



XXIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia  
Mecânica 12 a 16 de junho de 2023,  
Goiânia, Goiás, Brasil

## ESTUDO DA ZONA DE ENCRUAMENTO NA ESTAMPAGEM DO NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR

Bruno da Silva de Paiva, [bruno0paiva22@gmail.com](mailto:bruno0paiva22@gmail.com)<sup>1</sup>  
Danilo de Castro Simões, [danioloengmec@gmail.com](mailto:danioloengmec@gmail.com)<sup>2</sup>  
Marília Garcia Diniz, [mgarciadiniz@gmail.com](mailto:mgarciadiniz@gmail.com)<sup>2</sup>  
Douglas Santos Rodrigues Ferreira, [douglas.ferreira@ifrj.edu.br](mailto:douglas.ferreira@ifrj.edu.br)<sup>1</sup>  
Renato Pereira de Freitas, [renato.freitas@ifrj.edu.br](mailto:renato.freitas@ifrj.edu.br)<sup>1</sup>  
André Rocha Pimenta, [andre.pimenta@ifrj.edu.br](mailto:andre.pimenta@ifrj.edu.br)<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional – LISCOMP, Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ, Rua Sebastião Lacerda, s/nº, centro, Paracambi – RJ, Brasil,

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPG-EM, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UFRJ, Rua Fonseca Teles, 121, São Cristovão, Rio de Janeiro – RJ, Brasil,

**Resumo.** *Visando aumentar a taxa de sucesso em perícias policiais na adulteração do número de identificação veicular (NIV), foi testado diferentes forças de marcação no momento da estampagem (2 a 8 toneladas) observando a profundidade que cada carga proporciona para o chassi de veículos. Após a preparação metalográfica da seção transversal, foram utilizadas as técnicas de caracterização por: microscopia eletrônica de varredura (MEV) na finalidade de identificar a influência dos efeitos da deformação plástica na geometria dos grãos; microscopia ótica (MO) para observar a espessura da zona encruada, composta pelos grão deformados; somados ao ensaio de microdureza Vickers que foi utilizado para identificar a espessura da zona de encruamento pelo esperado aumento de dureza da mesma. Observou-se que a técnica de microdureza obteve resultados inconclusivos acerca da profundidade de encruamento. As imagens em MEV identificaram o alongamento dos grãos. Usando as imagens de MO foi possível estabelecer uma relação entre a força de marcação e o aumento da profundidade da região de encruamento. Os resultados apontam para a necessidade de aumentar a profundidade mínima de marcação dos chassis dos veículos, atualmente em 0,2mm, com o objetivo de melhorar a eficácia das perícias automotivas.*

**Palavras chave:** *Adulteração. Veículos. Encruamento. Estampagem. Perícia.*

**Abstract.** *Aiming to increase the success rate in police investigations in tampering with the vehicle identification number (VIN), different marking forces were tested at the time of stamping (2 to 8 tons) observing the depth that each load provides for the vehicle chassis. After metallographic preparation of the cross section, characterization techniques were used: scanning electron microscopy (SEM) in order to identify the influence of plastic deformation effects on grain geometry; optical microscopy (OM) to observe the thickness of the hardened zone, composed of deformed grains; added to the Vickers microhardness test, which was used to identify the thickness of the hardening zone due to the expected increase in its hardness. It was observed that the microhardness technique obtained inconclusive results regarding the work hardening depth. SEM images identified grain elongation. Using the MO images, it was possible to establish a relationship between the marking force and the increase in the depth of the hardened region. The results point to the need to increase the minimum depth of marking of vehicle chassis, currently at 0.2mm, with the aim of improving the effectiveness of automotive expertise.*

**Keywords:** *Adulteration. Vehicles. Hardening. Stamping. Expertise.*

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE, no Brasil existem mais de 59 milhões de automóveis registrados. Contabilizando veículos especiais, como caminhões, ônibus e motocicletas, o número ultrapassa 100 milhões de veículos (SENATRAN - 2022). A partir da década de 80, a individualização e o controle de veículos são feitos pelo Número de Identificação Veicular (NIV),

regulamentado pela norma ABNT 6066/80 (ABNT, 2001). A maioria das montadoras realizam a marcação do NIV por estampagem, devendo conter profundidade mínima de 0,2 mm, valor estipulado pela norma.

