimento da composição das ligas metálicas empregadas nas peças pelas montadoras deve ser considerado, visando o auxílio à Justiça, uma vez que a eficácia da atividade pericial de identificação de veículos seria elevada, criando-se mais casos de sucesso na recuperação dos caracteres originais nos veículos relacionados aos crimes contra o patrimônio, como furto e roubo.

Apesar da sua efetividade comprovada, o método em estudo apresenta como desvantagem a sua baixa repetibilidade, por se tratar de uma técnica destrutiva. Além disso, para que o tempo de reação seja potencializado, bem como a eficiência, é necessário que haja uma fonte de calor, o que muitas vezes limita a atividade pericial ao clima, levando a preferência de aplicação do método em dias ensolarados.

Outrossim, a capacitação do perito forense para atuação na identificação veicular é de suma importância, uma vez que os veículos apresentam constantes melhorias em seus componentes, devendo o profissional estar sempre atualizado quanto aos métodos possíveis de serem utilizados. Sugere-se estudo aprofundado sobre outras ferramentas utilizadas para descobrimento dos caracteres originais, como tratamento térmico e tratamento eletroquímico. Além disso, a aplicabilidade de técnicas não destrutivas como uso de métodos eletromagnéticos, como o Poliraidar e Magraider, que utilizam reagentes não tóxicos e não agressivos, apresentam-se como alternativa à possibilidade de reaplicação dos exames.

REFERÊNCIAS

ABDUL WAHAB, M. F.; MOHAMAD GHANI, N. I.; KUPPUSWAMY, R. An investigation into the suitability of some etching reagents to restoring obliterated stamped numbers on cast iron engine blocks of cars. **Forensic Science International**, v. 223, n. 1–3, p. 53–63, nov. 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6066:2001** – Veículos rodoviários automotores – Número de identificação de veículos (VIN). Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 8 p.

ABREU, B. M. P. N.; SILVA, J. K.; FERREIRA, T. S. S.; LAIZO, W. S. Análise químico-metalográfica e identificação veicular (clonagem). Olhar criminológico – **Revista Internacional da Associação Brasileira de Criminologia**, v. 1, ano 2, p. 31-35, 2018.

AZLAN MOHD. ZAILI, MOHD.; KUPPUSWAMY, R.; HARUN, H. Restoration of engraved marks on steel surfaces by etching technique. **Forensic Science**



International, v. 171, n. 1, p. 27–32, ago. 2007.

BATISTA, R. B. S. **Ensaio não destrutivo para recuperação de numeração obliterada em armas de fogo**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 16 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 24, de 21 de maio de 1998**. Estabelece o critério de identificação de veículos, previsto no art. 114 do Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 22 mai. 1998. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/concurso-2021/resolucoes/resolucao-24-1998>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 231, de 15 de março de 2007**. Estabelece o Sistema de Placas de Identificação de Veículos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 mar. 2007. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/131612-placas-de-identificauuo-de-veuculos-estabelece-o-sistema-de-placas-de-identificauuo-de-veuculos.html>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 729, de 6 de março de 2018**. Estabelece sistema de Placas de Identificação de Veículos no padrão disposto na Resolução MERCOSUL do Grupo Mercado Comum nº 33/2014. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 mar. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução Contran nº 968, de 20 de junho de 2022**. Estabelece critério de identificação de veículos, a que se refere o art. 114 do Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 24 jun. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 969, de 20 de junho de 2022**. Dispõe sobre o sistema de Placas de Identificação de Veículos (PIV) registrados no território nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 jun. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-contran-n-969-de-20-de-junho-de-2022>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. **Dados Nacionais de Segurança Pública**. Power BI. [S.l.]: Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública, Prisionais, Rastreabilidade de Armas e Munições, de Material Genético, de Digitais e de Drogas (Sinesp), Ministério da Justiça e Segurança Pública. 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojYTThmMDBkNTYtOGU0Zi00MjUxLWJiMzAtZjZlFmMzYzYTgwOTBliwidCI6ImViMDkwNDIwLTQ0NGMtNDNmNy05MWYyLTRiOGR>

hNmJmZThlMSJ9. Acesso em: 17 maio 2025.

CECERE, A. V. **Estudo de medidas para a melhoria da identificação veicular no Brasil**. São Paulo: [s.n.].

ESPINDULA, A. **Perícia Criminal e Cível**. Uma visão geral para Peritos e Usuários da Perícia. 4. ed. [s.l.] Millennium, 2013.

FERREIRA, R. M.; PINTO, A. A.; NUNES, T. S. **Caracterização metalográfica de aços através do estudo de reagentes para revelação**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1115>. Acesso em: 17 maio 2025.

FORTINI, A.; MERLIN, M.; SOFFRITTI, C.; GARAGNANI, G. L. Restoration of Obliterated Numbers on 40NiCrMo4 Steel by Etching Method: Metallurgical and Statistical Approaches. **Journal of Forensic Sciences**, v. 61, n. 1, p. 160–169, 6 jan. 2016.

GAUDENCIO, M.; LIMA, B. **Estudo de técnicas não destrutivas na recuperação de marcações adulteradas em chapas metálicas**. Rio de Janeiro: [s.n.].

