

## **Caracterização do aço 22MnB5, utilizado na indústria automobilística**

Caique Honorio<sup>1</sup>; 0000-0001-5750-7548  
Mauro Ramos<sup>1</sup>; 0009-0000-1523-1715  
Nicoli de Oliveira<sup>1</sup>; 0000-0003-3151-4605  
Rebeca Nascimento<sup>1</sup>; 0009-0006-6469-6547  
Ricardo Wagner dos Santos<sup>1</sup>; 0009-0003-6474-1588  
Sandro Rosa Corrêa<sup>2</sup>; 0000-0001-8973-2002

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[caiquerodriguez93@hotmail.com](mailto:caiquerodriguez93@hotmail.com)

2 – CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Itaguaí, RJ.

**Resumo:** Os aços 22MnB5 é utilizado em aplicações na indústria automobilística em regiões onde se requer condições de estampabilidade e resistência mecânica para proteção dos ocupantes. Neste presente estudo teve como objetivo caracterizar a microestrutura do aço 22MnB5 recebido na condição de estampado, por meio de técnicas metalográficas convencionais e avançadas, a fim de compreender as interações entre os parâmetros de processamento térmico e a evolução microestrutural. A correlação entre a formação de fases e as propriedades mecânicas permitiu avaliar o impacto das condições de têmpera na performance do material. Os resultados indicaram a predominância de microestruturas martensíticas, associados a elevados valores de dureza. Essas características são decorrentes dos elementos químicos presente no aço e do processamento termomecânicos utilizados.

**Palavras-chave:** Estampagem a quente; Microestrutura; Propriedades mecânicas; Martensita.

## INTRODUÇÃO

Na vanguarda da inovação automotiva, o aço 22MnB5 desponta como um material estratégico, cuja capacidade de alcançar resistências superiores a 1500 MPa e baixo retorno elástico após estampagem a quente (*hot stamping*), o posiciona como essencial para componentes que garantem segurança veicular e eficiência energética.

CAVUSOGLU *et al.* (2020) demonstraram, por meio de análises microestruturais e mecânicas, que o resfriamento rápido ( $>27$  °C/s) após estampagem a quente é fundamental para a obtenção de uma matriz martensítica com dureza média de 480 HV e resistência superior a 1500 MPa. O estudo evidenciou também que resfriamentos lentos comprometem essas propriedades ao induzirem bainita e ferrita com dureza inferior (250–350 HV), ressaltando a importância do controle térmico no processo.

TANG *et al.* (2023) investigaram o efeito da pré-deformação no refino da martensita, mostrando que uma deformação prévia de 20% antes da estampagem melhora significativamente a resistência do aço (até 1580 MPa), devido à nucleação preferencial de martensita em sítios de alta densidade de discordâncias. Contudo, o estudo também alerta que deformações excessivas podem induzir microtrincas, comprometendo a integridade estrutural do componente.

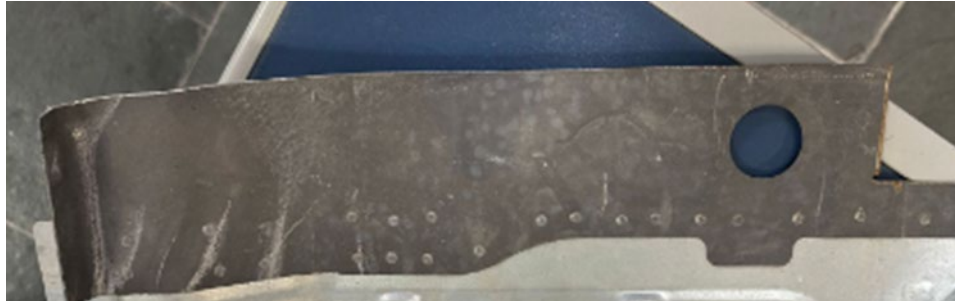
Buscou-se caracterizar uma amostra do aço 22MnB5 através da metalografia e ensaios mecânicos.

## MÉTODOS

O material avaliado neste estudo consiste em uma chapa de aço 22MnB5 com espessura nominal de 1 mm. Esse tipo de aço é amplamente empregado na indústria automotiva, especialmente em componentes estruturais de segurança, devido à sua elevada resistência mecânica obtida por meio de tratamentos térmicos, em particular a têmpera. A combinação de resistência e conformabilidade torna o 22MnB5 ideal para processos de conformação a quente, como o *hot stamping*.