O crime conhecido por clonagem de carros visa remover a marcação original de um veículo oriundo de atividade criminosa e remarcar um novo número de identificação pertencente à um veículo sem problemas, regularizando o veículo roubado. A região da marcação é deformada plasticamente durante a estampagem dos caracteres, gerando uma região encruada abaixo da marcação visível. Essa região encruada possibilita os agentes de segurança a realizarem a pericia no veículo roubado, com a utilização de reagentes químicos que interagem nessa região deformada plasticamente, revelando a marcação original que foi removida do veículo (Zaiáli et al., 2007; Baharum et al., 2008; Song, et al., 2015)

De janeiro a agosto de 2022, mais de 11 mil veículos foram furtados no estado do Rio de Janeiro, estado onde este trabalho foi realizado (Diário do Rio, 2022). A DRFA (Delegacia de Roubo e Furto de Automóveis) em conjunto com a polícia civil realizam trabalhos de inteligência com a finalidade de interceptar organizações criminosas e diminuir a prática de clonagem de veículos no estado. A importância de estudos para aprimorar técnicas em perícias forenses no âmbito de adulteração da identificação de veículos se faz necessário, visando a segurança pública e a diminuição de danos causados, pelo crime organizado, à população.

A utilização de reagentes químicos é conhecida por ser a técnica mais eficaz e com melhor desempenho em revelar números de identificação veicular adulterados (Baharum et al, 2008). Por conta da eficiência da técnica, é um campo constantemente estudado para descobrir e melhorar reagentes já utilizados. Para estudar a eficiência de novos reagentes, variáveis como profundidade de gravação na chapa de aço, liga do material e profundidade de remoção do material no momento da adulteração são levados em consideração (Kuppuswamy, 2011). Cecere realizou estudos visando adicionar a identificação por nanotecnologia (micropontos) com a finalidade de aumentar a rastreabilidade de veículos no país (Cecere, 2010). Gomes submeteu regiões próximas e distantes da marcação no número de identificação veicular a ensaio de microdureza Vickers, concluindo que próximo a marcação há um aumento significativo de dureza (Gomes, 2016)

O objetivo deste trabalho foi estudar o tamanho da região encruada a partir de diferentes forças e profundidades de estampagem realizadas no chassi de veículos, tendo em vista a direta relação entre a profundidade removida no momento da adulteração com o sucesso da pericia policial.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para simular o chassi de veículos, foi utilizado uma chapa de aço SAE 1020 com 4mm de espessura. A chapa de aço foi marcada com o número 3 através do punção com o sistema de guia mostrado na Fig. 1a. Após a gravação, a chapa é cortada para o embutimento. A Fig. 1b indica onde o corte foi realizado e a Fig. 1c apresenta a amostra após o embutimento metalográfico. Em seguida, as amostras foram lixadas e polidas para análise microscópica. A preparação foi feita igualmente para todas as amostras. Com o corpo de prova devidamente polido, foi realizado o ataque químico com reagente Nital 3% tendo a finalidade de revelar as microestruturas presentes no material.

