



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE**  
**MATERIAIS**

**RIVELINO BARATA DE SOUSA BATISTA**

**ENSAIO NÃO DESTRUTIVO PARA RECUPERAÇÃO DE**  
**NUMERAÇÃO OBLITERADA EM ARMAS DE FOGO**

**FORTALEZA**

**2019**

RIVELINO BARATA DE SOUSA BATISTA

ENSAIO NÃO DESTRUTIVO PARA RECUPERAÇÃO DE  
NUMERAÇÃO OBLITERADA EM ARMAS DE FOGO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais. Área de concentração: Propriedades Físicas e Mecânicas dos Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Elineudo Pinho de Moura

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B337e Batista, Rivelino Barata de Sousa.  
Ensaio não destrutivo para recuperação de numeração obliterada em armas de fogo / Rivelino Barata de Sousa Batista. – 2019.  
108 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Elineudo Pinho de Moura.
1. Armas de fogo. 2. Adulteração. 3. Correntes parasitas. 4. Obliteração. 5. SIGMA. I. Título.
- CDD 620.11
-

RIVELINO BARATA DE SOUSA BATISTA

ENSAIO NÃO DESTRUTIVO PARA RECUPERAÇÃO DE  
NUMERAÇÃO OBLITERADA EM ARMAS DE FOGO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais. Área de concentração: Propriedades Físicas e Mecânicas dos Materiais.

Aprovada em: 29/01/2019

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Elineudo Pinho de Moura (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Lindberg Lima Gonçalves  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Gabriela Ribeiro Pereira  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

A Deus.

Aos meus filhos Isabela e Miguel (meu casal de “*griguilim*”), minha esposa, minha mãe e irmãos por tão somente tudo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela força perene que me move no mundo.

Ao meu pai, José Ribamar Sousa (in memoriam) que em meio a vida simples sonhava ter filhos “doutores”.

A minha mãe Francilda Batista, a estrela que me guia a todo momento, a pessoa mais forte que conheço.

Aos meus filhos Isabela e Miguel, aqueles pelos quais tudo vale a pena.

À minha esposa Nalígia Mabel, responsável diretamente por essa empreitada do mestrado e outras tantas.

Aos meus irmãos Ribamar Júnior e Galileu Batista pela convivência amorosa e a confiança inabalável, junto com minha mãe somos quatro corpos, mas uma só alma.

Ao Exército Brasileiro pela maioria das oportunidades que tive na vida.

À Indústria de Material Bélico do Brasil – Fábrica de Itajubá, na pessoa do Major Tales Afonseca que muito auxiliou na preparação dos corpos de prova.

Aos meus chefes Gen Tales Villela, Cel Cavalcanti, Cel Amberget e Cel Marcis, que me apoiaram em todos os momentos em que precisei me ausentar do trabalho para dar forma a esta empreitada.

Ao Prof. Dr Elineudo Pinho de Moura, pelo apoio constante e pelos muitos conhecimentos passados.

Ao Perito Criminal Talhavini, do Departamento de Polícia Federal, que abriu as portas do INC para experimentos importantes para o trabalho.

À amiga Milena Moura, que abriu as portas para tudo isso acontecer.

Aos amigos Gastão, Laudenor, Aldecira, Rodrigo e Artur que dividiram comigo as dificuldades e as vitórias durante o curso.

À pesquisadora da UFRJ Mariana Lima, a quem devo todo o sucesso da parte experimental.

Aos técnicos do Laboratório da UFRJ, em especial ao Tibério (“Sandrão”) que me auxiliou na preparação das amostras.

*“A vitória pertence a quem mais acredita nela... e por mais tempo” (pensamento militar)*

## RESUMO

As armas de fogo produzidas ao redor do mundo possuem uma identificação única gravada em sua estrutura. Tal identificação é composta de um registro de letras e/ou números que tem como função identificar a arma e suas características específicas junto ao fabricante, como lote, ano de fabricação, material empregado entre outras. Assim como pelo fabricante, o número de série é objeto de controle dos órgãos que fiscalizam o comércio e a distribuição de armas em todos os países. No Brasil os controles são realizados por meio de dois grandes sistemas: o SIGMA, em operação no Exército Brasileiro e o SINARM, operado pelo Departamento de Polícia Federal. Esses sistemas utilizam o número de série como elemento fundamental na identificação da propriedade da arma de fogo, seu fabricante e características específicas como calibre e dimensões. No intuito de facilitar o comércio clandestino, bem como quebrar as amarras que controlam a propriedade das armas em circulação no país, criminosos costumam obliterar o número de série contido no corpo da arma, dificultando o controle por parte do estado e a identificação da autoria de delitos. As perícias forenses têm evoluído no sentido de recuperar a numeração removida das armas de fogo e conseqüentemente identificar a origem das armas utilizadas em crimes. No entanto, a maioria dos procedimentos é por meio de ensaios destrutivos que, quando não atingem objetivo, acabam por danificar a peça ao ponto de não permitir ensaios posteriores. Neste trabalho, o ensaio por correntes parasitas combinado com a leitura magneto-óptica será utilizado para identificar assinaturas em peças com o objetivo de recuperar por meio de ensaio não destrutivo a numeração de série em armas que tiveram esta removida, sem danificar a sua estrutura.

**Palavras-chave:** Armas de fogo; Adulteração; Correntes parasitas; Obliteração; SINARM; SIGMA.

## **ABSTRACT**

Firearms produced around the world have a unique identification engraved on its structure. That is composed of a registry of letters and / or numbers that has the function of identifying the weapon and its specific characteristics with the manufacturer, such as batch, year of manufacture, material used among others. As with the manufacturer, the serial number is the object of control of the agencies that oversee the trade and distribution of weapons in a society. In Brazil the controls are performed through two large systems: the SIGMA in operation in the Brazilian Army and the SINARM operated by the Federal Police Department. These systems use the serial number as a fundamental element in the identification of the property of the firearm, its manufacturer and specific characteristics such as gauge and dimensions. In order to facilitate clandestine trade, as well as to break the moorings that control the property of the weapons circulating in the country, criminals often obliterate the serial number contained in the body of the weapon, making it difficult to control the state and identify the perpetrators. Forensic expertise has evolved to recover the numbering removed of firearms and consequently identify the perpetrator of crimes. However, many procedures are by means of destructive tests that do not reach the objective, end up damaging the part to the point of not allowing other tests. In this work, the eddy current test combined with the optical-magnetic reading will be used to identify signatures in parts with the objective of recovering by non-destructive testing the serial numbering on weapons that have been removed, without damaging its structure.

**Keywords:** Firearms; Adulteration; Eddy currents; Obliteration. SINARM; SIGMA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Marcação alfanumérica em arma de fogo (número de série)	22
Figura 2	Padrão de marcação das armas fabricadas pela empresa Forjas Taurus	24
Figura 3	Padrão de marcação das armas fabricadas pela IMBEL	26
Figura 4	Certificado de Registro de Arma de Fogo (identidade da arma)	28
Figura 5	Equipamento de marcação por estampagem	29
Figura 6	Equipamento de marcação por laser	30
Figura 7	Equipamento de marcação por micropuncionamento ( <i>pin stamp</i> )	30
Figura 8	Diagrama Tensão x Deformação	31
Figura 9	Movimento de discordância x Tensão cisalhante	32
Figura 10	Deformações elástica e plástica no entorno de uma marcação	33
Figura 11	Arma de Fogo com número de série obliterado	33
Figura 12	Processo de esmerilhamento de peça	34
Figura 13	Processo de limagem de peça	34
Figura 14	Processo de puncionamento de peça	35
Figura 15	Marcação sobreposta (regravação)	36
Figura 16	Ferramenta de para brocagem de peças	36
Figura 17	Variação da do campo magnético da bobina ao se aproximar de uma placa condutora, (a) geração das correntes parasitas, (b) diminuição do campo primário devido ao campo induzido e (c) variação no campo devido à presença de um defeito.	38
Figura 18	Equipamento de gravação em fita magnética	40
Figura 19	Diagrama de histerese magnética	41
Figura 20	Onda eletromagnética linearmente polarizada submetida a um campo magnético	43
Figura 21	Corpo de prova em aço carbono SAE 1060 marcado por estampagem	46
Figura 22	Região transversal a uma marcação em aço carbono SAE 1060 por estampagem	46
Figura 23	Corpo de prova em aço carbono SAE 1060 marcado por <i>pin stamp</i>	46
Figura 24	Região transversal a uma marcação em aço carbono SAE 1060 por <i>pin stamp</i>	47
Figura 25	Corpo de prova em aço inoxidável AISI 304 marcado por estampagem	48
Figura 26	Região transversal a uma marcação em aço inoxidável AISI 304 por estampagem	48
Figura 27	Corpo de prova em aço inoxidável AISI 304 marcado por <i>pin stamp</i>	48
Figura 28	Região transversal a uma marcação em aço inoxidável AISI 304 por <i>pin stamp</i>	49
Figura 29	Corpo de prova em alumínio 7075 - T651 marcado por estampagem	50

Figura 30	Região transversal a uma marcação em alumínio 7075 - T651 por estampagem	51
Figura 31	Corpo de prova em alumínio 7075 - T651 marcado por <i>pin stamp</i>	51
Figura 32	Região transversal a uma marcação em alumínio 7075 - T651 por <i>pin stamp</i>	51
Figura 33	Equipamento de magnetografia por corrente parasita de superfícies metálicas, <i>Regula Forensis</i> , modelo 7505/7515; (a) leitor magneto-óptico; (b) Software NUCA	53
Figura 34	(a) Indutor de correntes parasitas, (b) Sonda para materiais paramagnéticos, (c) Sonda para materiais ferromagnéticos	53
Figura 35	Desmagnetizador	54
Figura 36	CP1.1 (.40 SW) antes da obliteração	57
Figura 37	CP1.1 (.40 SW) obliterado por esmerilhamento	57
Figura 38	CP1.1 (.40 SW) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação completa	57
Figura 39	CP1.1 (.40 SW) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação completa	58
Figura 40	CP1.1 (.40 SW) – MAQ – revelação completa	58
Figura 41	CP1.2 (AAA5001) antes da obliteração	58
Figura 42	CP1.2 (AAA5001) obliterado por esmerilhamento	59
Figura 43	CP1.2 (AAA5001) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação parcial	59
Figura 44	CP1.2 (AAA5001) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação parcial	59
Figura 45	CP1.2 (AAA5001) - MAQ – revelação parcial	59
Figura 46	CP1.3 (A33) antes da obliteração	60
Figura 47	CP1.3 (A33) obliterado por esmerilhamento	60
Figura 48	CP1.3 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação completa	60
Figura 49	CP1.3 (A33) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação completa	61
Figura 50	CP1.3 (A33) - MAQ – não revelado	61
Figura 51	CP1.4 (CCC5201) antes da obliteração	62
Figura 52	CP1.4 (CCC5201) obliterado por esmerilhamento	62
Figura 53	CP1.4 (CCC5201) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação completa	62
Figura 54	CP1.4 (CCC5201) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação completa	63
Figura 55	CP1.4 (CCC5201) - MAQ – não revelado	63
Figura 56	CP1.5 (A33) antes da obliteração	64
Figura 57	CP1.5 (A33) obliterado por esmerilhamento	64
Figura 58	CP1.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação parcial	64
Figura 59	CP1.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação parcial	65
Figura 60	CP1.5 (A33) - MAQ – não revelado	65

Figura 61	CP1.6 (BBB5105) antes da obliteração	65
Figura 62	CP1.6 (BBB5105) obliterado por esmerilhamento	66
Figura 63	CP1.6 (BBB5105) MAQ – não revelado	66
Figura 64	CP2.1 (A35) antes da obliteração	67
Figura 65	CP2.1 (A35) obliterado por puncionamento sobreposto	67
Figura 66	CP2.1 (A35) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação completa	67
Figura 67	CP2.1 (A35) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação completa	68
Figura 68	CP2.1 (A35) - MAQ – não revelado	68
Figura 69	CP2.2 (AAA5002) antes da obliteração	69
Figura 70	CP2.2 (AAA5002) obliterado por puncionamento sobreposto	69
Figura 71	CP2.2 (AAA5002) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação parcial	69
Figura 72	CP2.2 (AAA5002) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação completa	70
Figura 73	CP2.2 (AAA5002) - MAQ – revelação completa	70
Figura 74	CP2.3 (A34) antes da obliteração	70
Figura 75	CP2.3 (A34) obliterado por puncionamento sobreposto	71
Figura 76	CP2.3 (A34) - VCP/MAG/VMO – não revelado	71
Figura 77	CP2.3 (A34) - MAQ – não revelado	71
Figura 78	CP2.4 (CCC5002) antes da obliteração	72
Figura 79	CP2.4 (CCC5002) obliterado por puncionamento sobreposto	72
Figura 80	CP2.4 (CCC5002) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – não revelado	72
Figura 81	CP2.4 (CCC5002) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – não revelado	73
Figura 82	CP2.4 (CCC5002) - MAQ – revelação parcial	73
Figura 83	CP2.5 (A33) antes da obliteração	74
Figura 84	CP2.5 (A33) obliterado por puncionamento sobreposto	74
Figura 85	CP2.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – revelação parcial	74
Figura 86	CP2.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 2ª tentativa – revelação parcial	75
Figura 87	CP2.5 (A33) - MAQ – não revelado	75
Figura 88	CP2.6 (BBB5101) antes da obliteração	76
Figura 89	CP2.6 (BBB5101) obliterado por puncionamento sobreposto	76
Figura 90	CP2.6 (BBB5101) - VCP/MAG/VMO – 1ª tentativa – não revelado	76
Figura 91	CP2.6 (BBB5101) - VCP/MAG/VMO - 2ª Tentativa – revelação completa	77
Figura 92	CP2.6 (BBB5101) – MAQ – não revelado	77
Figura 93	CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 marcado a laser - antes da obliteração	78

Figura 94	CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 marcado a laser - VCP/MAG/VMO - antes da obliteração	78
Figura 95	CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 - marcado a laser - VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – não revelado	79
Figura 96	CP (CCC5206) em aço inoxidável AISI 304 - marcado a laser - antes da obliteração	79
Figura 97	CP (CCC5206) em aço inoxidável AISI 304 - marcado a laser - VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – não revelado	80
Figura 98	CP (BBB5106) em alumínio 7075-T651 - marcado a laser - antes da obliteração	80
Figura 99	CP (BBB5106) em alumínio 7075-T651 - marcado a laser - VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – revelado parcialmente (ofuscado)	81

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Ponderados	84
Gráfico 2	Gráfico 1 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO - para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Absolutos	85
Gráfico 3	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Absolutos	86
Gráfico 4	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Ponderados	86
Gráfico 5	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Absolutos	87
Gráfico 6	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Absolutos	88
Gráfico 7	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos marcados por estampagem - Valores Ponderados	89
Gráfico 8	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos marcados por estampagem - Valores Absolutos	90
Gráfico 9	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos marcados por estampagem - Valores Absolutos	90
Gráfico 10	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Ponderados	91
Gráfico 11	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Absolutos	92
Gráfico 12	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Absolutos	92

Gráfico 13	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 - Valores Ponderados	93
Gráfico 14	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 - Valores Absolutos	94
Gráfico 15	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 - Valores Absolutos	94
Gráfico 16	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Ponderados	95
Gráfico 17	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Absolutos	96
Gráfico 18	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Absolutos	96
Gráfico 19	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Ponderados	97
Gráfico 20	Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Absolutos	98
Gráfico 21	Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Absolutos	98
Gráfico 22	Medida de Eficácia Global - VCP/MAG/VMO e MAQ - Valores Ponderados	99
Gráfico 23	Medida de Eficácia Global - VCP/MAG/VMO e MAQ - Valores Absolutos	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Padrão de marcação (Taurus) - ano (x)	25
Tabela 2	Padrão de marcação (Taurus) - mês (y)	26
Tabela 3	Padrão de marcação (IMBEL) - ano (x)/mês (y)	27
Tabela 4	Composição química do aço carbono SAE 1060	45
Tabela 5	Composição química do aço inoxidável AISI 304	47
Tabela 6	Composição química do alumínio 7075 – T651	50
Tabela 7	Chassis veiculares x Armas de fogo	52
Tabela 8	Corpos de prova – Grupo I	56
Tabela 9	Corpos de prova – Grupo II	56
Tabela 10	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento	84
Tabela 11	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto	86
Tabela 12	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova marcados por estampagem	88
Tabela 13	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova marcados por micropuncionamento ( <i>pin stamp</i> )	91
Tabela 14	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060	93
Tabela 15	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304	95
Tabela 16	Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em alumínio 7075 -T651	97
Tabela 17	Resultado de todos os experimentos realizados e com resultados ponderados	101

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
MAQ	Método do Ataque Químico
VCP	Visualização por Correntes Parasitas
MAG	Magnetografia
VMO	Visualização Magneto-Óptica
IMBEL	Indústria de Material Bélico do Brasil
DLog	Departamento Logístico (atual Comando Logístico) – Exército Brasileiro
FP	Valores Ponderados
Pun	Puncionamento sobreposto
Pin	<i>Pin Stamp</i>
Est	Estampagem
Esm	Esmerilhamento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	22
<b>2.1</b>	<b>Identificação das Armas de Fogo</b>	22
<b>2.1.1</b>	<i>Padrão de Marcação - Forjas Taurus S.A</i>	24
<b>2.1.2</b>	<i>Padrão de marcação – Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL)</i>	26
<b>2.2</b>	<b>Marcação das Armas de Fogo</b>	28
<b>2.3</b>	<b>Deformação Plástica</b>	31
<b>2.4</b>	<b>Métodos de Obliteração</b>	33
<b>2.4.1</b>	<i>Limagem ou Esmerilhamento</i>	34
<b>2.4.2</b>	<i>Puncionamento</i>	35
<b>2.4.3</b>	<i>Regravação</i>	35
<b>2.4.4</b>	<i>Brocagem e Soldagem</i>	36
<b>2.5</b>	<b>Técnicas de Recuperação de Marcação obliterada</b>	37
<b>2.5.1</b>	<i>Correntes Parasitas</i>	37
<b>2.5.2</b>	<i>Gravação Magnética</i>	39
<b>2.5.3</b>	<i>Efeito Magneto-Óptico</i>	41
<b>2.5.4</b>	<i>Método do Ataque Químico (MAQ)</i>	43
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	44
<b>3.1</b>	<b>Descrição das Amostras</b>	44
<b>3.1.1</b>	<i>Peças em Aço Carbono SAE 1060</i>	45
<b>3.1.2</b>	<i>Peças em Aço Inoxidável AISI 304</i>	47
<b>3.1.3</b>	<i>Peças em Alumínio 7075 – T651</i>	49
<b>3.2</b>	<b>Métodos de Ensaio</b>	52
<b>3.2.1</b>	<i>Método VCP/MAG/VMO</i>	52
<b>3.2.2</b>	<i>Método MAQ</i>	55
<b>3.3</b>	<b>Preparação das Amostras MAQ</b>	56
<b>4</b>	<b>ENSAIOS E DISCUSSÕES</b>	57
<b>4.1</b>	<b>Análise das Amostras do Grupo I - Método VCP/MAG/VMO –MAQ</b>	57
<b>4.1.1</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.1</i>	57
<b>4.1.2</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.2</i>	58
<b>4.1.3</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.3</i>	60
<b>4.1.4</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.4</i>	62
<b>4.1.5</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.5</i>	64
<b>4.1.6</b>	<i>Corpo de Provas – CP 1.6</i>	65
<b>4.2</b>	<b>Análise das Amostras do Grupo II - Método CVP/MAG/VMO - MAQ</b>	67
<b>4.2.1</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.1</i>	67
<b>4.2.2</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.2</i>	69
<b>4.2.3</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.3</i>	70
<b>4.2.4</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.4</i>	72
<b>4.2.5</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.5</i>	74
<b>4.2.6</b>	<i>Corpo de Provas – CP 2.6</i>	76
<b>4.3</b>	<b>Análise de Amostras Marcadas a Laser</b>	77
<b>4.3.1</b>	<i>Corpo de Provas em SAE 1060 – marcado a laser (AAA5008)</i>	78
<b>4.3.2</b>	<i>Corpo de Prova em AISI 304 – marcado a laser (CCC5206)</i>	79
<b>4.3.3</b>	<i>Corpo de Prova em 7075-T651 – marcado a laser (BBB510)</i>	80

<b>4.4</b>	<b>Comparação dos Resultados</b>	81
<b>4.4.1</b>	<i>Análise qualitativa entre materiais e métodos</i>	81
<b>4.4.2</b>	<i>Análise quantitativa entre materiais e métodos</i>	83
<b>4.4.3</b>	<i>Versatilidade e Segurança</i>	102
<b>4.4.5</b>	<i>Custos dos Equipamentos Utilizados</i>	102
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	103
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	104
	<b>REFERÊNCIAS</b>	105

## 1. INTRODUÇÃO

As primeiras armas de fogo, ainda improvisadas, provavelmente surgiram na China logo após a invenção da pólvora, no século IX. Em tubos de bambu, essa mistura de salitre, enxofre e carvão vegetal que explode em contato com o fogo era usada para atirar pedras. Os árabes aperfeiçoaram o invento no século XIII, quando os canhões passaram a ser feitos de madeira e reforçados com cintas de ferro. Mas a contribuição decisiva veio no século XIV, quando surgiram os primeiros canhões de bronze, mais seguros. “O canhão abre caminho para a evolução tanto do armamento pesado quanto do individual”. As primeiras armas de fogo portáteis aparecem no século X, o que proporcionou uma verdadeira revolução: os soldados ganham outra importância e as táticas de guerra mudam completamente. A primeira arma individual amplamente usada em batalhas é o mosquete, criado no século XVI. (SUPERINTERESSANTE, 2011)

No século seguinte, surge o fuzil de pederneira que melhora a pontaria, porém ainda mantém altos índices de falhas, uma vez que nestas armas o carregamento era realizado manualmente. No século XIX, a criação dos cartuchos e dos mecanismos de carregamento pela culatra tornou as armas mais confiáveis e impulsionou de vez a tecnologia bélica. O ponto culminante foi a automação, com a invenção da metralhadora automática em 1884 (metralhadora de Maxim). No século vinte as armas passam a ser desenvolvidas em larga escala, sendo os fuzis de assalto e as pistolas automáticas altamente difundidas (GRANT, R. G; FORD, R.; HOLMES, R , 2012).