Foto 1 – Peça estampada do aço 22MnB5



Fonte: Dos Autores

### ➤ **Preparação Metalográfica**

#### **Lixamento e Polimento**

A etapa de lixamento foi realizada em politriz Arotec Aropol CV, com lixas de carbeto de silício de granulometrias sucessivas (220, 320, 400, 600, 800, 1000 e 1200. O polimento final foi conduzido com pasta diamantada de granulação 1  $\mu\text{m}$  (MICRON Scientific)..

#### **Revelação da Microestrutura**

A revelação microestrutural das fases constituintes foi realizada por ataque químico utilizando solução de Nital a 3% (3% de ácido nítrico diluído em etanol). O tempo de exposição foi cuidadosamente controlado entre 5 e 10 segundos, a fim de garantir um contraste adequado entre as fases presentes.

### ➤ **Caracterização Microestrutural**

#### **Microscopia ótica (MO)**

A microscopia ótica foi utilizada como uma análise, para facilitar a distinção das fases. A análise foi feita em um microscópio ótico Olympus Gx51 equipado com câmera digital DP27, utilizando objetivas de 5x a 100x (ampliação total de 50x a 400x).

#### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

As análises microestruturais foram conduzidas em microscópio eletrônico de varredura do tipo **Hitachi TM-3000 Tabletop SEM**, em modo de elétrons secundários (SEI) com tensões de aceleração ajustáveis (5 kV ou 15 kV, com modo de alta corrente em 15 kV).

### ➤ **Análise Química**

A análise química de metais sólidos foi realizada utilizando a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica (OES) com o espectrômetro ARL 3460, Thermo Fisher Scientific. Este equipamento é amplamente reconhecido por sua precisão, estabilidade e confiabilidade na determinação da composição elementar de materiais metálicos.

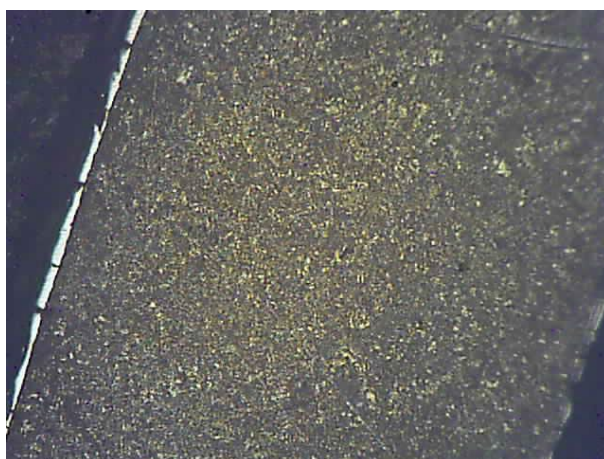
### ➤ **Ensaio de Microdureza**

Ensaios de microdureza Vickers foram realizados em microdurômetro Shimadzu HMV-G21ST, com carga de 500 gf (HV0.5) e tempo de penetração de 15 segundos. Foram realizadas 3 medições em cada condição analisada, seguindo a norma ASTM E384.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Analisando através da Microscopia Ótica (MO), a amostra, assim após o ataque químico feito com Nital 3%, foi revelado o contorno de seus grãos, conforme figura 2. O ataque atingiu áreas, predominantemente as regiões de maior energia, tais como os contornos dos grãos. Quando há presença de martensita, austenita retida e bainita, é difícil distinguir estas na análise por MO. (GAJO et al., 2025).