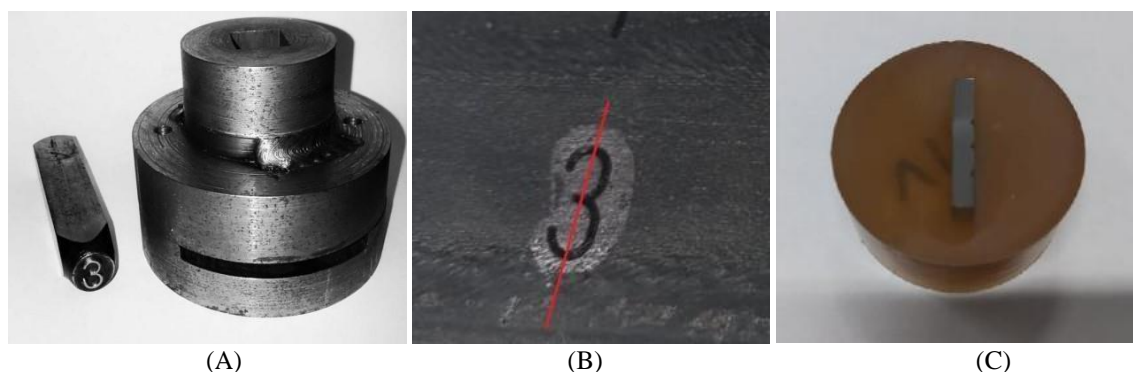


Figura 1. Preparação dos corpos de prova para análise microscópica. (A) Punção e sistema de guia utilizado na marcação. (B) Marcação feita pelo punção, reta vermelha indicando onde a amostra foi cortada. (C) Seção transversal após embutimento, lixamento e polimento.

As amostras foram marcadas com 8 diferentes cargas, variando de 1 a 8 toneladas. Para estudar a zona deformada plasticamente, as amostras foram submetidas a 3 técnicas: microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia ótica e microdureza Vickers. As análises com microscópio ótico possuíram como objetivo medir a profundidade da zona de encruamento. Já a análise com MEV foi utilizada para identificar os efeitos do encruamento na geometria dos grãos. Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de microdureza Vickers segundo os procedimentos da norma NBR 6508-1 (ABNT, 2008) para identificar o aumento de dureza nas regiões deformadas, devido ao encruamento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No gráfico da Fig. 2, é apresentado uma relação entre as amostras marcadas de 1 a 8 toneladas, variando de 1 em 1 tonelada, e suas respectivas profundidades de marcação gerada pelo punção. É possível observar que ao aumentar a carga para realizar a gravação do caractere, a profundidade da marcação aumenta. As medições das profundidades foram realizadas em 3 posições distintas nas amostras com a utilização do microscópio ótico. As amostras marcadas com 1, 4 e 8 toneladas, devido a posição de corte, permitiram apenas a medição em 2 posições. Segundo a norma ABNT 6066/80 (2011) a profundidade do número de identificação veicular deve ser de no mínimo 0,2 mm, e essa profundidade é atingida ao utilizar uma carga de 3 toneladas.

As figuras 3a e 3b apresentam as imagens realizadas por microscopia ótica para medição da profundidade. As imagens foram realizadas utilizando uma objetiva de 20x para melhor visualização da geometria dos grãos nas amostras. Devido a ampliação da objetiva, o campo de visão não era suficiente para demonstrar toda a região deformada, sendo necessário a utilização do recurso mosaico. Tal recurso soma três imagens capturas ao longo da amostra para melhor visualização de um grande campo visual com uma grande ampliação. A figura 4 apresenta uma demonstração do recurso mosaico sendo gerado, os quadrados vermelho, verde e azul são 3 diferentes campos capturados, o programa do microscópio une as 3 imagens capturadas formando uma única imagem. Uma linha vermelha foi adicionada para marcar o final da zona de deformação e posteriormente, essa distância entre o final da marcação e o final da zona deformada foram medidas, revelando a profundidade da zona de encruamento. O procedimento de medição foi realizado pelo programa ImageJ. As medições foram realizadas em dois pontos, os resultados são indicados no gráfico da Fig. 5 por triângulos azul e laranja. Nota-se que com maiores profundidades de marcação, a zona deformada plasticamente aumenta.