Com o advento da indústria de material bélico e a produção em série de armas de fogo, os Estados sentiram a necessidade de controlar a fabricação e a distribuição das armas de fogo nas sociedades. Nesse contexto surgiram inicialmente as armas personalizadas, onde o proprietário tinha o seu nome identado na estrutura da arma.

Com o aumento do número de armas nas sociedades, especialmente pela produção em massa para atender a demanda de guerras, houve necessidade de um controle mais detalhado, sendo cada arma marcada com um conjunto de letras e números que permitem a identificação de características como calibre, dimensões e propriedade. Tal marcação alfanumérica pode ser realizada por processos como estampagem a frio e micropuncionamento (*pin stamp*) e nos dias atuais há um ordenamento jurídico para regular todas as características dessa marcação.

Quando um caractere alfanumérico é identado sobre a superfície de um metal, os grãos, em torno e abaixo da cavidade criada, são deformados e o alinhamento da estrutura

cristalina é alterado, resultando em regiões severamente distorcidas conhecidas como zonas de deformação plástica.

Essas possuem algumas propriedades físicas e químicas diferentes em comparações com outras regiões não deformadas. Deste modo, variações como: aumento da resistência mecânica, perda de ductilidade, variação de resistividade elétrica, variação de comportamento magnético e de potencial químico são extremamente vantajosas para detecção de regiões de tensão residual, após a remoção da cavidade. (KUPPUSWAMY, 2010)

Com a profissionalização dos processos de fabricação, a marcação alfanumérica de armas de fogo pelos fabricantes passou a obedecer a critérios bem definidos, sendo cada caractere da marcação associado a uma característica da arma.

Como forma de escapar da identificação pelos órgãos de controle, criminosos obliteram a marcação alfanumérica que identifica as armas de fogo e assim dificultam a elucidação da autoria de crimes cometidos com a utilização de tais armas. Os métodos mais comuns de remoção da marcação são esmerilhamento e puncionamento sobreposto (batida com instrumento contundente).

O armamento que tem a marcação do número de série removida, em princípio, pode ser utilizado para execução de atos ilícitos de toda sorte sem que seja possível associar tais ilícitos a alguém que tenha seu nome vinculado àquela arma.

Nesse ínterim, de posse de armas envolvidas em atividades criminosas, as perícias forenses empregam métodos diversos na tentativa de recuperar a marcação removida e assim elucidar crimes e identificar as pessoas envolvidas com o emprego ilegal dessas armas de fogo.

O método mais comumente utilizado, especialmente pelas perícias brasileiras, é o método químico de revelação, onde a região da arma onde originalmente foi marcado o número de série é atacada por um agente químico na tentativa de, ao atingir as camadas mais internas da peça, possa encontrar rastros da marcação original e assim recuperá-la.

O método proposto neste trabalho utiliza-se de uma associação entre o método das correntes parasitas, utilizado regularmente na identificação de trincas e desconformidades em metais, com magnetografia e visualização magneto-óptica, ensaios não destrutivos que buscam recuperar a marcação, originalmente identada na superfície da arma, que fora obliterada. Tal método tem como vantagem intuitiva o fato de ser não destrutivo, permitindo que a peça possa ser submetida posteriormente a outros métodos sem qualquer prejuízo superficial ou estrutural.

O método foi estudado anteriormente pela pesquisadora da UFRJ Mariana Gaudêncio Lima, sendo utilizado na recuperação de chassis adulterados em veículos. (LIMA, 2016)

Serão realizados ensaios em corpos de provas confeccionados a partir dos materiais mais utilizados na fabricação de armas de fogo, quais sejam: aço carbono, aço inoxidável e alumínio. Tais corpos de provas serão confeccionados obedecendo aos padrões definidos na legislação brasileira para a marcação de número de série em armas de fogo. (EXÉRCITO BRASILEIRO – Portaria N° 07 – D Log, 2006)

Ao final dos ensaios o método apresentou resultados satisfatórios e estatisticamente superiores ao método do ataque químico, utilizado em larga escala pelas perícias forenses brasileiras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Identificação das Armas de Fogo

Os sinais de identificação de uma arma de fogo (número de série) são apostos na superfície destas (Figura 1), na maioria dos casos, por cunhagem a frio, e a estrutura cristalina do metal imediatamente abaixo da marca, sinal ou algarismo cunhado em baixo-relevo é alterada até a profundidade de algumas frações de milímetros.

Figura 1 - Marcação alfanumérica em arma de fogo (número de série)



Marcação alfanumérica de arma de fogo (número de série)

Fonte: Próprio autor

É importante estabelecer, inicialmente, a diferença entre identificação e identidade. Identidade de um ser ou de um objeto é o conjunto de características próprias, peculiares, que o torna único e diferente dos demais. Identificação é o procedimento, o método através do qual se verificam as características próprias, intrínsecas, de um ser ou objeto, as quais permitem estabelecer sua identidade.

Uma arma de fogo, em relação ao indivíduo que a possui, tem, por assim dizer, uma identidade civil e uma identidade física. No primeiro caso, a identidade civil é definida pelos dados de qualificação que deverão constar nos documentos e registros, oficiais ou não (nota ou recibo de compra, certificado de propriedade e autorização para o porte), por intermédio dos quais se provará a existência de uma determinada arma como bem patrimonial tutelado pelo Direito e vinculado à determinada pessoa física ou jurídica.

Por sua vez, a identidade física é a resultante do conjunto de características e particularidades distintivas, de constatação segura e objetiva, mediante as quais é possível demonstrar, categoricamente, que a arma examinada é a mesma que consta em seus documentos e registros.

No Brasil, a obrigatoriedade da gravação do número de série impresso na arma é regulada pela Portaria nº 07 – D Log, de 28 de abril de 2006, emitida pelo Exército Brasileiro, devendo este ser numérico ou alfanumérico. Cabe destacar, que anteriormente à publicação da Portaria em tela, o assunto era regulado, cronologicamente pela Portaria nº 001-DMB, de 26 de janeiro de 2000, Portaria nº 022 - DMB, de 15 de setembro de 2000 e Portaria nº 14 – D Log, de 20 de outubro de 2005.

*Portaria nº 07 – D Log, de 28.04.06.*

**Art. 5º** *As armas fabricadas no país deverão apresentar as seguintes marcações:*

*I- nome ou marca do fabricante;*

*II - nome ou sigla do País;*

*III- calibre;*

*IV - número de série impresso na armação, no cano e na culatra, quando móvel; e*

*V - o ano de fabricação quando não estiver incluído no sistema de numeração serial.*

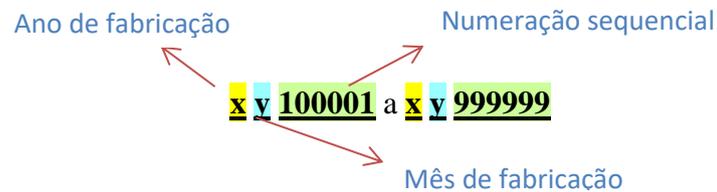
Sem distanciar-se das amarras previstas em lei, cada fabricante tem características próprias para identificar seus produtos.

Obedecida à legislação vigente, além da posição da marcação do número de série na estrutura da arma, alguns fabricantes criam critérios específicos para a identificação de suas armas.

### ***2.1.1 Padrão de Marcação - Forjas Taurus S.A***

A empresa Forjas Taurus S.A, por exemplo, apresenta marcação com padronização própria, como pode ser observado no padrão descrito na Figura 2 e nas Tabelas 1 e 2, usada na sua linha de pistolas. Cabe destacar que outros tipos de armas têm padrões próprios, similares ao exemplo apresentado.

Figura 2 – Padrão de marcação das pistolas fabricadas pela empresa Forjas Taurus



Fonte: Toccheto, 2016

Tabela 1: Padrão de marcação (Taurus) - ano (x)

Padrão de Numeração (Taurus) - Ano (x)							
1981 a 2006				2007 a 2030			
A	1981	N	1994	A	2007	N	2020
B	1982	O	1995	B	2008	O	2021
C	1983	P	1996	C	2009	P	2022
D	1984	Q	1997	D	2010	Q	2023
E	1985	R	1998	E	2011	R	2024
F	1986	S	1999	F	2012	S	2025
G	1987	T	2000	G	2013	T	2026
H	1988	U	2001	H	2014	U	2027
I	1989	V	2002	I	2015	V	2028
J	1990	W	2003	J	2016	W	2029
K	1991	X	2004	K	2017	X	2030
L	1992	Y	2005	L	2018	Y	
M	1993	Z	2006	M	2019	Z	

Fonte: Toccheto, 2016

Tabela 2 - Padrão de marcação (Taurus) - mês (y)

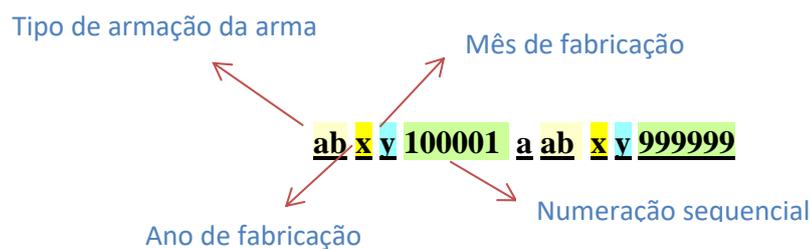
Padrão de Numeração (Taurus) - Mês (y)			
Mês	1981 a 2006	2007 a 2009	2010 a 2030
Janeiro	A	M	M
Fevereiro	B	N	N
Março	C	O	O
Abril	D	P	P
Maio	E	R	R
Junho	F	S	S
Julho	G	T	T
Agosto	H	U	U
Setembro	I	V	W
Outubro	J	W	X
Novembro	K	X	Y
Dezembro	L	Y	Z

Fonte: Toccheto, 2016

### 2.1.2 Padrão de marcação – Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL)

A Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) também apresenta marcação com padronização própria, como pode ser observado no padrão descrito na Figura 3 e Tabela 3, usada na sua linha de pistolas. Outros tipos de armas têm padrões próprios, similares ao exemplo apresentado.

Figura 3 – Padrão de marcação das armas fabricadas pela IMBEL



Fonte: Toccheto, 2016

A marcação vinculada à armação (**ab**) não é definitiva, uma vez que o mesmo modelo de armação pode ser utilizado em mais de um produto. A título de exemplo as pistolas calibre .380 e 9 mm (IMBEL) possuem a mesma armação, sendo necessárias outras características, vinculadas às demais marcações alfanuméricas que compõem o número de série (Figura 3), para identificar a arma de fogo.

Tabela 3 - Padrão de marcação (IMBEL) - ano (x)/mês (y)

Padrão de Numeração (IMBEL) - Ano (x)/Mês (y)					
Ano			Mês		
N	1998	1P	2010	A	Janeiro
O	1999	1Q	2011	B	Fevereiro
P	2000	1R	2012	C	Março
Q	2001	1S	2013	D	Abril
R	2002	1T	2014	E	Maiο
S	2003	1U	2015	F	Junho
T	2004	1V	2016	G	Julho
U	2005	1W	2017	H	Agosto
V	2006	1X	2018	I	Setembro
W	2007	1Y	2019	J	Outubro
X	2008	2P	2020	L	Novembro
Y	2009	-		M	Dezembro

Fonte: Toccheto, 2016

Assim, o número de série nas armas de fogo apresenta a sequência cronológica da ordem de produção das armas de fogo, e, também, informa a data de produção (mês e ano), calibre, modelo entre outras informações tabuladas pelo fabricante.

No aspecto do registro e/ou porte de arma de fogo a legislação impõe diversos procedimentos. Após o Estatuto do Desarmamento - Lei 10826/03, de 22 de dezembro de 2003, a posse e o porte de armas de fogo no Brasil foi restringida às autoridades, policiais e integrantes das forças armadas e mesmo para estes grupos a legislação impõe uma série de

regras e restrições. O Certificado de Registro de Arma de Fogo (Figura 4) é o documento de identidade de uma arma de fogo.

O controle do registro de armas no Brasil é realizado por intermédio de dois grandes sistemas: o Sistema Nacional de Armas (SINARM) do Departamento de Polícia Federal; e, o Sistema de Gerenciamento Militar de Armas (SIGMA) do Exército Brasileiro.

Figura 4 - Certificado de Registro de Arma de Fogo (identidade da arma)

The image shows two pages of a Brazilian Firearm Registration Certificate. The left page is the front side, and the right page is the back side.

**Left Page (Front):**

- Header: **MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO**
- Title: **CERTIFICADO DE REGISTRO DE ARMA DE FOGO**
- Legal Reference: **Amparo Legal: art. 3º da Lei 10.826/03 e art. 14 do Decreto 5.123/04**
- Fields:
  - NOME:** [Redacted]
  - CPF:** 7 [Redacted]
  - RG:** 0 [Redacted]
  - ÓRGÃO EXP.:** EB
  - VALIDADE DO PAF:** INDETERMINADA
  - ABRANGÊNCIA PARA PORTE:** NACIONAL
- Footer: **AUTORIZADO A PORTAR A ARMA DE FOGO DESCRITA NESTE DOCUMENTO. Amparo Legal: art. 5º da Lei 6.880/80 e art. 6º da Lei 10.826/03. OBRIGATORIA A APRESENTAÇÃO DA CARTEIRA DE IDENTIDADE**

**Right Page (Back):**

- REGISTRO:** BAR NR 27 DE 06/04/2017, CMDO 10º RM
- TIPO:** PISTOLA
- MARCA:** IMBEL
- CALIBRE:** 9MM
- Nº SÉRIE:** FIA00263
- Nº SIGMA:** 861270
- DATA DE EXPEDIÇÃO:** 19/04/2017
- Signature:** [Redacted]
- Signature:** ADRIANO DE SOUZA AZEVEDO - Cel. Chefe do Estado-Maior da 10º RM
- Logos: **MD** and **CASA DA MOEDA DO BRASIL**

Fonte: Próprio autor

Assim, a partir do número de série marcado na estrutura da arma de fogo, que deve ser único, distinto e insuscetível de confusão com quaisquer outras armas, é possível acessar todas as informações vinculadas à sua origem e características, bem como seu proprietário.

## 2.2 Marcação das Armas de Fogo

A marcação do número de série das armas de fogo pode ser realizada por diversos processos, desde que obedecidas às determinações contidas na legislação vigente.

Nesse contexto a Portaria nº 07 – D LOG, datada de 28 de abril de 2006, no seu Art. 5º, determina entre outras características do número de série marcado nas armas:

*§ 1º As marcações presentes nas armas poderão ser feitas a laser, com exceção do número de série nas armas fabricadas com materiais metálicos e nas armações feitas em*

*polímero o sistema de marcação deverá ser previamente submetido à aprovação da fiscalização militar.*

*§ 2º As marcações deverão ter profundidade de 0,10mm mais ou menos 0,02mm.*

*§ 3º O número de série deverá ser impresso nos componentes metálicos por meio de deformação mecânica, com profundidade de 0,10mm mais ou menos 0,02mm.*

Os processos mais comuns de marcação em armas de fogo são a estampagem a (Figura 5), a gravação a laser (Figura 6) e o micropuncionamento - *pin stamp* (Figura 7).

A estampagem a frio é uma técnica que pode ser aplicada mecanicamente ou manualmente. A pressão aplicada para obtenção da profundidade desejada deve levar em conta as características do material marcado, como por exemplo, dureza, resistência mecânica e ductibilidade.

Figura 5 - Equipamento de marcação por estampagem



Fonte: Próprio autor

A marcação por laser é realizada por intermédio de um feixe incidente de laser sobre a superfície do material. Esse tipo de marcação não pode ser utilizado na marcação do número de série de armas de fogo, podendo ser usado em peças internas. (EXÉRCITO BRASILEIRO - Portaria nº 07 – D LOG, 2006)

O uso de laser para marcar o número de série de armas de fogo torna os processos de recuperação de marcações obliteradas inúteis, uma vez que, embora o laser altere a estrutura cristalina do material na região termicamente afetada, marcas de laser são superficiais, não

sendo profundas o suficiente para permitir o mesmo nível de deformação permanente apresentado pelos processos de marcação a frio (Adaptado de SILVA e SANTOS).

Figura 6 - Equipamento de marcação a laser



Fonte: Próprio autor

O micropuncionamento (*pin stamp*) é realizado por intermédio de micropontos desenhados na peça de modo que a marcação tomar a forma desejada (letras e números).

