

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E GEOMÉTRICAS DE AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PRODUZIDOS POR MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO PARA APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

Rigley Jorge Neri Corrêa Junior¹, Saymon Castro Sombra², Antonio Nascimento Silva Alves³,
Rubelmar Maia de Azevedo Cruz Neto⁴, Jaime Casanova⁵

¹ E-mail: rigleycorrea@ufam.edu.br



Secretaria de
Desenvolvimento
Econômico, Ciência,
Tecnologia e Inovação



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico



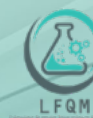
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Engenharia de Materiais



ENGENHARIA DE
FABRICAÇÃO



FAVULDADE DE
TECNOLOGIA

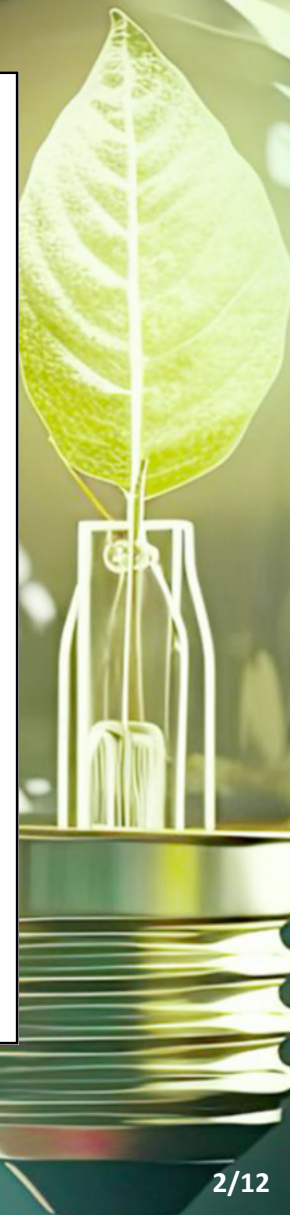
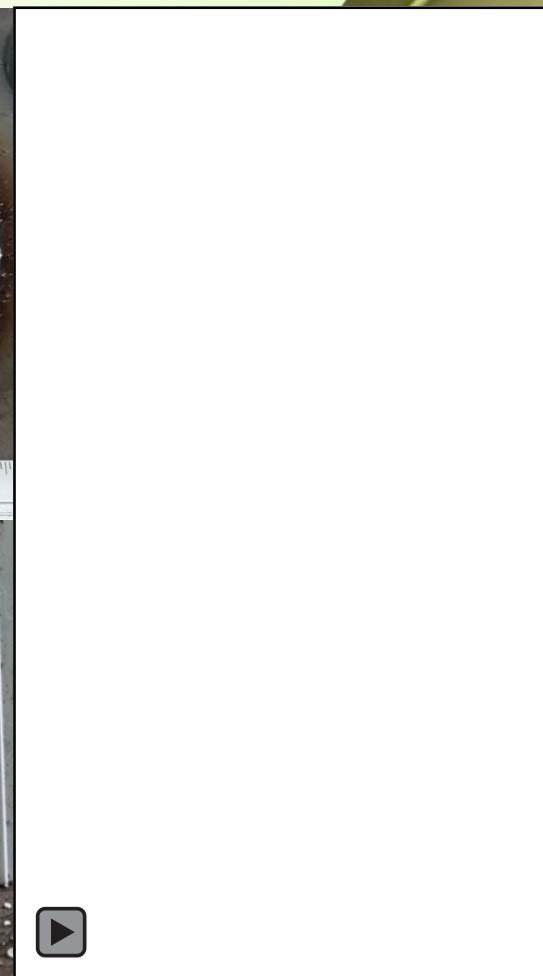