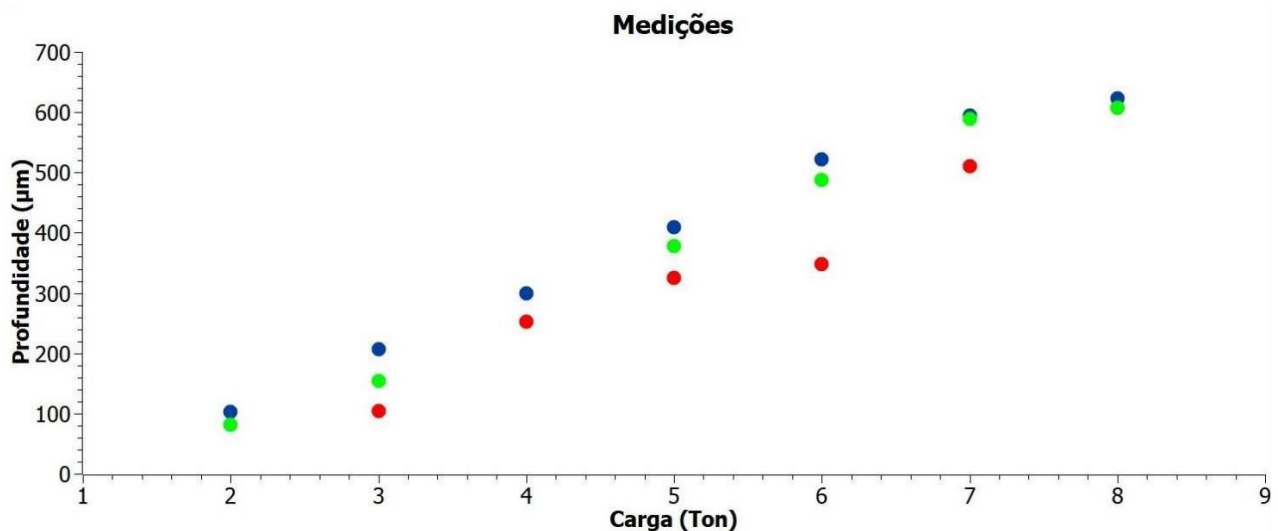
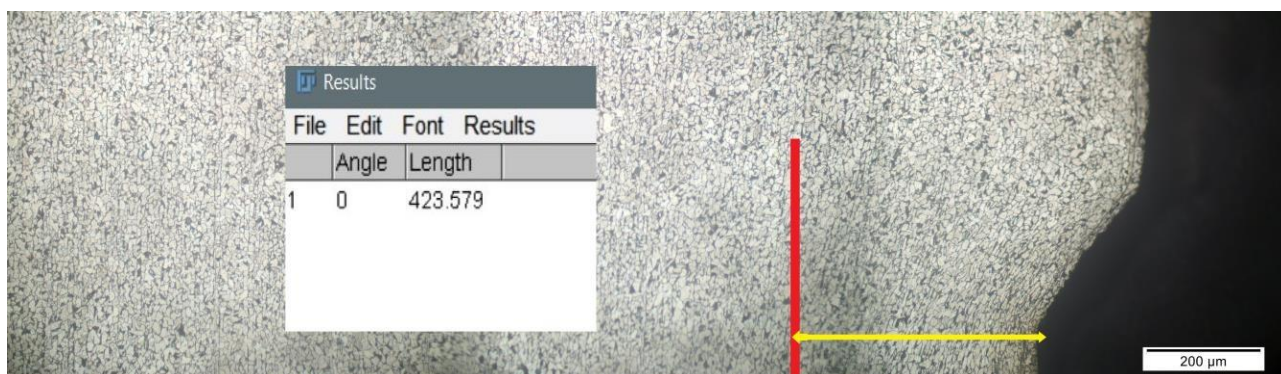