Figura 7 - Equipamento de marcação por micropuncionamento (*pin stamp*)



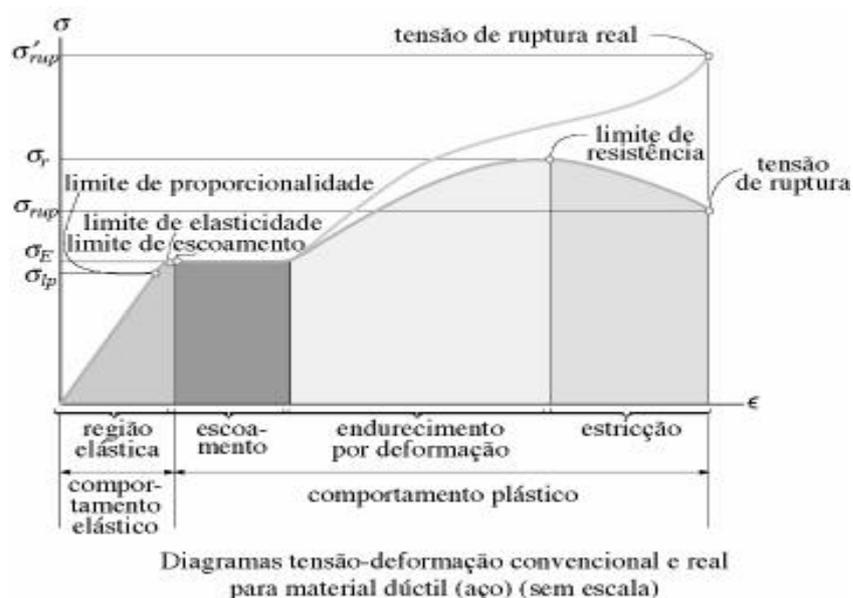
Fonte: Próprio autor

## 2.3 Deformação Plástica

A Resistência dos materiais lida com a relação entre forças internas, deformação e carregamento externo. É observado experimentalmente que materiais sólidos podem ser deformados quando submetidos a uma carga externa de modo elástico ou inelástico. Assim, quando um carregamento específico é imposto, o sólido pode apresentar a capacidade de retomar a suas dimensões originais quando a carga for removida, desde que não exceda o limite elástico, próprio de cada material. Essa recuperação de dimensões é conhecida como comportamento elástico. Entretanto, se o limite elástico for excedido, o sólido sofrerá uma alteração permanente de sua geometria, mesmo depois de cessado o carregamento externo. Um corpo com mudanças permanentes de geometria é dito ter sofrido deformação plástica. (DIETER, 1988)

Quando um número é indentado sobre a superfície de um metal, os grãos em torno e abaixo da indentação serão deformados e o alinhamento da estrutura cristalina será alterado. É importante ressaltar que a deformação em questão se estenderá por uma região considerável abaixo da indentação. Essa região é conhecida como zona de deformação plástica e sua extensão dependerá do material do substrato e da técnica utilizada (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama Tensão x Deformação

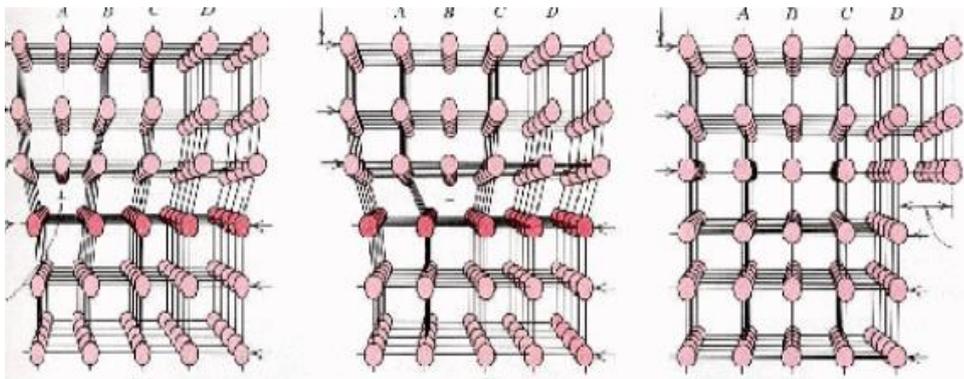


Fonte: Hibbeler, 2010.

Materiais metálicos, ao serem submetidos a um esforço trativo ou compressivo, produzem, em seu interior, tensões internas cisalhantes distribuídas na rede cristalina do mesmo, como uma resposta a imposição da carga externa. Isto ocorre devido à tentativa da estrutura cristalina do material em manter o estado de equilíbrio antecedente a perturbação causada pelo carregamento (Figura 9).

A movimentação de discordâncias é o principal mecanismo envolvido na deformação plástica de metais e ligas metálicas. Tal movimentação se dá ao longo de planos e direções preferenciais denominados sistemas de deslizamentos que são constituídos por aqueles planos e direções mais compactos. Quanto maior a quantidade de sistemas de deslizamentos maior o movimento de discordâncias e, conseqüentemente, a capacidade do material se deformar. (CALLISTER, 2016)

Figura 9 – Movimento de discordância x Tensão cisalhante

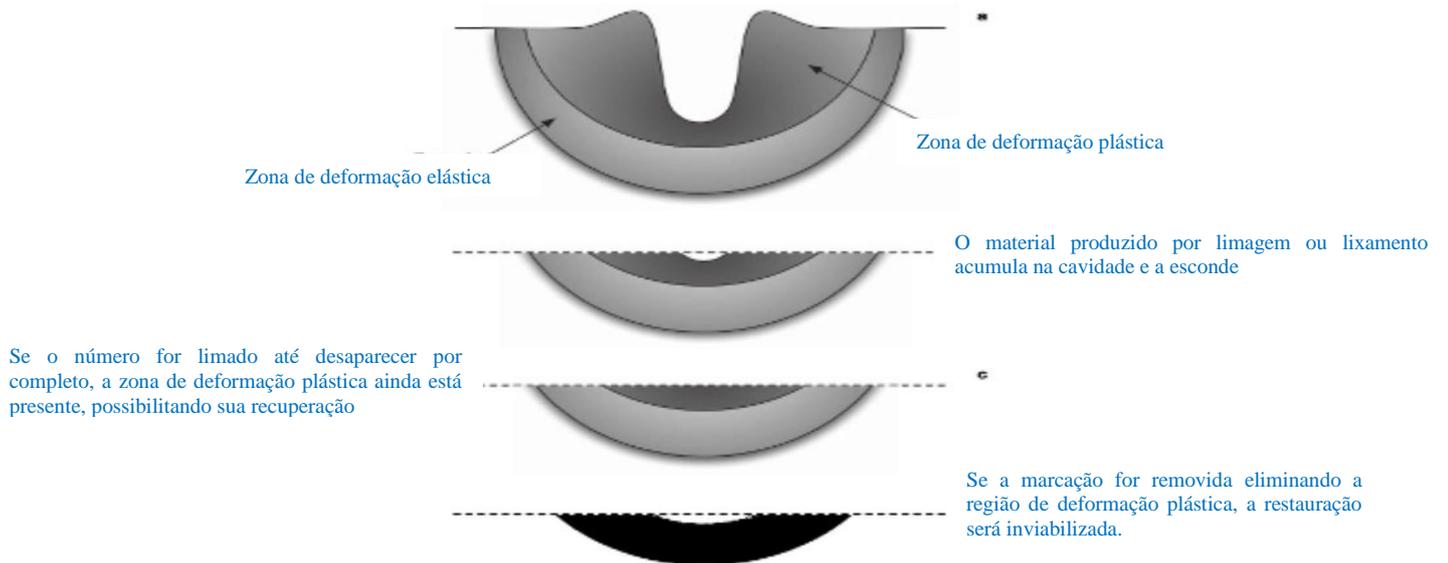


Fonte: Callister, 2012

O processo de marcação provoca alterações na estrutura do material, especialmente na estrutura cristalina na região adjacente à cavidade formada pela ferramenta de marcação formando regiões distorcidas e de acúmulo energético (Figura 10).

A espessura da região adjacente que tem sua estrutura cristalina alterada (zona de deformação plástica) dependerá das propriedades do material.

Figura 10 - Deformações elástica e plástica no entorno de uma marcação.



Fonte: Stauffer e Bonfanti, 2006

## 2.4 Métodos de Obliteração

A obliteração do número de série de uma arma de fogo é a eliminação da marcação alfanumérica gravada na peça por intermédio de uma ferramenta contundente (Figura 11).

Figura 11 - Arma de Fogo com número de série obliterado



Fonte: IAMAT, 2017

Das obras de Tocchetto (2016) e ATF National Tracing Center (1999) foram obtidos os métodos mais empregados para remoção dessa identificação são comuns: limagem, puncionamento, regravação, brocagem e soldagem.

#### ***2.4.1 Limagem ou esmerilhamento***

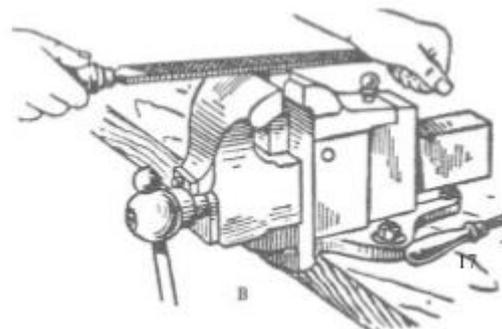
A remoção é feita utilizando um esmeril (Figura 12) ou lima manual (Figura 13). Esse processo permite, se for o caso, a aposição de um novo número. Esta nova aposição não é comum para armas de fogo.

Figura 12 - Processos de esmerilhamento de peça



Fonte: Aafintl

Figura 13 - Processos de limagem de peça

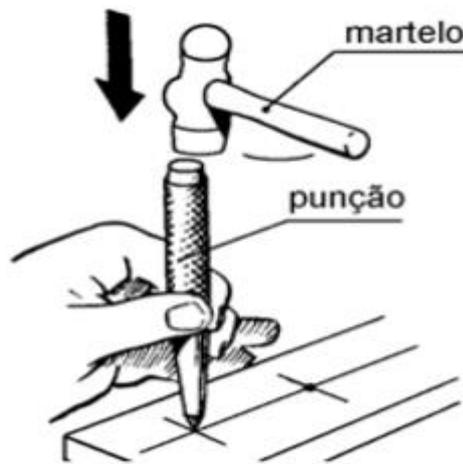


Fonte: Freire, 2003

### 2.4.2 Puncionamento

Esse processo envolve simplesmente o martelamento sobreposto da superfície onde está gravado o número de série. É utilizado um punção pontiagudo para ocultar total ou parcialmente a identificação da arma (Figura 14).

Figura 14 - Processo de puncionamento de peça



Fonte: Simonsen, 1999

### 2.4.3 Regravação

Obliteração pouco comum em armas de fogo, principalmente nas envolvidas diretamente em crimes. É precedida de outros processos, especialmente a limagem e o esmerilhamento.

É mais utilizada por ocasião do tráfico internacional de armas, quando se deseja “esquentar” armas de fogo que foram contrabandeadas para vendê-las como se fossem importadas legalmente, especialmente aquelas oriundas de países com rigoroso controle.

A regravação obedece a um padrão, por exemplo, numeração de números que possuem silhuetas curvas, tais como, 2, 3, 5, 6, 9 e 0, costumam ser substituídos pelo número 8. Na maioria das vezes é alterado apenas um dos algarismos da numeração (Figura 15).

A regravação é realizada pelos métodos de gravação mais comuns, como a estampagem e o micropuncionamento.

Figura 15 - Marcação sobreposta (regravação)



Fonte: Polícia Científica – PR, 2006

#### ***2.4.4 Brocagem e Soldagem***

É feita por meio da utilização de uma broca (Figura 16) para remover totalmente a numeração. Esse processo costuma alterar a estrutura cristalina da região que sofreu deformação plástica por ocasião da gravação original, tornando extremamente difícil a identificação da numeração obliterada.

Figura 16 - Ferramenta para brocagem de peças



Fonte: Bosch

## 2.5 Técnicas de recuperação de numeração obliterada

### 2.5.1 Correntes Parasitas

O ensaio por correntes parasitas é uma técnica não destrutiva cujo princípio de funcionamento se baseia na teoria de indução eletromagnética para inspecionar materiais condutores elétricos. (ASM, 2004)

As correntes parasitas foram descobertas por Michael Faraday, um químico inglês, em 1831. A descoberta da indução eletromagnética, rotações eletromagnéticas e do efeito magneto-óptico são atribuídas a Faraday. Em 1879, um cientista chamado Hughes registrou mudanças nas propriedades de uma bobina quando colocada em contato com metais de diferentes condutividades e permeabilidades. (AGUILAR, 2014)

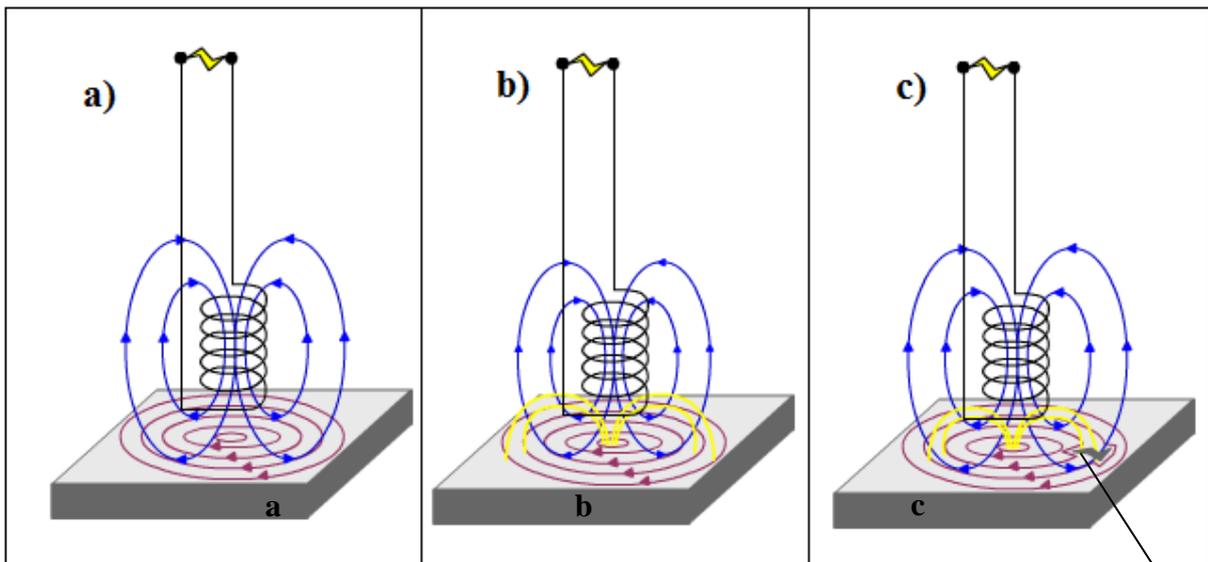
A primeira aplicação da técnica foi em 1881 quando Graham Bell tentou localizar uma bala de revólver alojada no corpo do presidente dos Estados Unidos, James Abram Garfield. Por volta de 1930 começaram a utilizar a técnica como uma simples forma de separar metais de diferentes condutividades. Aplicações industriais começaram a ser difundidas nos anos 1950 e 1960 quando o Dr. Friedrich publicou suas pesquisas sobre caracterização dos materiais e o conceito do diagrama de impedância, sendo usada particularmente na indústria aeronáutica e nuclear. (AGUILAR, 2014)

Em uma bobina condutora, por onde passa uma corrente alternada, é produzido, segundo a lei de Biot-Savart, um campo magnético primário alternado a ela associado, (Figura 17 (a)). Quando essa se aproxima de um material condutor elétrico, o campo magnético primário alternado, segundo a lei de Faraday de indução, induzirá correntes parasitas alternadas na superfície do mesmo, e essas, por sua vez, também irão produzir um campo magnético secundário alternado, (Figura 17 (b)). De acordo com a Lei de Lenz, as correntes parasitas terão sentido e direção tal que o campo magnético secundário, gerado por elas, se oponha as variações do campo magnético primário. É importante ressaltar que a densidade das correntes parasitas será máxima em camadas próximas a superfície do material condutor e dependente da frequência do campo magnético primário.

Variações na impedância da bobina posicionada sobre um corpo de prova podem indicar alterações nas propriedades elétricas e magnéticas do material, tais como condutividade e permeabilidade magnética, e podem ser utilizadas para indicar alterações

metalúrgicas decorrentes de tratamentos termomecânicos, da degradação microestrutural, da presença de descontinuidades (Figura 17 (c)).

Figura 17 - Variação do campo magnético da bobina ao se aproximar de uma placa condutora, (a) geração das correntes parasitas, (b) diminuição do campo primário devido ao campo induzido e (c) variação no campo devido à presença de um defeito.



Fonte: Aguilar, 2014

Defeito

Baseada nesse conceito, a técnica de correntes parasitas é um método comparativo, no qual a interação resultante entre os campos magnéticos primário e secundário será medida.

Mudanças na espessura da amostra condutora ou presença de defeitos, como por exemplo, trincas subsuperficiais, interromperão ou alterarão a amplitude e padrão das correntes parasitas e, conseqüentemente, do campo magnético secundário que, por sua vez, variará o campo magnético resultante.

Os ensaios que se utilizam da geração de correntes parasitas em peças, na busca da posição e da profundidade da descontinuidade tem como:

#### Vantagens

- sensibilidade a pequenas trincas e defeitos;
- detecção de defeitos superficiais e subsuperficiais;
- a inspeção gera resultados imediatos;
- equipamentos portáteis (Figura 33);

- técnica pode ser usada para diversas aplicações além de detecção de defeitos;
- pode inspecionar peças de geometrias complexas e de diferentes tamanhos;
- pouca ou nenhuma preparação de superfície é necessária; e
- a sonda de inspeção não precisa necessariamente estar em contato direto com a peça.

#### Desvantagens

- apenas materiais condutores podem ser inspecionados;
- a profundidade de penetração é limitada, tornando possível apenas a detecção de defeitos superficiais ou próximos a superfície;
- a superfície analisada dever ser preparada, pois excesso de rugosidade dificulta a análise; e
- a maioria das técnicas de correntes parasitas não é capaz de gerar a imagem da falha, em verdade, elas produzem dados através dos quais será possível obter informações das descontinuidades.

Por fim, a técnica de correntes parasitas é um método muito utilizado na indústria aeronáutica e na indústria de óleo e gás, podendo ser aplicada para detecção de trincas; medição de espessura de materiais e de revestimentos e medição de condutividade elétrica como forma de caracterização do material.

#### ***2.5.2 Gravação Magnética***

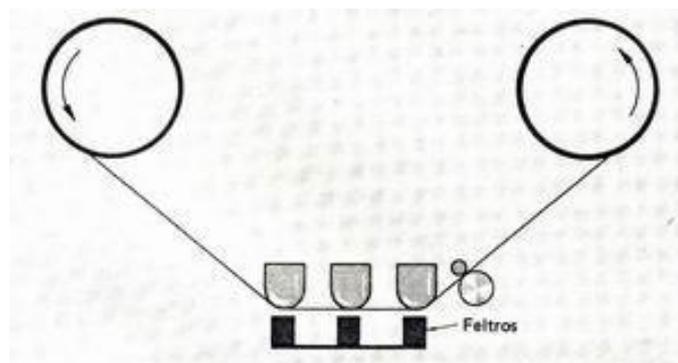
O sistema de gravação magnética baseia-se na imposição de um campo magnético, derivado de um sinal elétrico, por um transdutor, conhecido como cabeça magnética ou cabeça de gravação, a um meio magnético. Esses meios são projetados a partir de combinações especiais de materiais detentores de extrema sensibilidade à polaridade da cabeça de gravação sem perder, entretanto, essa polaridade, após a gravação.

Certos tipos de materiais, quando expostos a um campo magnético, podem ser magnetizados permanentemente, a não ser quando forem aquecidos até determinada temperatura (temperatura de Curie) ou se a eles for aplicado um campo magnético com sentido contrário ao sentido da magnetização. Não podemos nos esquecer de que a temperatura de Curie depende de cada material ferromagnético. Podemos citar o ferro, por exemplo, que possui uma temperatura de desmagnetização de 770°C.