JĘDRYCH, E.; MRÓZ, R.; BISKUP, K. **Verification of the authenticity of identification numbers**. Issues of forensic science, n. 316, p. 26–30, 2022.

JIN, Y. **Recovering Obliterated Engraved Vehicle Identification Number on Vehicle Frame Surfaces by Etching Technique**. Advanced Materials Research, v. 503–504, p. 56–60, abr. 2012.

KONIECZNY, J.; LABISZ, K.; MAJCHRZAK, A.; ATAPEK, Ş. H. **Application of the nondestructive and destructive research to disclose identification marks on vehicles**. Advances in Science and Technology Research Journal, v. 19, n. 4, p. 280–293, 1 abr. 2025.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 3779:2009** – Road vehicles – Vehicle identification number (VIN). Genebra: ISO, 2009. 10 p.

LEITE, A. L. R.; ÁVILA, A. A. S. DE; BARROS, C. M. DE; PROCÓPIO, C. M. R.; FELIPE, P. H. L. L. **Regulamento técnico de vistoria de identificação veicular**. Belo Horizonte/MG: [s.n.].

LEIVA, C. R. **Identificação veicular**: Técnicas de recuperação de códigos suprimidos, processos de gravação do Número de Identificação Veicular e métodos de adulteração. Salvador: [s.n.]. Disponível em: <<http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/handle/fieb/1655>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

LIMA, E. B. **Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

MAYNARD, P.; SKINNER, K.; BOLTON, M.; MORET, S. **Potential application of liquid dye penetrants for serial number restoration on firearms**. Australian Journal of Forensic Sciences, v. 51, n. 6, p. 674–684, 2 nov. 2019.

MINAS GERAIS. **Sistema de Gestão de Perícias da Polícia Civil de Minas Gerais, SIGEP**. Disponível em: <https://s2.extranet.policiacivil.mg.gov.br/prod/sigep/principal.php?m=Relat%C3%B3rios&p=Relatorio/AcionamentosEspecie.php> - Acesso em: 17 maio 2025.

PAULA MIRANDA, L. DE LOPES OLIVEIRA, T. **Exame Químico-Metalográfico e Identificação Veicular em Automotor do Tipo Motocicleta: Relato de Caso**. Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics, v. 11, n. 3, p. 128–135, 25 abr. 2022.

QUINTELA, O.; LAITANO, V. M. **Veículos Automotores - Vistoria E Pericia**. São Paulo: Sagra Luzzatto, 1998.

RAK, R.; KOPENCOVA, D.; FELCAN, M. Digital vehicle identity – Digital VIN in forensic and technical practice. **Forensic Science International: Digital Investigation**, v. 39, p. 301307, dez. 2021.

ROHDE, R. A. **Metalografia: Preparação de Amostras**, 2010. Rio Grande do Sul: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2010. Disponível em: <https://docente.ifsc.edu.br/gianpaulo.medeiros/MaterialDidatico/Ci%C3%Aancia%20dos%20Materiais%20para%20Eng.%20El%C3%A9trica/Aula%204%20T%C3%A9cnicas%20de%20Metalografia%20%20Apostila.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SENASP - SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Identificação de armas e munições (IDAM)**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br>. Acesso em: 17 maio. 2025.

SHANKAR, N.; KESHARWANI, L.; MISHRA, K.; CHATTREE, A.; KUMAR, R.; SHARMA, R.; GUPTA, A. K. **New Restoration Reagent for Development of Erased Serial Number on Copper Metal Surface**. Malaysian Journal of Forensic Sciences. [s.l.: s.n.].

SILVA, A. C. **Mecânica: Tecnologia dos Materiais**. São Paulo. Fundação Padre Anchieta, 2011. Disponível em: https://www.jorgestreet.com.br/wp-content/uploads/2019/07/mecanica_vol12_TECNOLOGIA_MATERIAIS_INDUSTRIAL.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.

SIUDY, R. Methods for revealing removed and illegible identification markings on metal substrates on the example of vehicle VIN number fields. **Issues of forensic science**, n. 320, p. 11–18, 2023.

STAUFFER, E.; BONFANTI, M. **Forensic Investigation of Stolen-Recovered and Other Crime-Related Vehicles**. 1. ed. [s.l.] Academic Press, 2006.

THORNTON, J. I.; CASHMAN, P. J. The Mechanism of the Restoration of Obliterated Serial Numbers by Acid Etching. **Journal of the Forensic Science Society**, v. 16, n. 1, p. 69–71, jan. 1976.

ULI, N.; KUPPUSWAMY, R.; AMRAN, MOHD. F. C. A survey of some metallographic etching reagents for restoration of obliterated engraved marks on aluminium–silicon alloy surfaces. **Forensic Science International**, v. 208, n. 1–3, p. 66–73, maio 2011.

VOORT, G. F. V. V. **Metallography**: Principles and Practice. ASM International, p. 10, 1984.

YIN, S. H.; KUPPUSWAMY, R. **On the sensitivity of some common metallographic reagents to restoring obliterated marks on medium carbon (0.31% C) steel surfaces**. *Forensic Science International*, v. 183, n. 1–3, p. 50–53, jan. 2009.