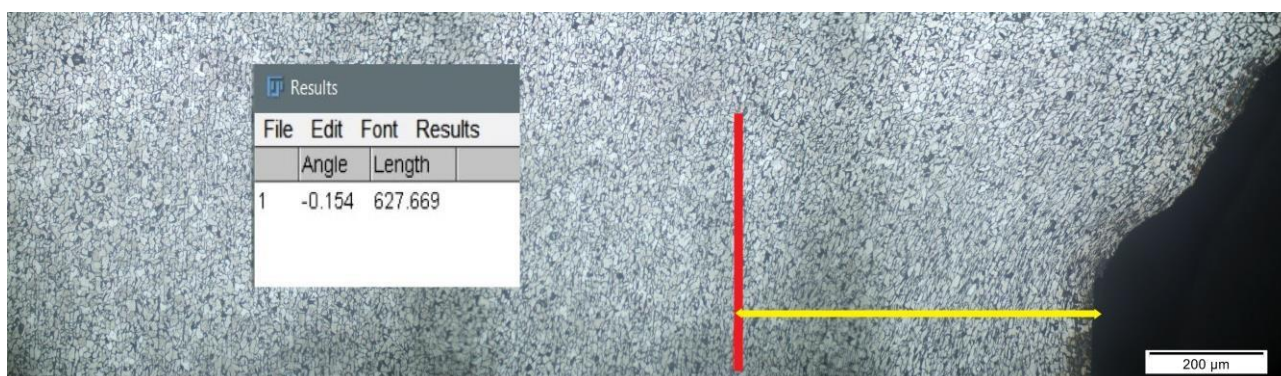
Figura 2. Gráfico das profundidades de marcação provocado por cada carga

As figuras 6a e 6b apresentam as imagens feitas com microscópio eletrônico de varredura na amostras marcadas com 7 toneladas. Com exceção do corpo de prova marcado com 1 tonelada, que não foi possível visualizar a região deformada plasticamente, todas as outras amostras demonstraram comportamento similar. A Fig. 6a demonstra uma região afastada da marcação, revelando uma microestrutura composta de grãos exiaxiais de ferrita e perlita, estruturas normalmente encontradas em aços SAE 1020. A Fig. 6b demonstra a região próxima ao local da marcação, sendo de fácil observação a deformação dos grãos, que se apresentam alongados em direção paralela ao fundo da marcação.

O ensaio de microdureza Vickers foi realizado nas amostras marcadas com 2, 3, 6 e 8 toneladas, os resultados são apresentados na figura 7. As amostras de 3 e 8 toneladas apresentaram uma curva indicando um aumento da dureza próximo a marcação. Entretanto, ao observar as curvas das amostras marcadas com 2 e 6 toneladas, não é possível identificar uma diferença significativa no valor de dureza ao longo da região que foi medida. A região submetida ao ensaio de microdureza Vickers é representada na figura 4, indicada pela seta amarela.



(A)



(B)

Figura 3. Região de encruamento causada pela marcação. A seta amarela indica a cotagem realizada pelo programa ImageJ. (A) Peça marcada com 4 toneladas. (B) Peça marcada com 6 toneladas.