Os processos de leitura e gravação têm evoluído devido à necessidade de se armazenar informações em áreas cada vez menores. As antigas Fitas Cassetes e fitas VHS são um grande exemplo de dispositivos que utilizam efeitos magnéticos para gravação e leitura de dados. Um exemplo da evolução dessa tecnologia são os discos flexíveis, rígidos ou ópticos, os quais apresentam elevada capacidade de armazenamento de informações. (CENTER, 2015)

Atualmente, os meios magnéticos mais utilizados tanto em gravações em disco rígido ou fitas de áudio/vídeo/dados como em sensores magnéticos são partículas de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou de Ferro-Cobalto (Fe-Co) depositadas em uma superfície polimérica e permitem que as informações sejam apagadas e gravadas inúmeras vezes. (Figura 18)

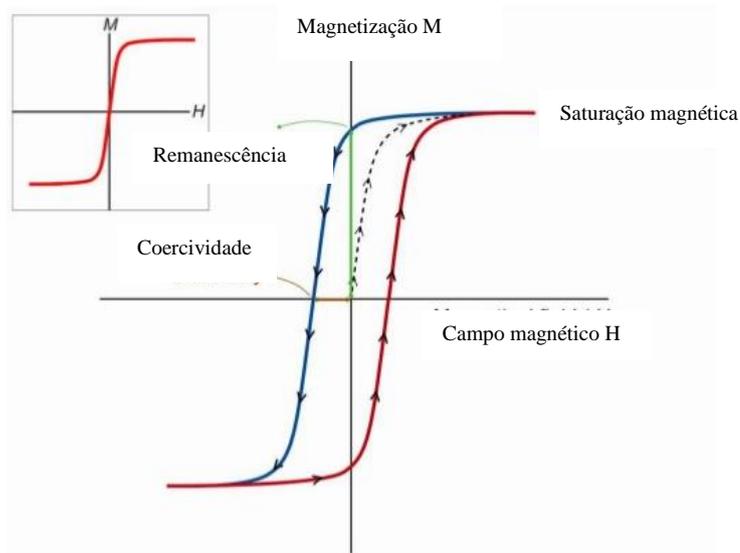
Figura 18 - Equipamento de gravação em fita magnética



Fonte: Conteudoeducar

A Figura 19 apresenta o comportamento da magnetização do ferro exposto a um campo magnético variável. Na prática, essa curva, chamada curva de histerese, é obtida posicionando uma amostra de material ferromagnético no interior de um solenoide alimentado por uma corrente elétrica alternada.

Figura 19 - Diagrama de histerese magnética



**Fonte:** Santos, 2016

Materiais denominados magneticamente moles apresentam elevada permeabilidade e baixa coercividade e, conseqüentemente, são facilmente magnetizados e desmagnetizados, enquanto os ferromagnéticos duros só se magnetizam quando submetidos a um alto campo magnético externo e apresentam elevadas magnetização residual e coercividade. Devido a sua elevada magnetização residual e coercividade esses materiais são ideais para a fabricação de ímãs permanentes, enquanto aqueles encontram aplicação em dispositivos sujeitos a campos magnéticos alternados, como núcleos de transformadores. (CALLISTER, 2012)

### 2.5.3 Efeitos Magneto – Óptico

Os efeitos magneto-óticos foram descobertos a partir dos meados do século XIX e foram de fundamental importância no desenvolvimento da teoria eletromagnética e da física atômica. O primeiro deles, o efeito Faraday, foi observado em 1845 por Michael Faraday em um pedaço de material vítreo colocado entre os polos de um eletroímã e se caracteriza pela mudança da polarização de um feixe de luz linearmente polarizado propagando em um meio na presença de campo magnético. A luz transmitida é em geral elipticamente polarizada com

o seu eixo maior girado em relação à direção do plano de polarização da onda incidente. (PINHEIRO e SAMPAIO, CBPF)

O efeito Kerr magneto-óptico, é um efeito que ocorre quando uma luz linearmente polarizada é refletida por uma superfície de um sólido magnético e é afetada pela magnetização desta, tornando-se elipticamente polarizada, com o eixo maior rotacionado por um ângulo  $\theta_k$  em relação à polarização da luz incidente (SILVA, 2013).

A medida dessa mudança de polarização da luz refletida nos dá acesso ao estado de magnetização da amostra. O efeito Kerr pode ser dividido em dois regimes: quando a espessura da peça é muito maior que o comprimento de penetração e, ao contrário, quando essa espessura é da mesma ordem de grandeza ou menor do que o comprimento de penetração.

Com a popularização da gravação magnética na década de 1950, o estudo de propriedades magnéticas adquiriu ainda maior importância tecnológica. Sistemas de gravação são constituídos basicamente de um filme fino magnético suportado por um substrato não magnético coberto por uma camada protetora transparente. Embora não usados tão largamente hoje em dia, os discos magneto-ópticos foram formas de gravação confiáveis tanto em precisão como na retenção consistente de dados.

Assim, o interesse pelos efeitos Faraday e Kerr ganhou um notável impulso nas últimas décadas devido principalmente ao estudo de propriedades magnéticas de superfícies e em aplicações tecnológicas como a gravação de mídia. Os efeitos Faraday e Kerr também atuam como ferramentas importantes nas medidas de magnetização relativa de filmes finos da espessura de apenas algumas poucas monocamadas.

Os efeitos magneto-ópticos são divididos em três categorias: transmissão, reflexão e absorção de luz por um meio magnético. O modo de transmissão lida com a interação entre a matéria magnetizada e uma onda eletromagnética, a qual se propaga através dela. Ao atravessar um meio magnético transparente, a onda, inicialmente linearmente polarizada sofrerá uma alteração na sua direção de polarização, caracterizando o efeito Faraday.

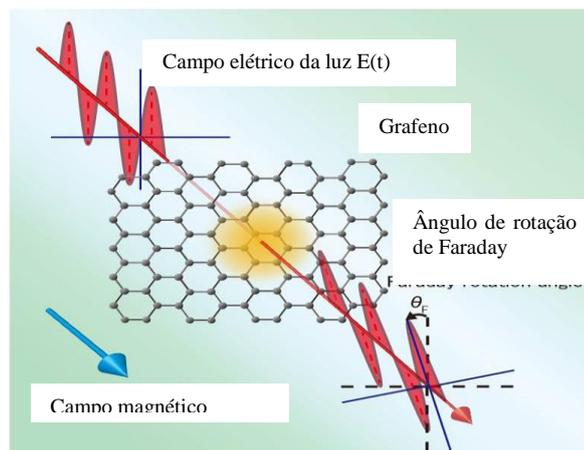
Para materiais isotrópicos, o ângulo de rotação do plano de polarização da luz,  $\Theta_F$ , é proporcional à espessura do material,  $s$ , e à intensidade do campo magnético,  $B$ :

$$\Theta_F = V(\lambda, T) \cdot s \cdot B$$

Onde  $V$ , chamada de constante de Verdet, é uma constante de proporcionalidade intrínseca ao material magnético em questão. Essa constante depende do comprimento de onda da radiação e da temperatura do material (EDMAR, 2016)

Na leitura magneto-óptica para obtenção de imagem, uma luz linearmente polarizada incidirá em um meio magnetizado e será transmitida com um ângulo de rotação  $\theta_F$ . A variação de polarização será convertida em uma distribuição de contrastes sendo possível a formação de uma imagem relacionada com a variação do campo magnético do meio em que a luz foi transmitida (Figura 20). O equipamento *Regula Forensis*, modelo 7505/7515 (Figura 33), utiliza-se deste princípio para formação das imagens das peças ensaiadas.

Figura 20 - Onda eletromagnética linearmente polarizada submetida a um campo magnético



Fonte: Lima, 2016

#### 2.5.4 Método do Ataque Químico - MAQ

O procedimento consiste em polir delicadamente a região de interesse e, estando esta devidamente limpa, realizar um ataque químico, a seguir, com um reagente apropriado. Antes de aplicar o reagente deve-se proteger as áreas contíguas para evitar que sejam danificadas pelo reagente. O ácido clorídrico, capaz de atacar a superfície polida do metal e produzir uma micromordedura, é um componente comumente utilizado nos diversos reagentes.

A porção subjacente do metal correspondente à região deformada plasticamente pela marcação é mais resistente à mordedura pelo ácido e torna-se brilhante por um tempo, ao passo que as regiões não marcadas por ferramenta contundente permanecem opacas.

Grosso modo, o reagente é aplicado na área polida esfregando-a com um cotonete de algodão.

Após cerca de 1 (um) minuto, o reagente é removido com acetona e, então, é feita a avaliação visual. O número começa a aparecer como uma sombra e uma iluminação com incidência oblíqua pode facilitar a visualização. Caso a numeração não seja revelada no intervalo de um minuto o processo deve ser repetido, atentando-se para o fato do ensaio ser destrutivo e à medida que se repete o processo a peça é desgastada em profundidade.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Tendo em vista que armas de fogo são produtos extremamente controlados, além do fato de que armas com numeração obliterada estarem comumente envolvidas em crimes, faz-se necessário o desenvolvimento de um procedimento capaz de recuperar numerações obliteradas.

#### **3.1 Descrição das Amostras**

Foram confeccionados corpos de prova que simulam as diversas condições de marcação e remoção de número de série em armamento. Tais peças foram submetidas aos ensaios da VCP/MAG/VMO e MAQ para efeitos comparativos.

Os corpos de prova foram confeccionados nos materiais mais usados na fabricação industrial deste tipo de produto e foram marcados por meio dos métodos mais comumente utilizados pelos fabricantes.

Para que os corpos de prova utilizados nesse trabalho se aproximassem ao máximo do produto de interesse desse estudo, o suporte necessário para a confecção dos corpos de prova foi solicitado à Fábrica de Itajubá – IMBEL, um dos maiores fabricantes de armas do Brasil e do mundo.

Assim foram preparados corpos de prova em aço carbono (SAE 1060), aço inoxidável AISI304 e alumínio (7075 - T651).

Tais peças foram gravadas com marcações alfanuméricas nas instalações da Fábrica de Itajubá, filial da Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL), obedecendo aos padrões de marcação previstos na legislação vigente e seguindo os procedimentos comumente utilizados na produção de suas armas.

Quanto à obliteração, as marcações originais foram removidas de acordo com os métodos normalmente observados pelos peritos forenses que trabalham diuturnamente com esse tipo de material, ou seja, a numeração é obliterada de forma a não poder ser visualizada a olho nu. Assim, as ferramentas de esmerilhamento e puncionamento sobreposto foram utilizadas com o objetivo de destruir a marcação original dos corpos de prova.

### 3.1.1 Peças em Aço Carbono SAE 1060

O aço carbono SAE 1060 é um aço que tem alto teor de carbono em sua composição química e apresenta uma resistência mecânica que varia de 485 a 620 MPa. A composição química deste material utilizado apresenta as seguintes concentrações de elementos de liga (Tabela 4):

Tabela 4 – Composição química do aço carbono SAE 1060

Elemento	Concentração (%)
Manganês (Mn)	0,60 a 0,90
Carbono (C)	0,55 a 0,66
Enxofre (S)	0,05 (máx)
Fósforo (P)	0,04 (máx)
Ferro (Fe)	o que sobra

Fonte: América aços.com

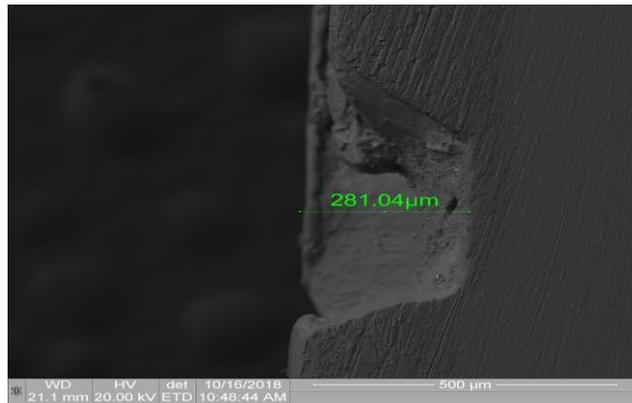
As peças em aço carbono SAE 1060 passaram por marcação alfanumérica pelos dois métodos mais comuns. São eles: estampagem (Figura 21) e *pin stamp* (Figura 23). As Figuras 22 e 24 apresentam a regiões transversais das marcações visualizadas no MEV.

Figura 21 - Corpo de prova em aço carbono SAE 1060 marcada por estampagem



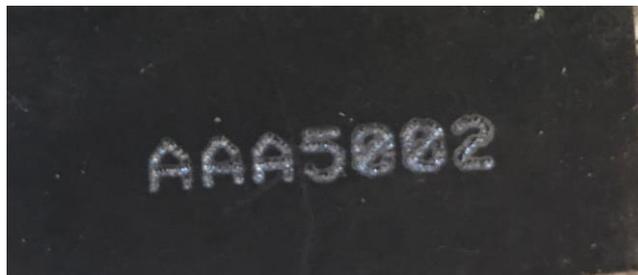
Fonte: Próprio autor

Figura 22 - Região transversal a uma marcação em aço carbono SAE 1060 por estampagem



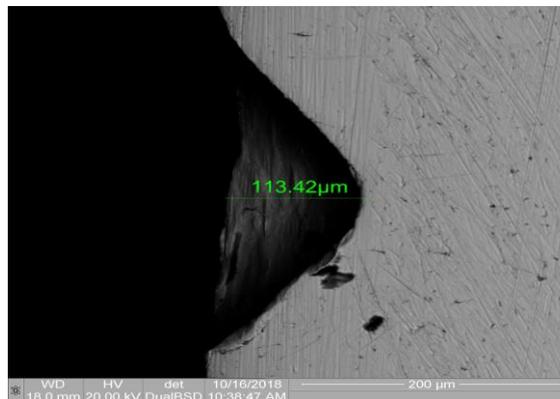
Fonte: Próprio autor

Figura 23 - Corpo de prova em aço carbono SAE 1060 marcada por (*pin stamp*)



Fonte: Próprio autor

Figura 24 - Região transversal a uma marcação em aço carbono SAE 1060 por *pin stamp*



Fonte: Próprio autor

### 3.1.2 Peças em Aço Inoxidável AISI 304

O Aço Inoxidável AISI 304 apresenta boa resistência mecânica sendo comumente utilizado na produção de peças e equipamentos da construção civil e variadas indústrias.

Apresenta ainda facilidade para estampagem geral, profunda e de precisão, sendo por isso indicado para a produção em mecânica fina, como por exemplo, armas de fogo.

A composição química deste material apresenta as seguintes concentrações de elementos de liga (Tabela 5):

Tabela 5 – Composição química do aço inoxidável AISI 304

Elemento	Concentração (%)
Manganês (Mn)	2
Carbono (C)	0,08
Enxofre (S)	0,03
Fósforo (P)	0,05
Níquel	8 a 10
Silício (Si)	1
Cromo (Cr)	18 a 20

Fonte: Rio inox

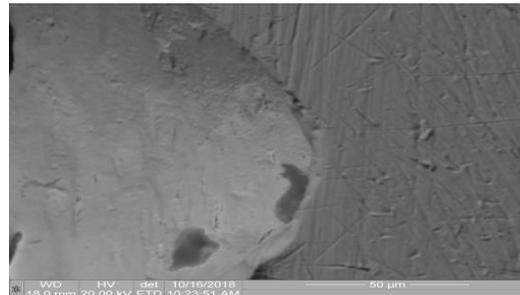
As peças em aço inoxidável AISI 304 também receberam uma numeração alfanumérica pelos métodos da estampagem (Figura 25) e *pin stamp* (Figura 27). As Figuras 26 e 28 apresentam a regiões transversais das marcações visualizadas no MEV.

Figura 25 - Corpo de prova em aço inoxidável AISI 304 marcada por estampagem



Fonte: Próprio autor

Figura 26 - Região transversal a uma marcação em aço inoxidável AISI 304 por estampagem



Fonte: Próprio autor

Figura 27 - Corpo de prova em aço inoxidável AISI 304 marcada por *pin stamp*



Fonte: Próprio autor

Figura 28 - Região transversal a uma marcação em aço inoxidável AISI 304 por *pin stamp*



Fonte: Próprio autor

### 3.1.3 Peças em Alumínio 7075 – T651

As características do alumínio permitem que ele tenha uma diversa gama de aplicações e por isso esse metal é um dos mais utilizados em todo o mundo. Material leve, durável e bonito, o alumínio mostra um excelente desempenho e propriedades superiores na maioria das aplicações. Produtos que utilizam o alumínio ganham também competitividade em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora.

O alumínio 7075-T651 dispõe ainda de uma excelente usinabilidade e estabilidade, assim como dureza e elevada resistência, o que torna oportuno o seu emprego na indústria bélica. A composição química do alumínio 7075-T651 apresenta as seguintes concentrações de elementos de liga (Tabela 6):

Tabela 6 – Composição química do Alumínio 7075 – T651

Elemento	Concentração (%)
Manganês (Mn)	0,3
Cromo (Cr)	18 a 28
Níquel	0,05
Silício (Si)	0,4
Cobre (Cu)	1,2 a 2
Ferro (Fe)	0,5
Magnésio (Mg)	2,9
Titânio (Ti)	0,2
Zinco (Zn)	6,1
Outros	0,3
Alumínio	o que sobra

Fonte: Coppermetal

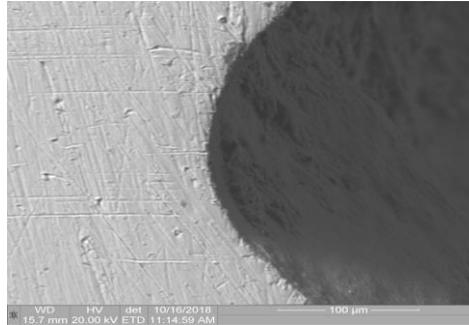
Seguindo o procedimento padrão para todos os materiais em experimentação, as peças em alumínio 7075-T651 também receberam uma numeração alfanumérica pelos métodos da estampagem (Figura 29) e *pin stamp* (Figura 31). As Figuras 30 e 32 apresentam as regiões transversais das marcações visualizadas pelo MEV.

Figura 29 - Corpo de prova em alumínio 7075-T651 marcado por estampagem



Fonte: Próprio autor

Figura 30 - Região transversal a uma marcação em alumínio 7075-T651 por estampagem



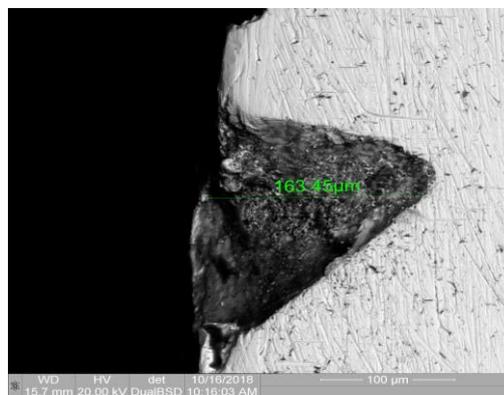
Fonte: Próprio autor

Figura 31 - Corpo de prova em alumínio 7075-T651 marcada por *pin stamp*



Fonte: Próprio autor

Figura 32 - Região transversal a uma marcação em alumínio 7075-T651 por *pin stamp*



Fonte: Próprio autor

### 3.2 Métodos de Ensaio

Serão utilizados predominantemente dois métodos para a análise das amostras: o método da Visualização por Corrente Parasita/Magnetografia/Visualização por Efeito Magneto-Óptico (VCP/MAG/VMO) e método do Ataque Químico (MAQ).

Cabe destacar que Mariana Gaudêncio Lima utilizou a técnica proposta na tentativa de recuperar a numeração original de chassis de veículos que foram adulterados, tendo obtido resultados satisfatórios em seus experimentos.