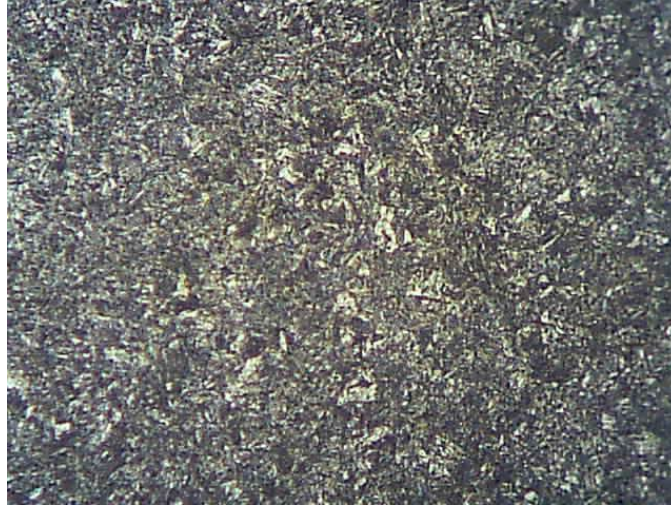
Figura 2-Micrografia Ótica – Aumentada 200x



Fonte: Dos Autores



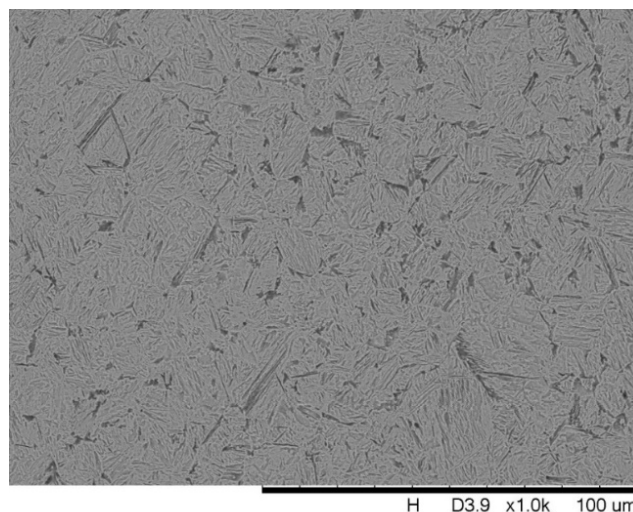
Figura 2-Micrografia Ótica – Aumentada 400x



Fonte: Dos Autores

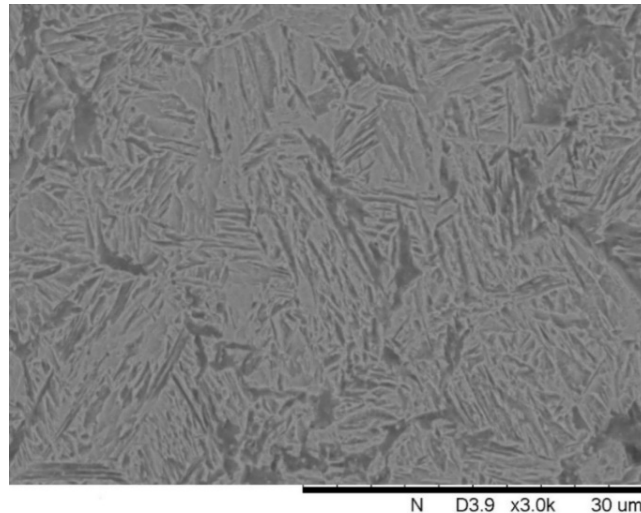
Através da análise feita no MEV, foi possível detectar a microestrutura com grãos finos disposta em múltiplas orientações, características típicas de bainita e martensita assim como mostrada nas figuras 3 e 4. A morfologia observada está semelhante com que foi descrito por Ramalho et al. (2017).

Figura 3 – Micrografia MEV



Fonte: Dos Autores

Figura 4 – Micrografia MEV



Fonte: Dos Autores

Na tabela 1 foi observado que os resultados obtidos durante a análise, atendem os parâmetros da norma DIN EN 10083-3:2006 assim como identificado na tabela 2. De acordo com a análise feita, o material apresenta composição geral dentro dos limites da norma.