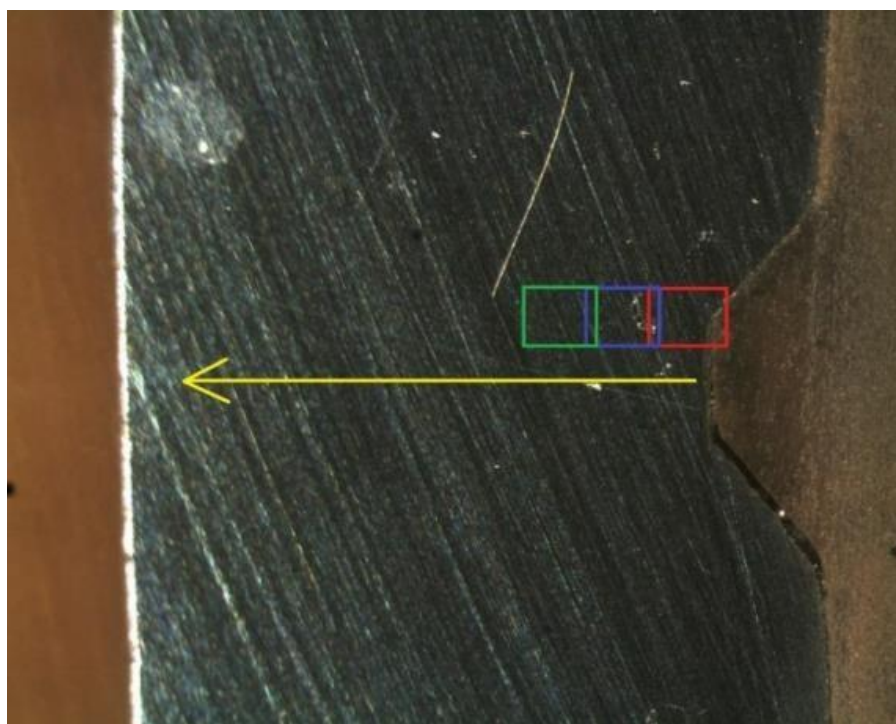


Figura 4. Quadrados vermelho, azul e verde representando regiões capturadas para formação do recurso mosaico. Seta amarela indica o perfil de microdureza realizado.

No âmbito da profundidade da zona de encruamento atingida por cada carga, no gráfico da figura 5, é observado que uma marcação de 0,2mm de profundidade possui uma zona deformada plasticamente abaixo da marcação de mais 0,2 mm de profundidade. No momento da adulteração, a marcação visível é removida, sobrando apenas 0,2 mm da região deformada plasticamente. Caso essa região também seja removida, totalizando uma remoção de 0,4 mm de material, os agentes de segurança não terão sucesso na perícia. Já utilizando uma carga de 6 toneladas, seria gerado uma zona de encruamento com profundidade de 0,65 mm, adicionado a profundidade de marcação com aproximadamente 0,45 mm. Portanto, seria necessário remover 1,10 mm de material no momento da adulteração para remover a região de encruamento do NIV, e impedir a perícia. Tal remoção seria de fácil observação sem a utilização de equipamentos, permitindo a constatação acerca da adulteração do veículo.

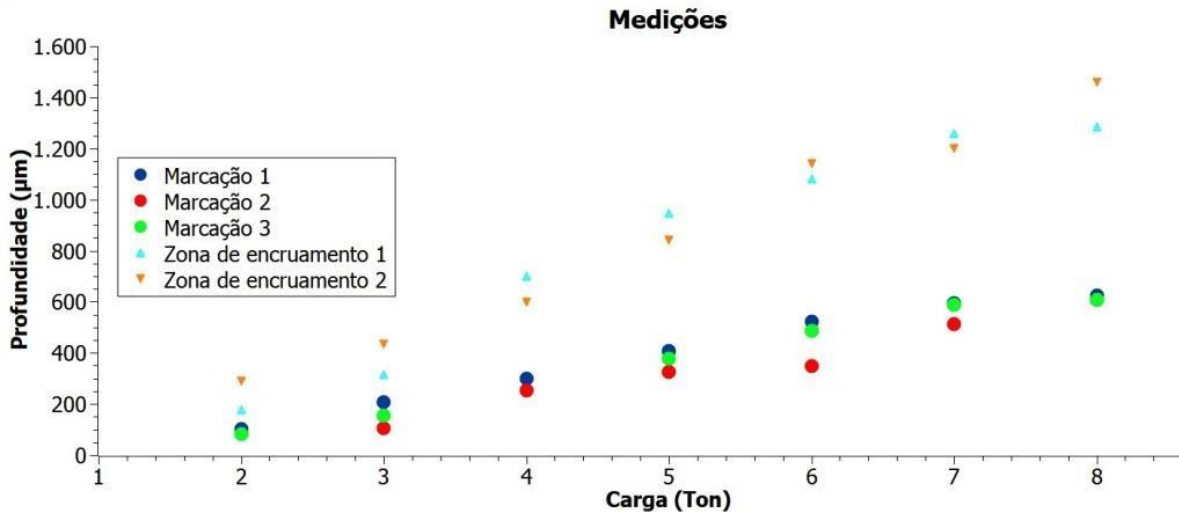


Figura 5. Gráfico indicando a profundidade das marcações e a região de encruamento medida pela técnica de microscopia.