Neste contexto, embora a técnica seja semelhante, o emprego desta na recuperação de numeração obliterada em armas de fogo apresenta diferenças, como por exemplo: materiais empregados na confecção das peças, as dimensões e as profundidades das marcações originais; e os tipos de oblitterações (Tabela 7).

**Tabela 7:** Chassis veiculares x Armas de fogo

<b>Diferenças entre as marcações e oblitterações em chassis veiculares e em armas de fogo</b>	
<b>Chassis veiculares</b>	<b>Armas de fogo</b>
Peças em aço carbono	Peças em aço carbono, aço inoxidável ou alumínio
Marcação alfanumérica com profundidade da ordem de 0,2mm	Marcação alfanumérica com profundidade da ordem de 0,1mm
Marcação com dimensão da ordem de 10mm	Marcação com dimensão da ordem de 3mm
Oblitteração seguida de remarcação	Apenas oblitteração
Processo de oblitteração realizado por profissionais	Processo de oblitteração realizado de forma grosseira (ferramentas domésticas)

Fonte: Próprio autor

#### 3.2.1 Método VCP/ MAG/VMO

O equipamento de magnetografia por correntes parasitas de superfícies metálicas, *Regula Forensis*, modelo 7505/7515 (Figura 33), e seus acessórios (Figuras 34 e 35) foram utilizados para inspeção das amostras, e o software Nuca® foi empregado para a obtenção da imagem.

Entre os acessórios do equipamento tem-se: indutor de correntes parasitas, sondas para materiais ferromagnéticos e paramagnéticos (Figura 35), e desmagnetizador (Figura 36).

Figura 33 - Equipamento de magnetografia por corrente parasita de superfícies metálicas, *Regula Forensis*, modelo 7505/7515; (a) leitor magneto-óptico; (b) Software NUCA



Fonte: Próprio autor

Figura 34 – (a) Indutor de correntes parasitas, (b) Sonda para materiais paramagnéticos, (c) Sonda para materiais ferromagnéticos



Fonte: Próprio autor

Figura 35 - Desmagnetizador



Fonte: Próprio autor

O ensaio obedece à sequência de procedimentos:

i. preparação da fita magnética: a fita magnética deve ser desmagnetizada para que os dados armazenados sejam eliminados;

ii. magnetografia: a fita desmagnetizada deve ser fixada sobre a superfície da amostra. Após isso percorre-se toda a extensão do corpo de prova, sobreposto pela fita, com a sonda ligada ao indutor de correntes parasitas;

iii. obtenção da imagem: realizada a magnetografia, a fita é levada ao leitor magneto-óptico onde uma onda linearmente polarizada será incidida sobre sua superfície. A variação do plano de polarização da onda eletromagnética em diferentes ângulos permitirá uma distribuição espacial de brilho e contraste, sendo formada assim uma imagem magneto-óptica que será captada por uma câmera conectada ao computador; e

iv. processamento da Imagem: a formação da imagem definitiva, bem como a correção de distorções é feita por meio da junção panorâmica das imagens primária. O procedimento é executado pelo software “NUCA” instalado no PC, acoplado ao equipamento.

### 3.2.2 Método do Ataque Químico (MAQ)

O método consiste em atacar a superfície obliterada com um reagente químico e observar se a marcação alfanumérica é revelada. O ataque químico sobre a superfície do corpo de prova é realizado por um período de um (01) minuto, após o qual o reagente é removido.

O procedimento pode ser repetido até que se tenha a recuperação da marcação original. No entanto, por tratar-se de ensaio destrutivo, à medida que o procedimento é refeito há forte tendência de a peça ser danificada irreversivelmente.

O reagente mais utilizado neste ensaio é o Reagente HATCHER, composto de:

- i. 120 ml de ácido clorídrico concentrado;
- ii. 90g de cloreto cúprico (cloreto de cobre 2); e
- iii. 100 ml de água destilada.

O reagente é obtido mediante os seguintes procedimentos:

- i. colocar a água num béquer ou erlenmeyer;
- ii. colocar o ácido numa bureta, utilizando um funil;
- iii. acrescentar o ácido por gotejamento na água, sob agitação constante;
- iv. há grande liberação de energia térmica, deve-se observar para evitar que o frasco venha a estourar;
- v. utilizar um agitador magnético para não deixar que a diluição arrebe o béquer ou Erlenmeyer;
- vi. concluída a diluição do ácido, acrescentar o cloreto, mantendo o agitador magnético em funcionamento; e
- vii. armazenar a solução em recipiente de vidro ou plástico mantendo este bem fechado.

### 3.3 Preparação das Amostras

Os corpos de prova foram preparados utilizando-se dos métodos mais comuns de obliteração de armas de fogo, quando o intuito é apagar, ou danificar, a marcação de série do produto em tela, quais sejam o esmerilhamento e puncionamento sobreposto.

Nesse contexto, cabe destacar que os processos de obliteração realizados por criminosos não obedeceram a padrões de precisão, sendo utilizadas ferramentas domésticas e/ou improvisadas, como ponteiros, limas e esmeris. Tais ferramentas foram utilizadas nos corpos de prova até que a marcação original não pudesse mais ser identificada a olho nu e tal procedimento teve como objetivo simular os tipos de obliteração mais comumente realizados pelos criminosos.

Do exposto foram preparados dois (02) grupos de peças caracterizados pelo processo de obliteração (Tabelas 8 e 9):

Tabela 8 – Corpos de Prova – Grupo I

<b>Grupo I - Esmerilhamento - Esm</b>		
<b>Material do Corpo de Prova (CP)</b>	<b>Estampado (marcação) - Est</b>	<b>Pin Stamp (marcação) - Pin</b>
CP em aço carbono SAE 1060	CP1.1 – .40 SW	CP1.2 – AAA 5001
CP em aço inoxidável AISI 304	CP1.3 - A 33	CP1.4 – CCC 5201
CP em alumínio 7075-T651	CP1.5 – A 33	CP1.6 – BBB 5105

Fonte: Próprio autor

Tabela 9 – Corpos de Prova – Grupo II

<b>Grupo II- Puncionamento sobreposto - Pun</b>		
<b>Material do Corpo de Prova (CP)</b>	<b>Estampado (marcação) - Est</b>	<b>Pin Stamp (marcação) - Pin</b>
CP em aço carbono SAE 1060	CP2.1 – A 35	CP2.2 – AAA 5002
CP em aço inoxidável AISI 304	CP2.3 - A 34	CP2.4 – CCC 5202
CP em alumínio 7075-T651	CP2.5 – A 33	CP2.6 – BBB 5101

Fonte: Próprio autor

## 4. ENSAIOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise das Amostras do Grupo I – Método VCP/MAG/VMO - MAQ

#### 4.1.1 Corpo de Provas – CP1.1 (Est/Esm)

Figura 36 - CP1.1 (.40 SW) antes da obliteração



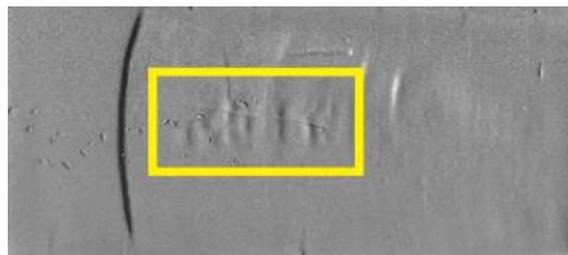
Fonte: Próprio autor

Figura 37 - CP1.1 (.40 SW) obliterado por esmerilhamento



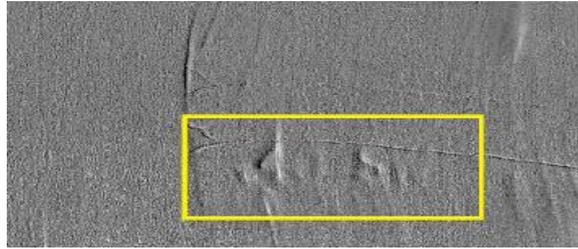
Fonte: Próprio autor

Figura 38 - CP1.1 (.40 SW) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 39 - CP1.1 (.40 SW) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 40 - CP1.1 (.40 SW) – MAQ - revelação completa



Fonte: Próprio autor

O CP1.1 (.40 SW) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original, sendo que na segunda tentativa a marcação alfanumérica apareceu mais nítida (Figura 39).

A mesma peça submetida ao MAQ apresentou, também, resultado satisfatório, revelando de forma nítida a marcação alfanumérica original (Figura 40).

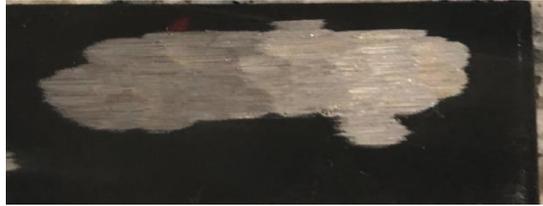
#### **4.1.2 Corpo de Provas – CP1.2 (Pin/Esm)**

Figura 41 - CP1.2 (AAA5001) antes da obliteração



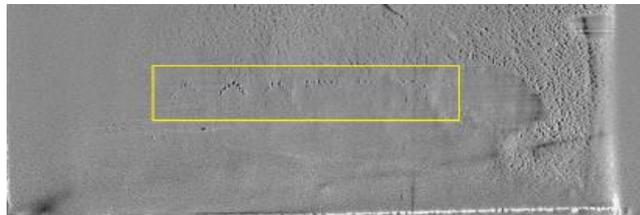
Fonte: Próprio autor

Figura 42 - CP1.2 (AAA5001) obliterado por esmerilhamento



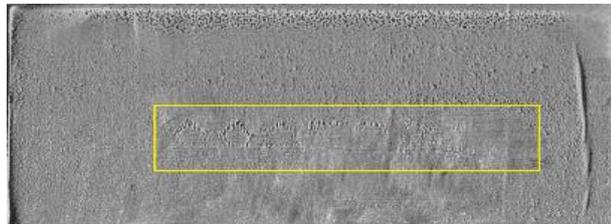
Fonte: Próprio autor

Figura 43 - CP1.2 (AAA5001) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 44 - CP1.2 (AAA5001) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 45 - CP1.2 (AAA5001) - MAQ - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

O CP1.2 (AAA5001) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação parcial da marcação original, com nitidez semelhantes nas duas tentativas realizadas (Figuras 43 e 44).

A mesma peça submetida ao MAQ apresentou resultado semelhante ao primeiro ensaio, revelando de forma parcial a marcação alfanumérica original (Figura 45).

#### **4.1.3 Corpo de Provas – CP1.3 (Est/Esm)**

Figura 46 - CP1.3 (A33) antes da obliteração



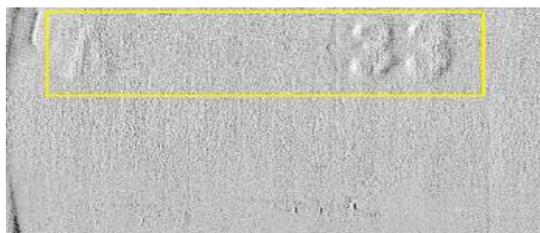
Fonte: Próprio autor

Figura 47 - CP1.3 (A33) obliterado por esmerilhamento



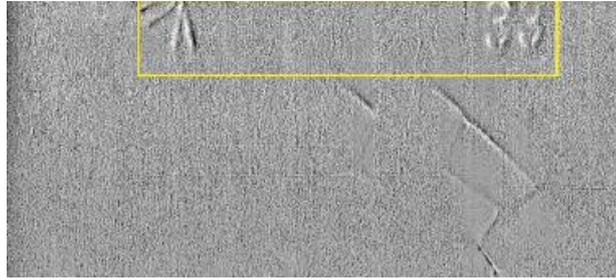
Fonte: Próprio autor

Figura 48 - CP1.3 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 49 - CP1.3 (A33) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 50 - CP1.3 (A 33) - MAQ – não revelado



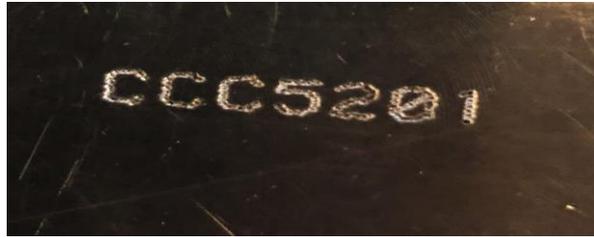
Fonte 1: Próprio autor

O CP1.3 (A 33) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original, com nitidez semelhantes nas duas tentativas realizadas (Figuras 48 e 49).

A peça submetida ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 50).

#### 4.1.4 Corpo de Provas – CP1.4 (Pin/Esm)

Figura 51 - CP1.4 (CCC5201) antes da obliteração



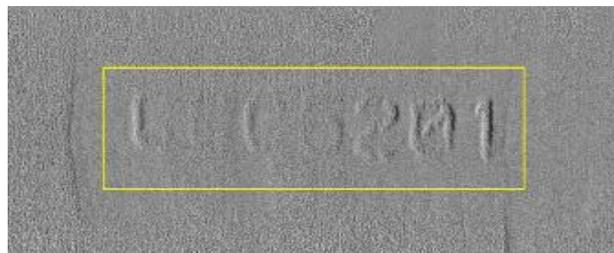
Fonte: Próprio autor

Figura 52 - CP1.4 (CCC5201) obliterado por esmerilhamento



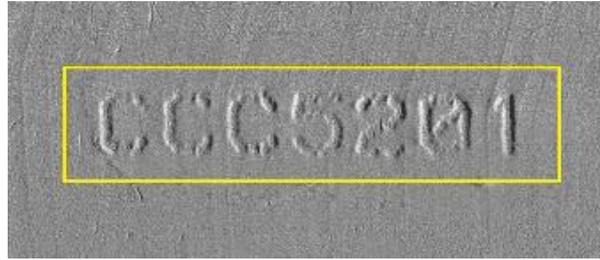
Fonte: Próprio autor

Figura 53 - CP1.4 (CCC5201) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 54 - CP1.4 (CCC5201) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 55 - CP1.4 (CCC5201) - MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP1.4 (CCC5201) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original, sendo que na segunda tentativa a marcação alfanumérica apareceu mais nítida (Figura 54).

O mesmo CP submetido ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 55).

#### 4.1.5 Corpo de Provas – CP1.5 (Est/Esm)

Figura 56 - CP1.5 (A33) antes da obliteração



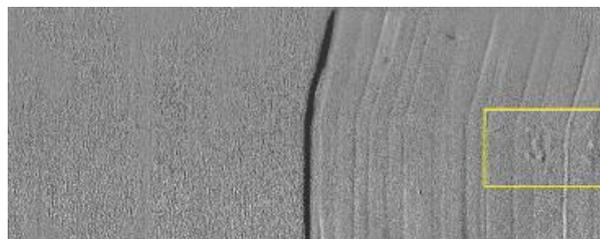
Fonte: Próprio autor

Figura 57 - CP1.5 (A33) obliterado por esmerilhamento



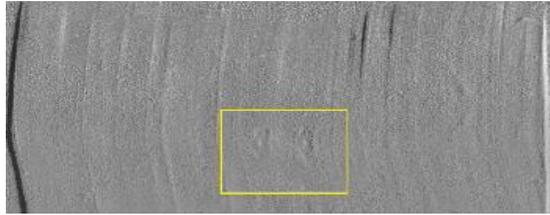
Fonte: Próprio autor

Figura 58 - CP1.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 59 - CP1.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 60 - CP1.5 (A33) - MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP1.5 (A33) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação parcial da marcação original, sendo que na segunda tentativa a marcação alfanumérica apareceu mais nítida (Figuras 58 e 59).

O mesmo CP submetido ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 60).

#### **4.1.6 Corpo de Provas – CP1.6 (Pin/Esm)**

Figura 61 - CP1.6 (BBB5105) antes da obliteração



Fonte: Próprio autor

Figura 62 - CP1.6 (BBB5105) obliterado por esmerilhamento



Fonte: Próprio autor

Figura 63 - CP1.6 (BBB5105) - MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP1.6 (BBB5101) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original. Esse resultado foi desprezado das análises estatísticas, tendo em vista que o arquivo fotográfico de registro foi extraviado e não foi possível refazer o ensaio até a conclusão deste trabalho.

O mesmo CP submetido ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 63).

## 4.2 Análise das Amostras do Grupo II – Método VCP/MAG/VMO - MAQ

### 4.2.1 Corpo de Provas – CP2.1 (Est/Pun)

Figura 64 - CP2.1 (A35) antes da obliteração



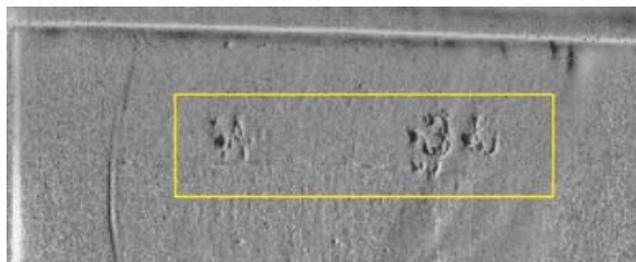
Fonte: Próprio autor

Figura 65 - CP2.1 (A35) obliterado por puncionamento sobreposto



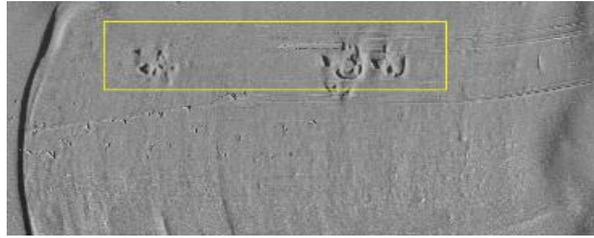
Fonte: Próprio autor

Figura 66 - CP2.1 (A35) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 67 - CP2.1 (A35) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 68 - CP2.1 (A35) - MAQ – não revelado



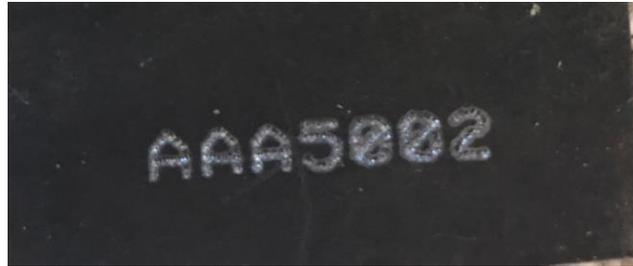
Fonte: Próprio autor

O CP2.1 (A35) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original, sendo que na segunda tentativa a marcação alfanumérica apareceu mais nítida (Figuras 67).

O mesmo CP submetido ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 68).