Tabela 1 – Análise Química do material recebido - % em peso

22MnB5

C	Si	P	S	Al	Ni	Mn	Cr	Ti	B	Mo	Nb
0,257	0,259	0,016	0,006	0,061	0,016	1,224	0,21	0,0247	0,001	0,007	<0,005

Fonte: Dos Autores

Tabela 2- Faixa de Composição Química da Norma – DI EN 10083-3

	C	Si	P	S	Al	N	Mn	Cr	Ti	B
%min	0,21	0,15	---	---	---	---	1,10	0,10	0,015	0,0015
%max	0,25	0,40	0,023	0,010	0,080	0,010	1,35	0,25	0,045	0,0045

Fonte: Adaptado de DIN EN 10083-3:2006

A composição química observada reforça que o aço 22MnB5 atende os requisitos para conformação a quente, sobretudo devido aos teores de Mn, B e C. O manganês (1,1–1,4 wt %) e o boro (0,001–0,005 wt %) elevam a capacidade de endurecimento por têmpera,



enquanto o carbono (0,19–0,25 wt %) favorece a formação de martensita de alta resistência. (OVAKO,2025).

Nos ensaios realizados de microdureza de acordo com as normas, se obtiveram os seguintes resultados demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 – Ensaio de Microdureza

Amostra	1ª Medição (HV)	2ª Medição (HV)	3ª Medição (HV)	Média (HV)
22MnB5	458	484	513	485

Fonte: Dos Autores

Os valores na tabela indicam que o aço 22MnB5 passou por um processo de têmpera eficiente, alcançando a dureza esperada para uma estrutura martensítica. Conforme também descrito por Ramalho (2017) em sua literatura, onde os valores médios variaram entre 455 e 493 HV.

## CONCLUSÕES

No presente estudo foi possível observar que a composição química atendeu a norma DIN EN 10083-3:2006, e através da análise microestrutural foi possível observar a presença de martensita assim como os resultados de microdureza Vickers reforçaram a presença desta microestrutura. Diante disto, o material recebido após a estampagem apresenta características de aço 22MnB5.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Universitário UniFOA pela infraestrutura disponibilizada.

## REFERÊNCIAS

CAVUSOGLU, O.; ÇAVUSOGLU, O.; YILMAZOGLU, A.; ÜZEL, U.; AYDIN, H.; GÜRAL, A. Microstructural features and mechanical properties of 22MnB5 hot stamping steel in different heat treatment conditions. **Journal of Materials Research and Technology**. 9. 10.1016/j.jmrt.2020.07.043. 2020. DOI:[10.1016/j.jmrt.2020.07.043](https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.07.043) Acesso em: 21 de abril de 2025.

GAJO, T. G. et al. Caracterização microestrutural e mecânica de aço 22MnB5 para estampagem a quente soldado a laser. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 30, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/V64tDWNFpxk8fNsHYmr3XDK/#:~:text=No%20estado%20como%20processado%2C%20o,de%20600%20MPa%20%5B%206%5D>. Acesso em: 26 jun. 2025.

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE. NP EN 10083-3:2012 — Aços para têmpera e revenido — Parte 3: Condições técnicas de fornecimento de aços de liga. Lisboa: IPQ, 2012. Disponível em: [https://pt.scribd.com/document/283342782/En-10083-3-Acos-Para-Tempera-e-Revenido?utm\\_source=chatgpt.com](https://pt.scribd.com/document/283342782/En-10083-3-Acos-Para-Tempera-e-Revenido?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 25 jun. 2025.

RAMALHO, R.; LISBOA, C.; COSTA, L. D. L.; SCHAEFFER, L. Análise de microestrutura e microdureza do aço 22MnB5 estampado a quente. In **37th SENAFOR** (pp. 1–9). Porto Alegre, RS, Brasil. 2017.

TANG, Z.; GU, Z.; LI, Y.; LI, X.; YU, G.; YI, L. Study on the Effect of the Pre-Forming of 22MnB5 Steel in Indirect Hot Stamping. **Materials**. 2023, 16, 3739. <https://doi.org/10.3390/ma16103739> Acesso em: 21 de abril de 2025.

**OVAKO**. *22MnB5 – Steel Navigator*. Hofors; Imatra: Ovako, 17 jan. 2025. Disponível em:(acesso em 23 jun. 2025). – com composição química: C = 0,19–0,25 %; Mn = 1,10–1,40 %; B = 0,0008–0,0050 % [products.tatasteelnederland.com+4steelnavigator.ovako.com+4pmc.ncbi.nlm.nih.gov+4](https://products.tatasteelnederland.com+4steelnavigator.ovako.com+4pmc.ncbi.nlm.nih.gov+4).