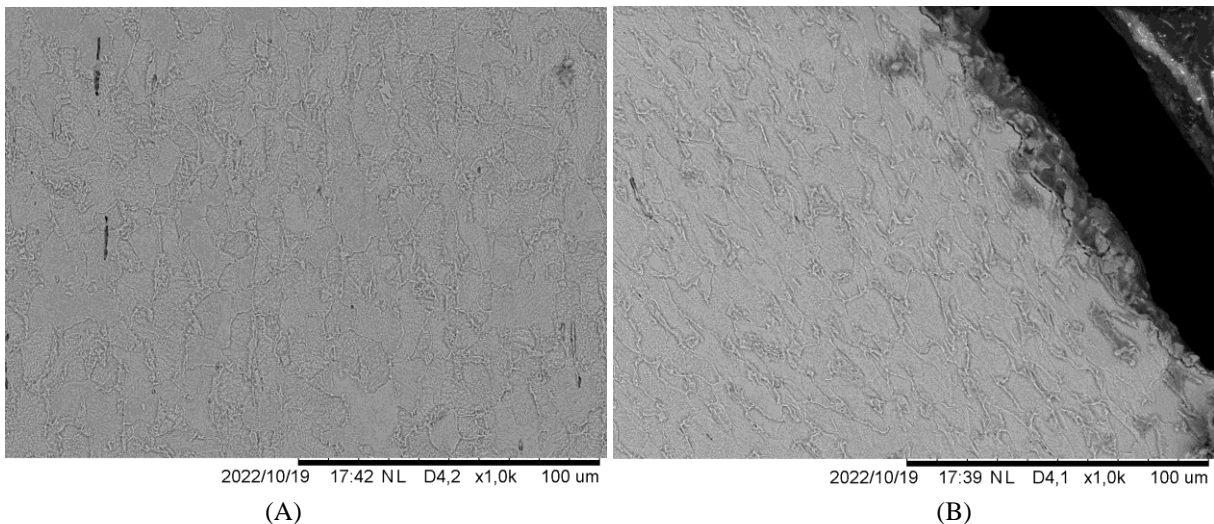


Figura 6. Imagens em MEV, ataque Nital 3%. (A) Região afastada da marcação. (B) Região próxima a marcação.