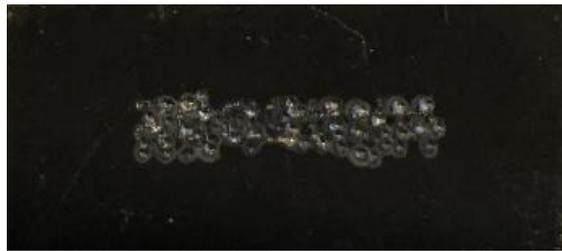
#### 4.2.2 Corpo de Provas – CP2.2 (Pin/Pun)

Figura 69 - CP2.2 (AAA5002) antes da obliteração



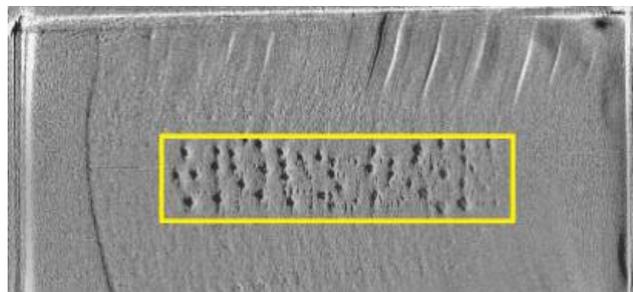
Fonte: Próprio autor

Figura 70 - CP2.2 (AAA5002) obliterado por puncionamento sobreposto



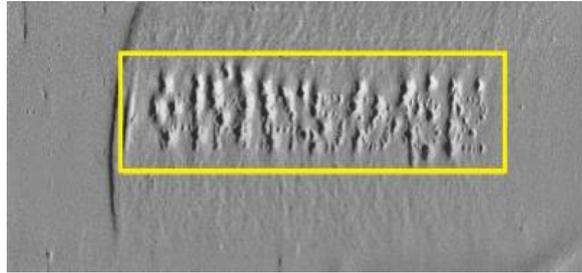
Fonte: Próprio autor

Figura 71 - CP2.2 (AAA5002) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa - revelação parcial



Fonte 2: Próprio autor

Figura 72 - CP2.2 (AAA5002) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa - revelação completa



Fonte 3: Próprio autor

Figura 73 - CP2.2 (AAA5002) - MAQ – revelação completa



Fonte: Próprio autor

O CP2.2 (AAA5002) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original na segunda tentativa (Figuras 72).

A mesma peça submetida ao MAQ apresentou resultado satisfatório, revelando de forma nítida a marcação alfanumérica original (Figura 73).

#### **4.2.3 Corpo de Provas – CP2.3 (Est/Pun)**

Figura 74 - CP2.3 (A34) antes da obliteração



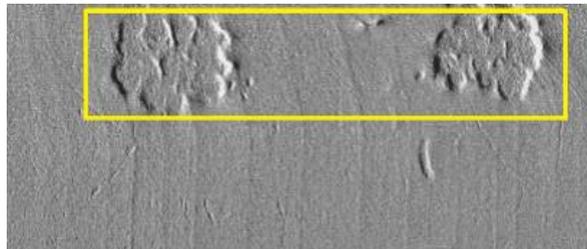
Fonte: Próprio autor

Figura 75 - CP2.3 (A34) obliterado por puncionamento sobreposto



Fonte: Próprio autor

Figura 76 - CP2.3 (A34) - VCP/MAG/VMO – não revelado



Fonte: Próprio autor

Figura 77 - CP2.3 (A34) - MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP2.3 (A34) submetido à VCP/MAG/VMO não apresentou resultado satisfatório, não revelando qualquer parte da marcação original (Figura 76).

A mesma peça submetida ao MAQ, também, não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 77).

#### **4.2.4 Corpo de Provas – CP2.4 (Pin/Pun)**

Figura 78 - CP2.4 (CCC5202) antes da obliteração



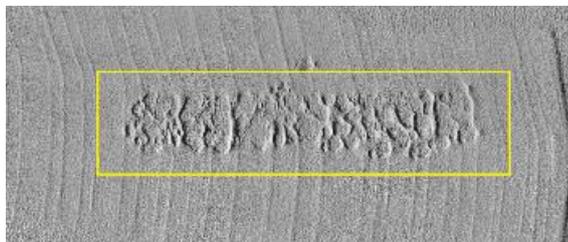
Fonte: Próprio autor

Figura 79 - CP2.4 (CCC5202) obliterado por punção sobreposto



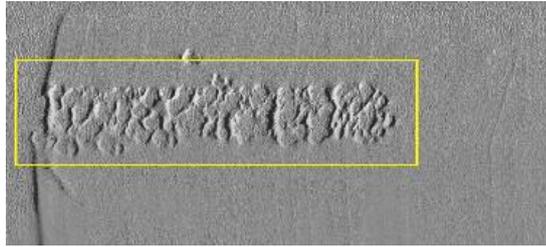
Fonte: Próprio autor

Figura 80 - CP2.4 (CCC5202) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa – não revelado



Fonte: Próprio autor

Figura 81 - CP2.4 (CCC5202) - VCP/MAG/VMO – 2ª Tentativa – não revelado



Fonte: Próprio autor

Figura 82 - CP2.4 (CCC5202) - MAQ – revelação parcial



Fonte: Próprio autor

O CP2.4 (CCC5202) submetido à VCP/MAG/VMO não apresentou resultado satisfatório, não revelando qualquer parte da marcação original (Figuras 80 e 81).

O mesmo CP submetido ao MAQ revelou parcialmente a marcação alfanumérica original (Figura 82).

#### 4.2.5 Corpo de Provas – CP2.5 (Est/Pun)

Figura 83 - CP2.5 (A33) antes da obliteração



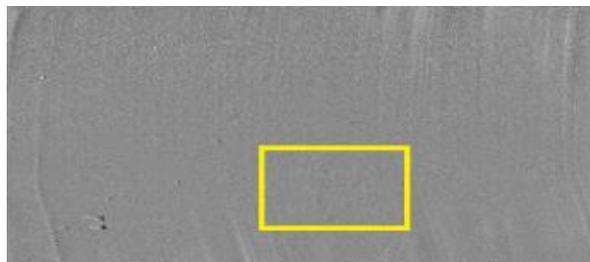
Fonte: Próprio autor

Figura 84 - CP2.5 (A33) obliterado por puncionamento sobreposto



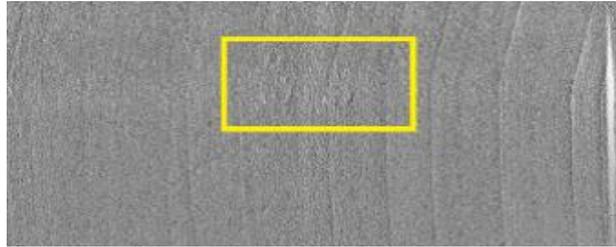
Fonte: Próprio autor

Figura 85 - CP2.5 (A33) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa – revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 86 - CP2.5 (A33) - VCP/MAG/VMO –2ª Tentativa - revelação parcial



Fonte: Próprio autor

Figura 87 - CP2.5 (A33) - MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP2.5 (A33) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação parcial (ofuscada) da marcação alfanumérica original (Figuras 85 e 86).

A peça submetida ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 87).

#### 4.2.6 Corpo de Provas – CP2.6 (Pin/Pun)

Figura 88 - CP2.6 (BBB5101) antes da obliteração



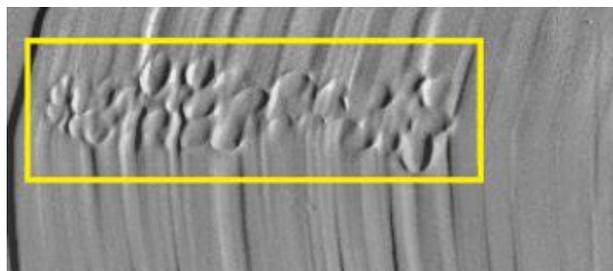
Fonte: Próprio autor

Figura 89 - CP2.6 (BBB5101) obliterado por puncionamento sobreposto



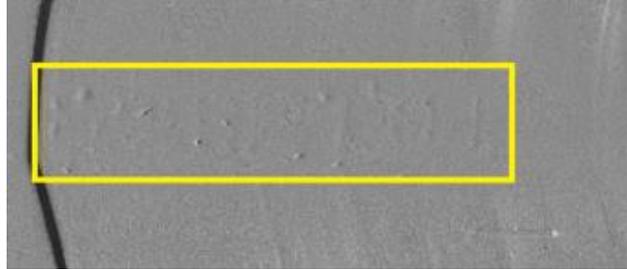
Fonte: Próprio autor

Figura 90 - CP2.6 (BBB5101) - VCP/MAG/VMO – 1ª Tentativa – não revelado



Fonte: Próprio autor

Figura 91 - CP2.6 (BBB5101) - VCP/MAG/VMO - 2ª Tentativa – revelação completa



Fonte: Próprio autor

Figura 92 - CP2.6 (BBB5101) – MAQ – não revelado



Fonte: Próprio autor

O CP1.5 (BBB5101) submetido à VCP/MAG/VMO apresentou recuperação completa da marcação original, sendo que na segunda tentativa a marcação alfanumérica apareceu mais nítida (Figuras 91).

O mesmo CP submetido ao MAQ não apresentou resultado satisfatório, não revelando a marcação alfanumérica original (Figura 92).

#### **4.3 Análise de Amostras Marcadas a Laser**

Embora a legislação vigente, para a marcação de número de série em armas de fogo, não permita a marcação por intermédio de laser, algumas peças internas de armas podem ser marcadas por este método e nesse sentido foram realizados testes em corpos de prova para verificar-se a possibilidade de recuperação da marcação caso venham a ser obliterada.

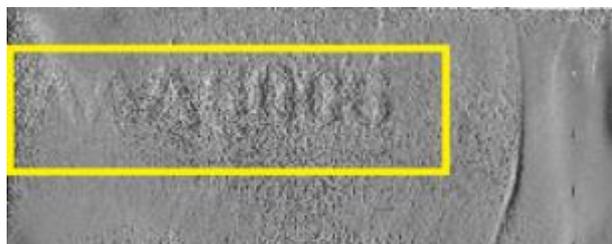
#### **4.3.1 – Corpo de Provas em aço carbono SAE 1060 – marcado a laser (AAA5008)**

Figura 93 - CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 marcado a laser - antes da obliteração



Fonte: Próprio autor

Figura 94 - CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 marcado a laser – VCP/MAG/VMO – antes da obliteração

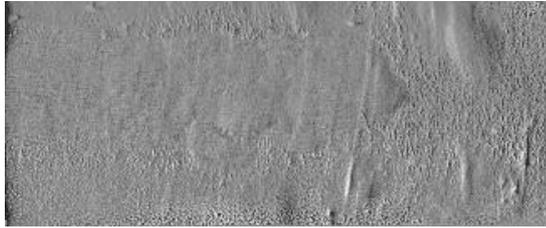


Fonte: Próprio autor

Ao examinar a Figura 94 é possível concluir que a imagem gerada durante a inspeção por VCP/MAG/VMO, da marcação original do corpo de prova confeccionado em aço carbono SAE 1060 marcado a laser (CP AAA5008), apresenta-se ofuscada, mesmo antes da obliteração.

Após a obliteração por esmerilhamento, é impossível recuperar, ainda que parcialmente, a marcação original do número de série (Figura 95).

Figura 95 - CP (AAA5008) em aço carbono SAE 1060 - marcado a laser – VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – não revelado



Fonte: Próprio autor

#### ***4.3.2 – Corpo de Prova em Aço Inoxidável AISI 304 – marcado a laser (CCC5206)***

Figura 96 - CP (CCC5206) em aço inoxidável AISI 304 - marcado a laser - antes da obliteração



Fonte: Próprio autor

Ao examinar a imagem produzida durante a inspeção por VCP/MAG/VMO (Figura 97) percebe-se que foi impossível recuperar, ainda que parcialmente, a marcação original do número de série do corpo de prova confeccionado em aço inoxidável AISI 304 e marcado a laser (CP CCC5206) e obliterada por esmerilhamento.

Figura 97 - CP (CCC5206) em aço inoxidável AISI 304 - marcado a laser – VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – não revelado



Fonte: Próprio autor

#### 4.3.3 - Corpo de Prova em Alumínio 7075-T651 – marcado a laser (BBB5106)

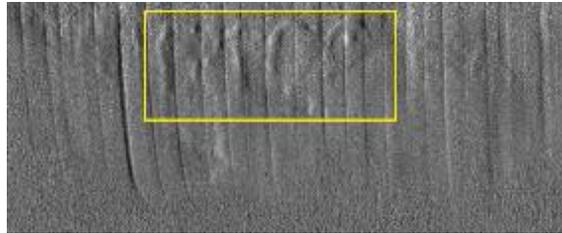
Figura 98 - CP (BBB5106) em alumínio 7075-T651 - marcado a laser - antes da obliteração



Fonte: Próprio autor

A Figura 99, produzida após a inspeção por VCP/MAG/VMO do corpo de prova CCC5206 confeccionado em Alumínio 7075-T651, apresenta uma recuperação parcial do número de série marcado a laser e obliterado por esmerilhamento.

Figura 99 - CP (CCC5206) em alumínio 7075-T651 - marcado a laser - VCP/MAG/VMO – obliterada por esmerilhamento – revelado parcialmente (ofuscado)



Fonte: Próprio autor

Do exposto, o método de VCP/MAG/VMO mostrou-se ineficaz na recuperação na numeração marcada a laser para todos os corpos de prova confeccionados em aço carbono, aço inoxidável ou alumínio. Não sendo assim possível recuperar a marcação original dos corpos de prova após a obliteração.

Ensaio utilizando o MAQ também são ineficazes, tendo em vista que a marcação a laser é superficial e não provoca deformações permanentes, ou seja, uma vez obliterada a marcação a laser não haverá qualquer rastro que permita recuperá-la.

Nesse ínterim, a restrição legal que impede a marcação do número de série das armas de fogo se faz oportuna tendo em vista que, caso esta marcação venha a ser obliterada ou mesmo apagada devido ao tempo e/ou manuseio da peça, será praticamente impossível recuperá-la.

## 4.4 Comparação dos Resultados

### 4.4.1 – *Análise qualitativa entre materiais e métodos*

As técnicas empregadas neste trabalho para recuperação da numeração obliterada foram avaliadas e tiveram suas eficácias comparadas em relação à preparação do corpo de prova e a qualidade da numeração revelada. O Método VCP/MAG/VMO apresenta grande praticidade, dispensando qualquer preparação das peças ensaiadas. Vale ressaltar que tal método não utiliza consumíveis e o custo do ensaio está limitado ao custo do equipamento de magnetografia por corrente parasita de superfícies metálicas (*Regula Forensis 7505/7515*).

O método VCP/MAG/VMO apresentou melhores resultados para peças obliteradas por esmerilhamento. O fato de o puncionamento sobreposto ser capaz de deformar plasticamente a região subjacente, alterando a “assinatura” metalúrgica do corpo de prova, pode explicar os resultados inferiores na recuperação de numeração obliterada por material contundente (punção).

Vale ressaltar que o método é não destrutivo, permitindo repetições desse ensaio. Uma vez ensaiada por este método, a peça pode ser ensaiada por outros métodos não impondo qualquer alteração dimensional ou metalúrgica nas peças.

O Método do Ataque Químico (MAQ) apresenta baixa complexidade e baixo custo, mas é realizado de forma quase “artesanal”. Além disso, há a necessidade de preparação da peça por meio de polimento e, uma vez submetida ao ensaio, a peça sofre alterações dimensionais e metalúrgicas impedindo o reensaio ou a posterior aplicação de outras técnicas.

Embora o MAQ apresente desempenho inferior ao VCP/MAG/VMO, esse pode ser utilizado de forma complementar em peças ensaiadas pelo método VCP/MAG/VMO que não apresentaram resultado satisfatório.

Um aspecto importante na comparação dos métodos de ensaios propostos é que a VCP/ MAG/VMO apresenta resultados bem superiores para peças em materiais paramagnéticos (aço inoxidável e alumínio), sendo o MAQ praticamente ineficaz na recuperação de marcações alfanuméricas obliteradas em peças desses materiais.

Considerando experimentos extras, realizados em corpos de provas marcados a laser, que embora sejam proibidas para o número de série da arma, podem ser realizadas em peças internas e/ou outras marcações que não a numeração de “identidade” do produto, após obliterados por esmerilhamento, o método VCP/MAG/VMO apresentou resultados não efetivos, não sendo possível recuperar a marcação original na peça em aço carbono e inoxidável, tendo recuperado parcialmente (não sendo possível definir efetivamente que número e/ou letra) na peça em alumínio. Os resultados do MAQ não apresentaram qualquer recuperação, ainda que parcial.

Por fim a utilização da VCP/MAG/VMO e posteriormente do MAQ, mostra-se como a situação ideal na busca pela revelação da marcação original que fora obliterada na superfície de uma arma de fogo, funcionando os métodos como complementares.

Comparativamente a trabalhos semelhantes, nos quais foi utilizado o método da VCP/MAG/VMO, como por exemplo, o trabalho de Mestrado de Mariana Gaudêncio Barbosa Lima (Estudo de Técnicas não Destrutivas na Recuperação de Marcações adulteradas

em Chapas Metálicas), que tem como ênfase a recuperação das marcações originais de chassis adulterados de veículos, este também apresentou resultados positivos no sentido de recuperar as marcações originais de chapas obliteradas.

Cabe destacar que em seus experimentos Mariana Gaudêncio Barbosa Lima trabalhou exclusivamente com peças em aço carbono, não sendo possível comparar os desempenhos do método VCP/MAG/VMO para recuperação de marcação obliterada em peças de aço inoxidável e/ou alumínio.

#### ***4.4.2 – Análise quantitativa entre materiais e métodos***

Numa tentativa de realizar uma avaliação quantitativa do resultado geral, uma nota foi atribuída à qualidade das imagens reveladas após o uso dos diferentes métodos empregados, a cada corpo de prova, para recuperação da numeração obliterada. Assim, os métodos foram ranqueados quanto à eficácia em revelar a numeração obliterada.

Para esta análise, foi feita a comparação entre os métodos de recuperação, VCP/MAG/VMO e MAQ, de acordo com o tipo de obliteração (esmerilhamento e puncionamento sobreposto), tipo de marcação (estampagem e micropuncionamento) e material da peça (aço carbono, aço inoxidável e alumínio). Foi adotado um Fator de Padrão (FP) para cada tipo de revelação obtida (FP = 3 para revelação completa, FP = 1 para revelação parcial e FP = 0 para os casos de não revelação), sendo possível obter-se 18 como valor máximo para cada grupo de peças ensaiadas.

O Fator de Padrão leva em conta o fato de que uma revelação parcial, embora não permita a identificação imediata da peça obliterada, pode permitir tal identificação através dos padrões de numeração definidos pelo fabricante, sendo assim uma informação mais valiosa que revelação nenhuma.

De forma semelhante, serão analisados os valores absolutos de recuperação, desconsiderando o Fator de Padrão (FP).

Para os corpos de prova obliterados por esmerilhamento, têm-se os seguintes resultados (Tabela 10):

Tabela 10 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento

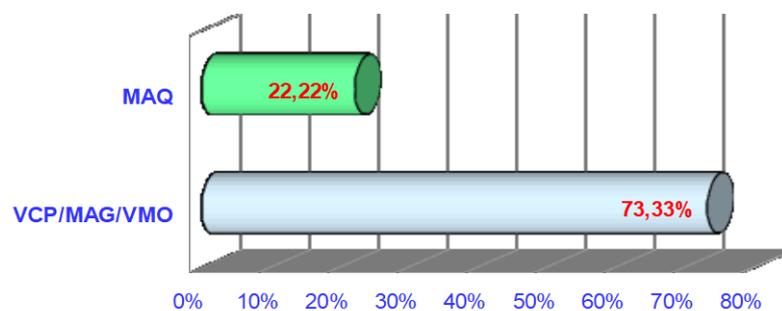
Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	3	9	1	3
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	2	2	1	1
Peças não reveladas (FP = 0)	0	0	4	0
Total	5	11	6	4

Fonte: Próprio autor

Considerando o Fator de Padrão (FP), o método VCP/MAG/VMO obteve 73,33% (11/15) de eficácia e o método MAQ obteve 22,22% (4/18). Assim, pode-se observar que para peças obliteradas por esmerilhamento, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Ponderados

Peças obliteradas por esmerilhamento (VCP/MAG/VMO X MAQ)



Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 60,00% (3/5) de peças reveladas completamente e 40,00% (2/5) de peças reveladas parcialmente (Gráfico 2), enquanto o método MAQ obteve 16,67% (1/6) de peças reveladas completamente, 16,67% (1/6) de peças reveladas parcialmente e 66,67% (4/6) de peças não reveladas (Gráfico 3).