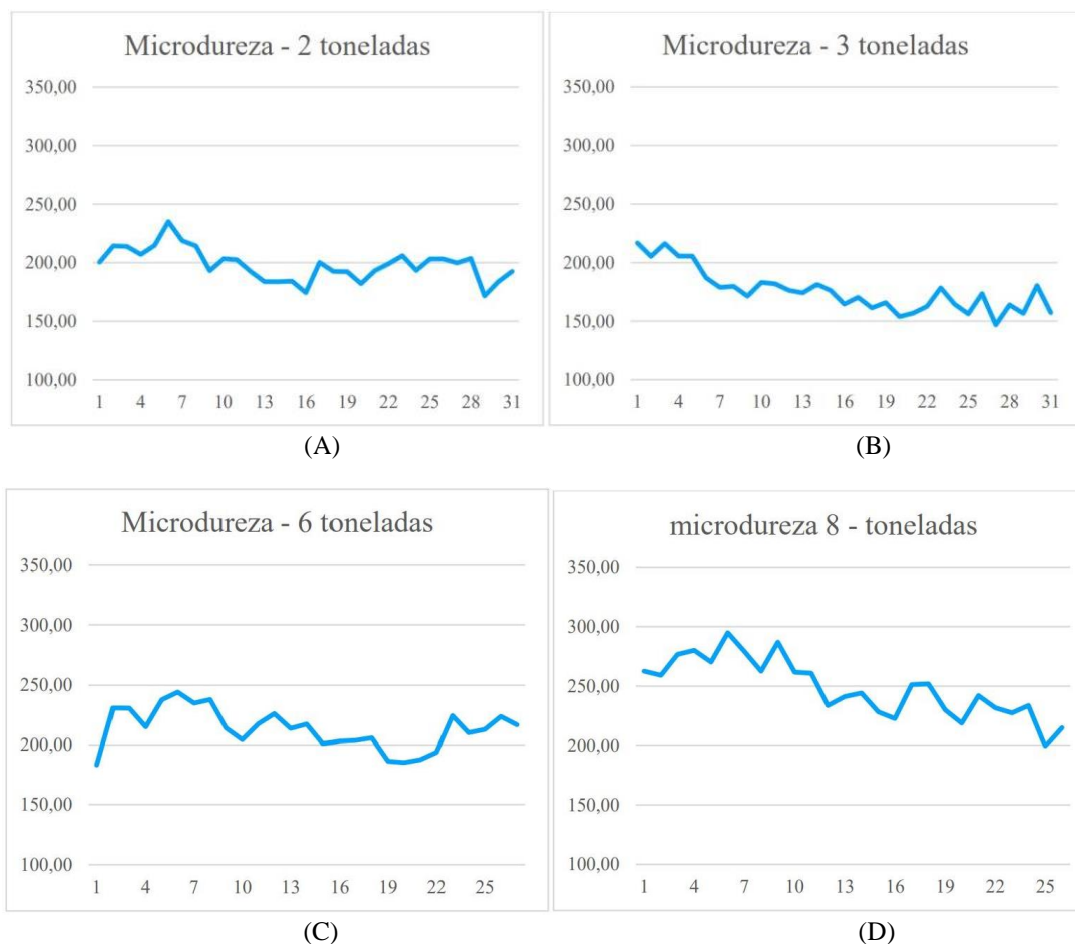


Figura 7. Gráfico dos perfis de microdureza Vickers.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou os efeitos da marcação de corpos de prova simulando a fabricação de chassis de carro utilizando diferentes forças. Os resultados permitem concluir que:

- Conforme a carga utilizada para realizar a marcação aumenta, a região deformada plasticamente também apresenta um aumento.
- As técnicas de microscopia eletrônica de varredura e microscopia ótica foram eficientes para caracterizar o tamanho da zona de encruamento das amostras marcadas.
- A técnica de microdureza Vickers não apresentou resultados coerentes nos testes realizados, logo a técnica foi ineficiente para caracterizar a zona de encruamento.
- É recomendado a intensificação dos estudos neste cenário, visando a utilização de outras técnicas de caracterização microestrutural para confirmação dos resultados.

#### 3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os suportes financeiros concedidos pelos projetos FAPERJ (E-26/290.036/2021) e IFRJ (Edital Prociencia 2021). E as bolsas de Iniciação Científica concedidas pela FAPERJ (E26-205.139/2022).

#### 4. REFERÊNCIAS

- ABNT, 2001. *NBR 6066 Veículos rodoviários – número de identificação veicular (VIN)*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Baharum, M.I.M., Kuppuswamy, R. e Rahman, A.A., 2008. “Recovering obliterated engraved markson aluminium surfaces by etching technique”. *Forensic Science International*, Vol. 177, n. 2–3, p. 221–27.
- Cecere, A.V., 2010. *Estudo de medidas para a melhoria da identificação veicular no Brasil*. Dissertação de Mestrado,

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Diário do Rio, 2022. “Mais de 11 mil veículos foram furtados no Estado do Rio de Janeiro este ano”. Diário do Rio <<https://diariodorio.com/mais-de-11-mil-veiculos-foram-furtados-no-estado-do-rio-de-janeiro-este-ano/>>

Gomes, D.L., 2016. *Avaliação do grau de encruamento por cunhagem a frio através de microdureza Vickers*. Monografia de Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Kuppuswamy, R., 2011. “Metallographic etching of aluminium and its alloys for restoration of obliterated marks in forensic science practice and investigations”. In: Kvacakaj, T. *Aluminium alloys, theory and applications*. IntechOpen, London.

Song, Q., 2015. “Restoration of obliterated engraved marks on steel surface by chemical etching reagent”. *Forensic Science International*, Vol. 250, p. 33-36.

SENATRAN, 2022. “Frota de Veículos 2022”. 20 Dez. 2022 <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2022>>

Zaili, M.A.M., Kuppuswamy, R. e Harun, H., 2007. “Restoration of engraved marks on steel surfaces by etching technique”. *Forensic Science International*, Vol. 171, n.1, p. 27-32.

## **5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES**

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.