Gráfico 2 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO - para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Absolutos

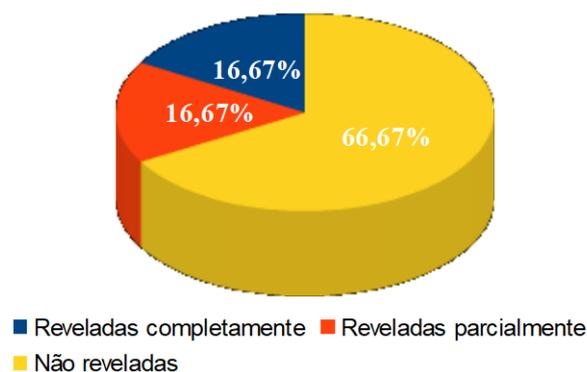
Peças obliteradas por esmerilhamento - VCP/MAG/VMO



Fonte: Próprio autor

Gráfico 3 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos obliterados por esmerilhamento - Valores Absolutos

Peças obliteradas por esmerilhamento - MAQ



Fonte: Próprio autor

Para os corpos de prova obliterados por puncionamento sobreposto, temos os seguintes resultados (Tabela 11):

Tabela 11 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto

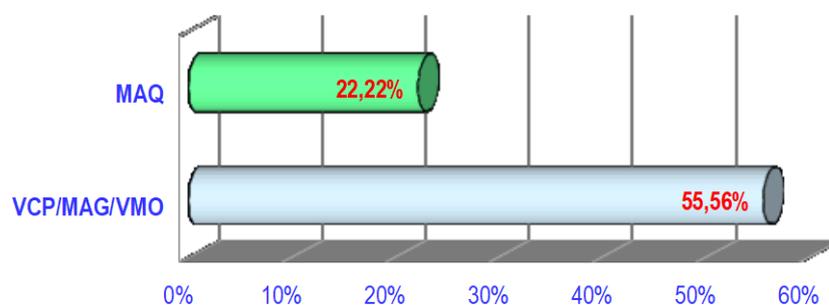
Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	3	9	1	3
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	1	1	1	1
Peças não reveladas (FP = 0)	2	0	4	0
Total	6	10	6	4

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 55,56% (10/18) de eficácia e o método MAQ obteve 22,22% (4/18). Assim, pode-se observar que para peças obliteradas por puncionamento sobreposto, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Ponderados

**Peças obliteradas por micropuncionamento (VCP/MAG/VMO X MAQ)**



Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 50,00% (3/6) de peças reveladas completamente, 33,33% (2/6) de peças reveladas parcialmente e 16,67% (1/6) de peças não reveladas (Gráfico 5), enquanto o método MAQ obteve 16,67% (1/6) de peças reveladas completamente, 16,67% (1/6) de peças reveladas parcialmente e 66,67% (4/6) de peças não reveladas (Gráfico 6).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças obliteradas por puncionamento sobreposto).

De maneira geral, os corpos de prova obliterados por puncionamento sobreposto revelaram-se mais difíceis de ter as suas marcações originais recuperadas. Isso se deve ao fato do puncionamento promover na peça esforços semelhantes aos da primeira identificação, misturando assinaturas metalúrgicas deixadas por cada uma das conformações mecânicas.

Gráfico 5 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Absolutos

**Peças obliteradas por puncionamento sobreposto - VCP/MAG/VMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 6 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos obliterados por puncionamento sobreposto - Valores Absolutos

**Peças obliteradas por puncionamento sobreposto - MAQ**



Fonte: Próprio autor

Para o método de marcação por estampagem tem-se (Tabela 12):

Tabela 12 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova marcados por estampagem

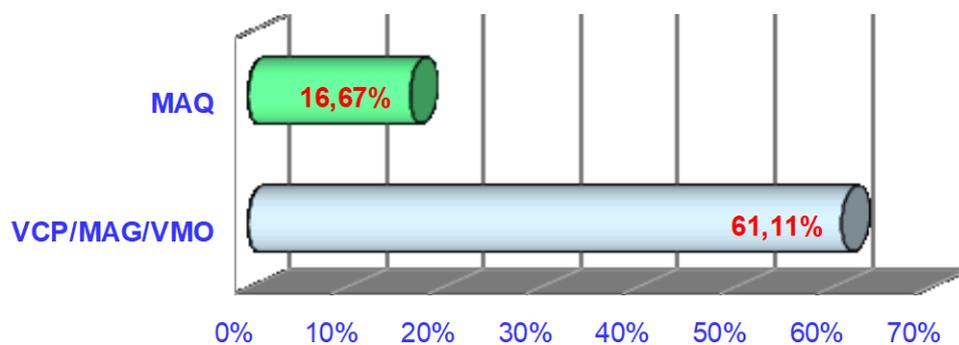
<b>Descrição das Revelações</b>	<b>VCP/MAG/VMO</b>		<b>MAQ</b>	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	3	9	1	3
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	2	2	0	0
Peças não reveladas (FP = 0)	1	0	5	0
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 61,11% (11/18) de eficácia e o método MAQ obteve 16,67% (3/18). Assim, pode-se observar que para peças marcadas por estampagem, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos marcados por estampagem - Valores Ponderados

### Peças marcadas por estampagem (VCP/MAG/VMO X MAQ)



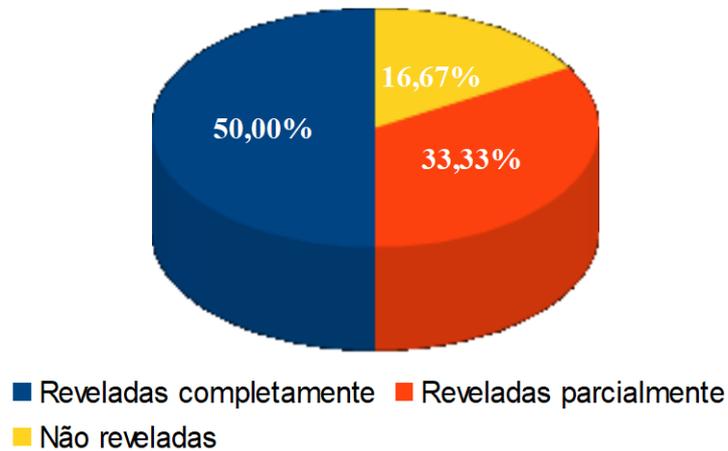
Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 50,00% (3/6) de peças reveladas completamente, 33,33% (2/6) de peças reveladas parcialmente e 16,67% (1/6) de peças não reveladas (Gráfico 8), enquanto o método MAQ obteve 16,67% (1/6) de peças reveladas completamente, e 83,33% (5/6) de peças não reveladas (Gráfico 9).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças marcadas por estampagem).

Gráfico 8- Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos marcados por estampagem - Valores Absolutos

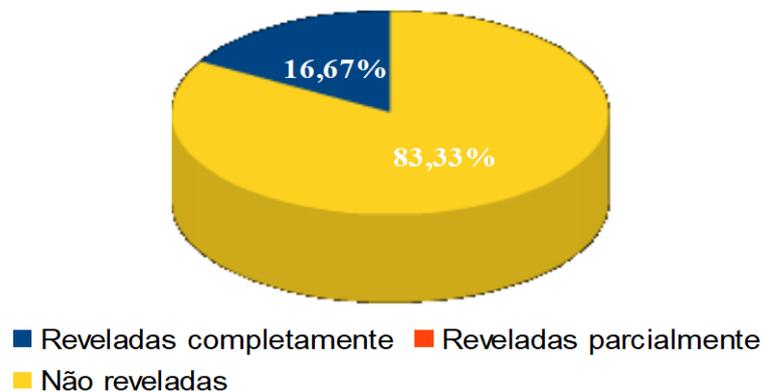
**Peças marcadas por estampagem - VCP/MAG/VMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 9 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos marcados por estampagem - Valores Absolutos

**Peças marcadas por estampagem - MAQ**



Fonte: Próprio autor

Para o método de marcação por micropuncionamento (*pin stamp*) tem-se (Tabela 13):

Tabela 13 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova marcados por micropuncionamento (*pin stamp*)

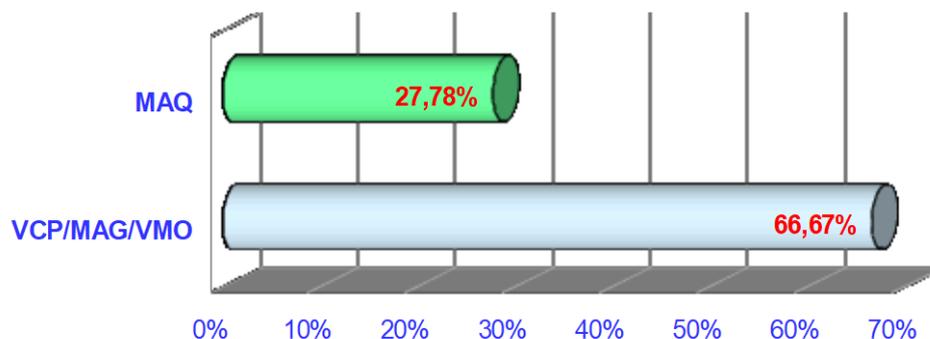
Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	3	9	1	3
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	1	1	2	2
Peças não reveladas (FP = 0)	1	0	3	0
Total	5	10	6	5

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 66,67% (10/15) de eficácia e o método MAQ obteve 27,78% (5/18). Assim, pode-se observar que para peças marcadas por micropuncionamento, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Ponderados

#### Peças marcadas por micropuncionamento (VCP/MAG/VMO X MAQ)



Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 60,00% (3/5) de peças reveladas completamente, 20,00% (1/5) de peças reveladas parcialmente e 20,00% (1/5) de peças não reveladas (Gráfico 11), enquanto o método MAQ obteve 16,67% (1/6) de peças reveladas completamente, 33,33% (2/6) de peças reveladas parcialmente e 50,00% (3/6) de peças não reveladas (Gráfico 12).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças marcadas por micropuncionamento).

Gráfico 11 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Absolutos

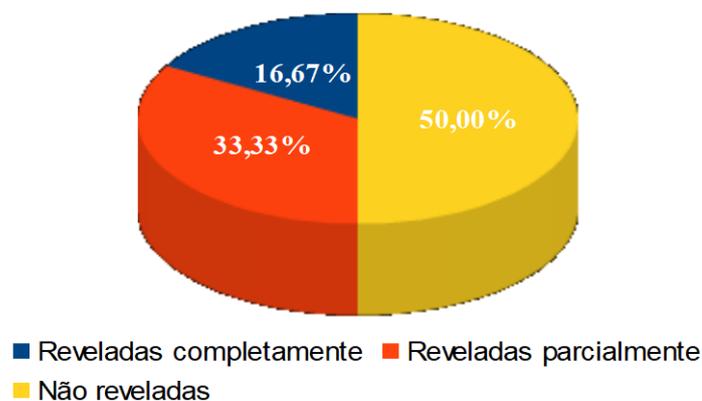
**Peças marcadas por micropuncionamento - VCP/MAG/VMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 12 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos marcados por micropuncionamento - Valores Absolutos

**Peças marcadas por micropuncionamento - MAQ**



Fonte: Próprio autor

Para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 tem-se (Tabela 14):

Tabela 14 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060

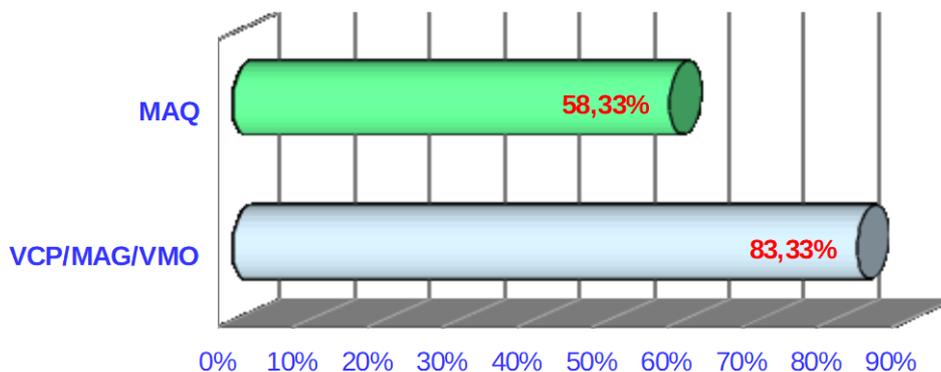
Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	3	9	2	6
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	1	1	1	1
Peças não reveladas (FP = 0)	0	0	1	0
Total	4	10	4	7

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 83,33% (10/12) de eficácia e o método MAQ obteve 58,33% (7/12). Assim, pode-se observar que para peças em aço carbono SAE 1060, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 13).

Gráfico 13 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 – Valores Ponderados

#### Peças em aço carbono SAE 1060 (VCP/MAG/VMO X MAQ)



Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 75,00% (3/4) de peças reveladas completamente e 25,00% (1/4) de peças reveladas parcialmente (Gráfico 14), enquanto o método MAQ obteve 50,00% (2/4) de peças reveladas completamente, 25,00% (1/4) de peças reveladas parcialmente e 25,00% (1/4) de peças não reveladas (Gráfico 15).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças em aço carbono SAE 1060).

Gráfico 14 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 - Valores Absolutos

**Peças em aço carbono SAE 1060 -VCP/MAG/VMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 15 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em aço carbono SAE 1060 - Valores Absolutos

**Peças em aço carbono SAE 1060 - MAQ**



Fonte: Próprio autor

Para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 tem-se (Tabela 15):

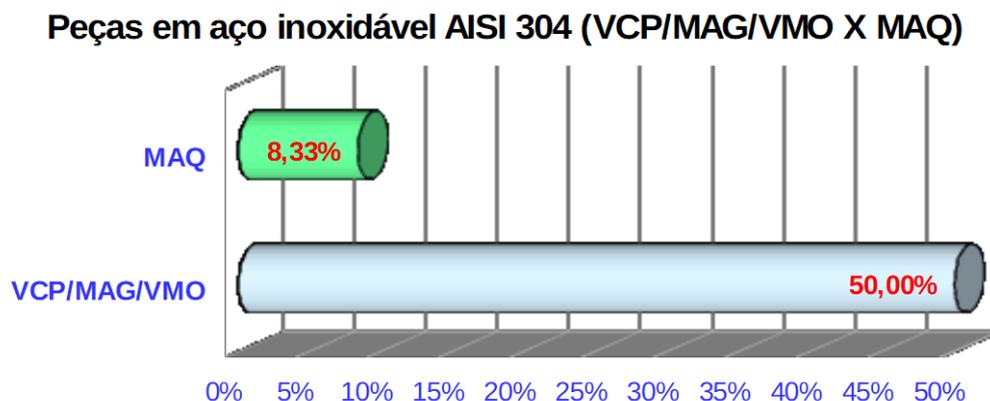
Tabela 15 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304

Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	2	6	0	0
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	0	0	1	1
Peças não reveladas (FP = 0)	2	0	3	0
Total	4	6	4	1

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 50,0% (6/12) de eficácia e o método MAQ obteve 8,33% (1/12). Assim, pode-se observar que para peças em aço inoxidável AISI 304, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Ponderados



Fonte: Próprio autor

Em Valores Absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 50,00% (2/4) de peças reveladas completamente e 50,00% (2/4) de peças reveladas parcialmente (Gráfico 17), enquanto o método MAQ obteve 25,00% (1/4) de peças reveladas parcialmente e 75,00% (3/4) de peças não reveladas (Gráfico 18).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças em aço inoxidável AISI 304).

Gráfico 17 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Absolutos

**Peças em aço inoxidável AISI 304 - VCP/MAG/CMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 18 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em aço inoxidável AISI 304 - Valores Absolutos

**Peças em aço inoxidável AISI 304 - MAQ**



Fonte: Próprio autor

Para os corpos de prova em alumínio 7075 -T651 tem-se (Tabela 16):

Tabela 16 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em alumínio 7075 -T651

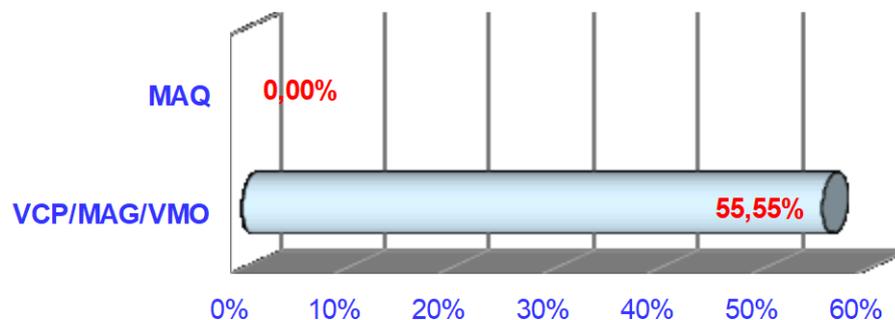
Descrição das Revelações	VCP/MAG/VMO		MAQ	
	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)	Quantidade de peças	Pontuação (nº de peças x FP)
Peças reveladas completamente (FP = 3)	1	3	0	0
Peças reveladas parcialmente (FP = 1)	2	2	0	0
Peças não reveladas (FP = 0)	0	0	4	0
Total	3	5	4	0

Fonte: Próprio autor

O método VCP/MAG/VMO obteve 55,55% (5/9) de eficácia e o método MAQ obteve 0,00% (0/12). Assim, pode-se observar que, para peças em alumínio 7075 - T651, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ (Gráfico 19).

Gráfico 19 - Medida de eficácia dos métodos VCP/MAG/VMO e MAQ para os corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Ponderados

### Peças em alumínio 7075 - T651 (VCP/MAG/VMO X MAQ)



Fonte: Próprio autor

Em valores absolutos o método VCP/MAG/VMO obteve 33,33% (1/3) de peças reveladas completamente e 66,67% (2/3) de peças reveladas parcialmente (Gráfico 20), enquanto o método MAQ obteve 100,00% (4/4) de peças não reveladas (Gráfico 21).

Assim, também em valores absolutos, o método VCP/MAG/VMO é mais eficaz que o método MAQ, para esse universo considerado (peças em alumínio 7075 - T651).

Gráfico 20 - Medida de eficácia do método VCP/MAG/VMO para os corpos de prova em corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Absolutos

**Peças em alumínio 7075 -T651- VCP/MAG/VMO**



Fonte: Próprio autor

Gráfico 21 - Medida de eficácia do método MAQ para os corpos de prova em corpos de prova em alumínio 7075 - T651 - Valores Absolutos

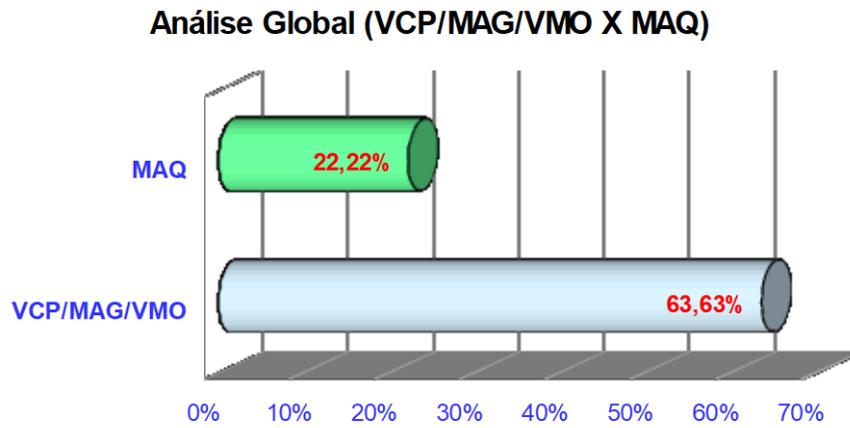
**Peças em alumínio 7075 -T651- MAQ**



Fonte: Próprio autor

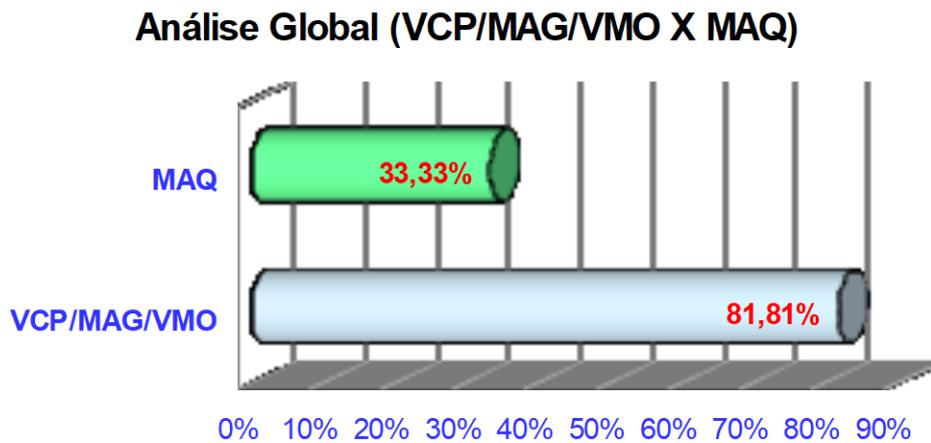
Analisando de forma global, ou seja, para todas as amostras consideradas, tem-se que o método VCP/MAG/VMO obteve 63,63% (21/33) de eficácia e o método MAQ obteve 22,22% (8/36), o que estabelece maior eficácia global ao método VCP/MAG/VMO (Gráfico 22).

Gráfico 22 - Medida de Eficácia Global - VCP/MAG/VMO e MAQ - Valores Ponderados



Fonte: Próprio autor

Gráfico 23 - Medida de Eficácia Global - VCP/MAG/VMO e MAQ - Valores Absolutos



Fonte: Próprio autor

Considerando valores absolutos, para os mesmo fatores de comparação, tipo de obliteração (esmerilhamento e puncionamento sobreposto), tipo de marcação (estampagem e micropuncionamento) e material da peça (aço carbono, aço inoxidável e alumínio, pode-se constatar, da mesma forma, uma eficácia superior do método VCP/MAG/VMO (Gráfico 23). A Tabela 17 mostra a visão global de todos os experimentos:

Tabela 17 - Resultado de todos os experimentos realizados e com resultados ponderados

Método de Marcação	Método de Obliteração	Material do Corpo de Prova	Identificação do Corpo de Prova	VCP/MAG/VMO	MAQ	
Estampagem	Esmerilhamento	SAE 1060	CP1.1 – .40 SW	3	3	
		AISI 304	CP1.3 - A 33	3	0	
		7075 - T651	CP1.5 – A 33	1	0	
	<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração estampada e obliterada por esmerilhamento:</b>				<b>7</b>	<b>3</b>
	Puncionamento sobreposto	SAE 1060	CP2.1 – A 35	3	0	
		AISI 304	CP2.3 - A 34	0	0	
		7075 - T651	CP2.5 – A 33	1	0	
	<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração estampada e obliterada por puncionamento:</b>				<b>4</b>	<b>0</b>
<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração obliterada em corpos de prova marcados por estampagem</b>				<b>11</b>	<b>3</b>	
Pin Stamp	Esmerilhamento	SAE 1060	CP1.2 – AAA 5001	1	1	
		AISI 304	CP1.4 – CCC 5201	3	0	
		7075 - T651	CP1.6 – BBB 5105	-	0	
	<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração micropuncionada (<i>pin stamp</i>) e obliterada por esmerilhamento:</b>				<b>4</b>	<b>1</b>
	Puncionamento sobreposto	SAE 1060	CP2.2 – AAA 5002	3	3	
		AISI 304	CP2.4 – CCC 5202	0	1	
		7075 - T651	CP2.6 – BBB 5101	3	0	
	<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração micropuncionada (<i>pin stamp</i>) e obliterada por puncionamento:</b>				<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Avaliação subjetiva da qualidade da recuperação da numeração obliterada em corpos de prova marcados por micropuncionamento (<i>pin stamp</i>)</b>				<b>10</b>	<b>5</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>21</b>	<b>8</b>	

Fonte: Próprio autor

#### **4.4.3 – Versatilidade e Segurança**

O método VCP/MAG/VMO apresenta grande versatilidade, uma vez que pode ser empregado em materiais ferromagnéticos e paramagnéticos. Esse fato o torna muito aplicável ao tratamento de perícias em armas de fogo, que são produzidas normalmente em aço carbono, aço inoxidável e alumínio.

Outro aspecto positivo do método VCP/MAG/VMO é a pouca necessidade de preparação das peças que passarão pelo ensaio, bem como, a possibilidade de ser empregado em qualquer lugar, uma vez que o equipamento é portátil (transportável em maleta), podendo ser utilizado até mesmo em locais de crime e/ou regiões isoladas.

O método MAQ apresenta-se também muito simples de ser utilizado, no entanto requer uma melhor preparação da superfície por meio de politrizes e outros abrasivos, bem como a preparação dos reagentes empregados.

Quanto à segurança o método VCP/MAG/VMO não oferece qualquer risco à saúde do operador do equipamento ou ao meio ambiente, tendo em vista que, durante o ensaio não há contato com produtos quimicamente agressivos, pontiagudos, cortantes ou eletrificados.

Na contramão do método VCP/MAG/VMO, o MAQ emprega reagente ácido, devendo o operador fazer uso de EPI (óculos de proteção, máscara, luvas, etc.) para se proteger do produto quimicamente agressivo. Há que se ter, ainda, cuidado com o descarte das sobras, uma vez que o produto pode causar danos ao meio ambiente e/ou ao manipulador de lixo/dejetos.

#### **4.5.4 – Custos dos Equipamentos Utilizados**

O custo do método VCP/MAG/VMO resume-se ao custo do equipamento Regula 7505/ 7515, que está avaliado em R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais).

Por sua vez o custo do método MAQ se resume ao custo dos produtos químicos utilizados na preparação do reagente Hatcher (ácido clorídrico, cloreto cúprico e água destilada) , além de equipamentos comumente utilizados em laboratórios de química, como pipeta, erlenmeyer, becher, bureta, funil, agitador magnético e etc. Em termos de valores, 1 litro do reagente Hatcher custa em torno de R\$ 100,00 (cem reais), sendo esta quantidade suficiente para uma infinidade de experimentos.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados pelos ensaios realizados nos corpos de provas mostram que o método VCP/MAG/VMO apresenta boa eficácia para a recuperação de marcações obliteradas em armas de fogo. Por sua vez, o MAQ apresenta também alguma eficácia, porém seus índices são mais modestos e com a agravante de ser um ensaio destrutivo, o que não permite ensaios complementares após a sua utilização.

Do exposto pode-se concluir sobre o desempenho dos métodos comparados neste trabalho nas seguintes condições:

i. tomando-se como referência o método de obliteração dos corpos de provas, o método VCP/MAG/VMO apresentou maior eficácia que o MAQ para ambos os métodos (esmerilhamento e puncionamento sobreposto);

ii. tomando-se como referência o método de marcação dos corpos de provas, o método VCP/MAG/VMO também apresentou maior eficácia que o MAQ para ambos os métodos (estampagem e micropuncionamento); e

iii. considerando o material do corpo de prova, o método VCP/MAG/VMO apresentou maior eficácia que o MAQ para os três materiais em estudo (aço carbono SAE 1060, aço inoxidável AISI 304 e alumínio 7075 – T651). Cabe destacar que o MAQ não apresentou qualquer resultado satisfatório para corpos de prova em alumínio, o que aumenta a necessidade de utilização do método VCP/MAG/VMO para esse tipo de material.

Assim, conclui-se que o método proposto neste trabalho (VCP/MAG/VMO) apresentou resultados muito superiores ao método hoje utilizado em larga escala pelas perícias forenses (MAQ) na tentativa de recuperar marcações (números de série) obliteradas em armas de fogo, valendo a pena o investimento inicial para a aquisição do equipamento.

Um aspecto importante a se considerar é que, o método VCP/MAG/VMO recuperou, ainda que parcialmente, a marcação original dos corpos de prova em 81,81% (9/11) dos ensaios realizados e tendo em vista a padronização cada vez mais rigorosa dos números de série, por parte dos fabricantes, há boas chances de identificar uma arma obliterada, ainda que a marcação original não seja recuperada completamente (Gráfico23).

Por fim, tendo em vista o método VCP/MAG/VMO ser um método de ensaio não destrutivo e o MAQ apresentar baixo custo de operação, este pode ser utilizado de forma complementar ao primeiro, corroborando o resultado antes obtido, ou mesmo, esclarecendo alguma dúvida do ensaio anterior.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

1. Realizar trabalhos conjuntos com as perícias forenses dos órgãos de segurança com a utilização do método VCP/MAG/VMO em armas de fogo e não corpos de prova.
2. Realizar testes no Microscópio Eletrônico de Varredura, para identificar as variações estruturais das obliterações e assim determinar os limites de aplicação do método VCP/MAG/VMO.
3. Desenvolver sensores (sondas) que se adéquem perfeitamente à geometria das armas de fogo.
4. Buscar técnicas de automatização de sensores (sondas) para retirar o fator humano, pressão e velocidade, sobre a peça durante o ensaio.

## REFERÊNCIAS

- AAFINTL. **Processos de esmerilhamento de peça**. Disponível em: <<https://www.aafintl.com/pt-br/power-and-industrial/case-studies/environmental-products/rotoclone-n/rotoclone-n-grinding>>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- AGALIDI, Y. *et al.* 2011, Eddy Current Fields/Magnetic Recording/Magneto-Optic Imaging NDI Method. **Nondestructive Testing and Evaluation**, v. 27, n. 2, p. 109-119, 2012. <https://doi.org/10.1080/10589759.2011.610453>
- AGUILAR, K. S. **Aplicação da Técnica de Correntes Parasitas para Detecção de Trincas em Juntas Soldadas de Aço Cladeado (X65+UNS625)**. 2014. 79 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- AMÉRICA Aços Especiais. **Composição química do aço carbono SAE 1060**. Disponível em: <<http://www.americaacos.com.br/produtos2.php?id=MTUx>>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- ATF National tracing center. ATF Guide to Illegal Firearms Trafficking Investigations, Section 2, Serial Number Removal Definitions and Codes. **Center Publication**, p. 11–19, Department of Justice, USA, 1999.
- BOSH. **Ferramenta para brocagem de peças**. Disponível em: <[www.bosch-professional.com/br/pt/products/gbm-13-re-06011A50E0](http://www.bosch-professional.com/br/pt/products/gbm-13-re-06011A50E0)>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- CALLISTER JR, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CARVALHO, H. B. **Magnetômetro a Efeito Kerr e o filme fino de Co/Si**. 2002. 77 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Física Gleb Wataghin. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- EDISON Tech Center. **Magnetic Recording**. Disponível em: <[www.edisontechcenter.org/MagRec.htm](http://www.edisontechcenter.org/MagRec.htm)>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- CHISUM, W. J. A. Catalitic Process for Restoration of Serial Numbers on Aluminum. **Forensic Science Society**, v. 6, n. 2, p. 89, 1963. [https://doi:10.1016/s0015-7368\(66\)70315-6](https://doi:10.1016/s0015-7368(66)70315-6).
- EDUCAR Brasil. **Processos de gravação**. Disponível em: <[www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/2392.pdf](http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/2392.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- COPPERMETAL. **Composição química do alumínio 7075 – T651**. Disponível em: <[www.coppermetal.com.br/pdf/aluminio/info-tec-copp\\_alumi7075.pdf](http://www.coppermetal.com.br/pdf/aluminio/info-tec-copp_alumi7075.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- DIETER, G. E. **Mechanical Metallurgy**. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1988.

DEPARTMENT Of forensic science. **Firearm/Toolmark Training Manual. Physical Evidence Program Manager, Revision 3**. Virgínia, USA, 2016. Disponível em:<<https://www.dfs.virginia.gov/wp-content/uploads/2016/08/240-D200-FX-TM-Training-Manual.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

EDMAR M. N. **Estrutura da Matéria I**. 2006. 7 f. (Apostila). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Boletim do Exército. **Portaria nº 01, de 04 de fevereiro de 2000**, –DMB - Aprova as normas que regulam a marcação de armas de fogo. Disponível em:<<http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/copiar.php?codarquivo=474&act=bre>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Boletim do Exército. **Portaria nº 22, de 29 de setembro de 2005**, –DMB – Aprova as normas que regulam a marcação de armas de fogo. Disponível em:<<http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/copiar.php?codarquivo=509&act=bre>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Boletim do Exército. **Portaria nº 14, de 04 de novembro de 2005**, –D Log – Aprova as Normas Reguladoras para Definição de Dispositivos de Segurança e Identificação das Armas de Fogo Fabricadas no País ou Importadas.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Boletim do Exército. **Portaria nº 07, de 05 de maio de 2006**, –D Log – Normas Reguladoras para Definição de Dispositivos de Segurança e Identificação das Armas de Fogo Fabricadas no País, Exportadas ou Importadas. Disponível em:<<http://www.dfpc.eb.mil.br/index.php/publicacoes/category/89-comando-logisgicocolog?download=532:portaria-007-dlog-28-ab-r06&start=100>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

FREIRE, F.; ALMEIDA JR, A. R. **Ajustagem e Usinagem**. 2003. 49 f. (Apostila). Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, CIMATEC, Salvador, 2003.

GRANT, R. G. *et al.* **Armas - Uma História Visual de Armas e Armaduras**. 1. ed. São Paulo: LaFonte, 2012.

HENRIQUES, P. C. F.; CARNEVAL, R. O. **Ensaio Não Destrutivo por Correntes Parasitas – Parte 1**. 44 f. (Apostila), PETROBRAS, 1994.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

LUZ, G. **Aço SAE 1090 Propriedades Mecânicas e Composição Química**. Disponível em:<[www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1090-propriedades-mecanicas.html](http://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1090-propriedades-mecanicas.html)>. Acesso em: 15 jan. 2019.

INSTITUTO dos advogados Mato-grossenses. **Identificação posterior de numeração pela perícia não afasta crime de porte de arma de uso restrito**. Disponível em:<<http://iamat.org.br/identificacao-posterior-de-numeracao-pela-pericia-nao-afasta-crime-de-porte-de-arma-de-uso-restrito>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

LIM, J. *et al.* Application of a NDI Method Using Magneto-Optical Film for Micro-Cracks. **KSME International Journal**, v. 16, n. 5, p. 591-598, 2002.

KUPPUSWAMY, R. Metallographic Etching of Aluminium and Its Alloys for Restoration of Obliterated Marks in Forensic Science Practice and Investigations. *In: Aluminium Alloys, Theory and Applications*. Disponível em: <[https://www.intechopen.com/books/aluminium-alloys-theory-and-applications/metallographic-etching-of-aluminium-and-its-alloys-for-restoration-of-obliterated-marks-in-forensic->](https://www.intechopen.com/books/aluminium-alloys-theory-and-applications/metallographic-etching-of-aluminium-and-its-alloys-for-restoration-of-obliterated-marks-in-forensic-). Acesso em: 25 jan. 2019. DOI: 10.5772/15693

LIMA, M. G. B., **Visualização Magneto-Óptico Para Caracterizar Gravações Alfa Numéricas Adulteradas em Chapas Metálicas**. 2016. 90 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

LIMA, M. G. B. **Estudo de Técnicas Não Destrutivas na Recuperação de Marcações Adulteradas em Chapas Metálicas**. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MAIDEN N.R. Serial Number Restoration: Firearm. *In: Wiley Encyclopedia of Forensic Science*, 2009. <https://doi.org/10.1002/9780470061589.fsa347>

MATTHEWS, J. H. **Fire arms identification Part I**. Madison: University of Wisconsin Press, USA, 1962.

NOVOTNÝ P.; SAJDL P.; MACHÁČ P. A magneto-optic imager for NDT applications. *NDT & E International*, v. 37, n. 8, p. 645-649, 2004. DOI: 10.1016/j.ndteint.2004.05.002

PINHEIRO, F.; SAMPAIO, L.C. **Introdução à Magneto-Ótica – Uma Abordagem Microscópica**. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/~labmag/faraday.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

POLÍCIA Científica do Paraná. **Relatório Sobre Uso da Tecnologia Polirraider e Magraider na Análise das Adulterações de Gravações em Superfícies Metálicas e Ligas Metálicas em Veículos a Motor, Armas de Fogo e na Recuperação dos dados das marcações Primárias Destruidas por Desbastamento**. Instituto de Criminalística, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.gurteq.com/DOWNLOAD/RELATORIO%20ANTICLON%20ICAB%20PARAN A.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003** – Estatuto do Desarmamento - Dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, sobre o Sistema Nacional de Armas – Sinarm. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 dez. 2003.

QI J.; WANG K. L.; ZHU Y. M. A study on the laser marking process of stainless steel. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 139, p. 273-276, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00234-6](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00234-6)

RICHA, L. K., GUPTA, A. K.; MISHRA, M. K. Development of new reagent for restoration of erased serial number on metal plates. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, v. 3, p. 26-34, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2012.11.004>

RIO Inox soluções em aço inox. **Composição química do aço inoxidável AISI 304**. Disponível em: <[www.rioinox.com/index\\_arquivos/tubos](http://www.rioinox.com/index_arquivos/tubos)>. Acesso em: 25 jan. 2019.

RTI International. Performance Evaluation and Utility Assessment of Magneto -Optical Sensor Technology for Detecting and Visualizing Obliterated Serial Numbers in Firearms. **Forensic Technology Center of Excellence**, Department of Justice, USA, 2014.

SANTOS. C. A. **Propriedades Magnéticas da Matéria 2**. 2016. 40 f. (Apostila). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2016.

SILVA, G. M. **Magnetômetro Baseado em Efeito Kerr Magnético-Óptico**. 2013. 22f. Relatório Final – F530 Instrumentação, Instituto de Física Gleb Wataghin. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <[https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F530\\_F590\\_F690\\_F895/F530\\_F590\\_F690\\_F895\\_2013\\_sem1/GabrielM\\_Iikawa\\_RF2\\_F530.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F530_F590_F690_F895/F530_F590_F690_F895_2013_sem1/GabrielM_Iikawa_RF2_F530.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2019.

SILVA L., SANTOS, P. A. M. Recovering obliterated laser engraved serial numbers in firearms. **Forensic Science International**, v. 179, p. 63-66, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.05.012>

SIMONSEN, R. **Processos com Máquinas Convencionais – Operações**. 1999. 140 f. (Apostila) Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, São Paulo, 1999.

STAUFFER, E.; BONFANTI, M. S. **Forensic Investigation of Stolen-Recovered and Others Crime-Related Vehicles**. 1. ed. Elsevier: Academic Press, 2006. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-088486-5.X5030-3>

SUPER Interessante. **Redação Mundo Estranho**. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-e-a-origem-das-armas-de-fogo>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

TOCHETTO, D. **Balística Forense**, 8. ed. Campinas, Millennium Editora, 2016.

WEIMAR, B.; HERRMANN, D. A simple Magneto-Optical Method for the Restoration of Erased Markings in Metals. **Forensic Science International**, v. 207, p. 119-121, 2011. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.09.015

WHITE, M. R.; KELLER, R. R. Restoration of firearm serial numbers with electron backscatter diffraction (EBSD). **Forensic Science International**, v. 249, p. 266-270, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.02.003>