LFGM



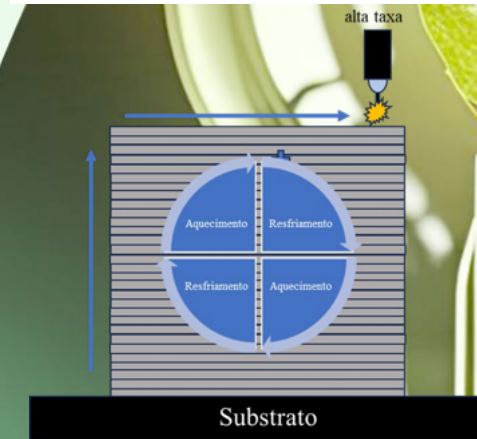
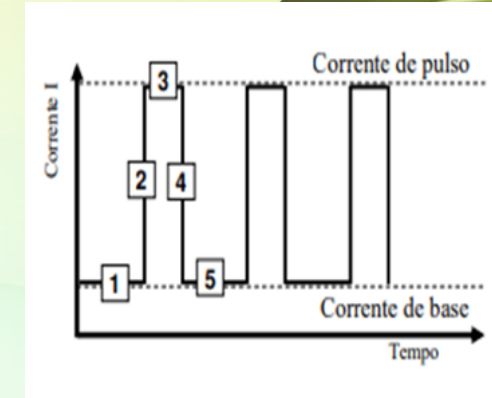
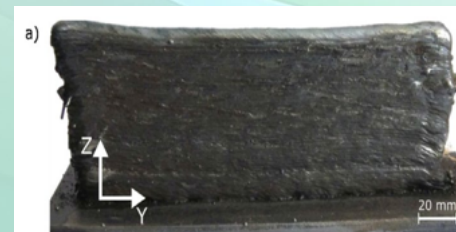
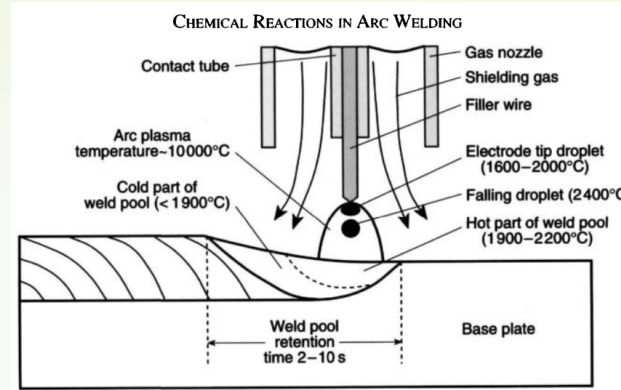
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
UNIVERSA SCIENTIA VERITAS

○ Manufatura Aditiva por Deposição a Arco Elétrico (MADA)



○ Resumo dos Pilares

- A frequência de pulsação da fonte de energia durante a transferência metálica tem influência na energia de deposição?
- A energia de deposição de material tem influência na quantidade de energia absorvida ?
- O sistema de resfriamento indireto tem influência na dimensões quantidade de energia absorvida ?



Infinitos ciclos térmicos



METODOLOGIA

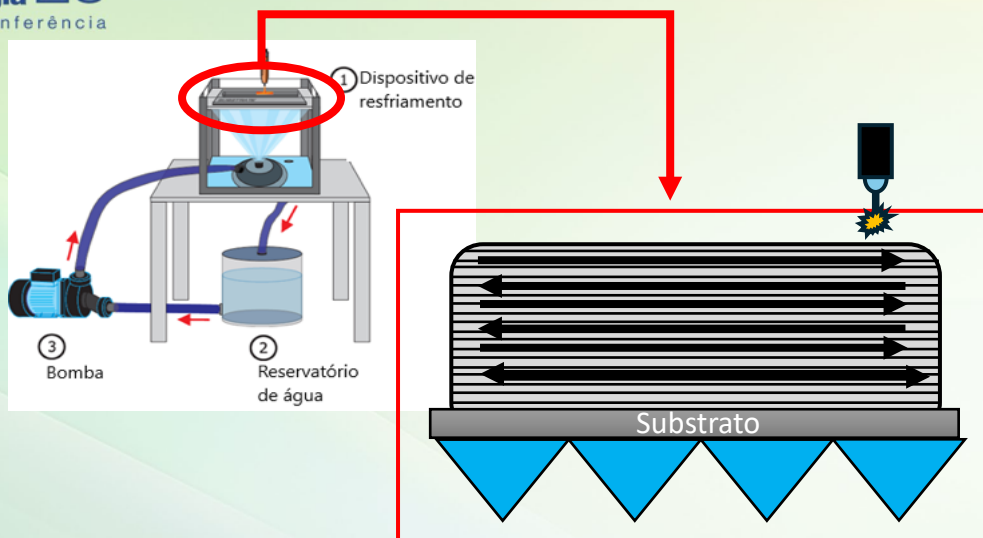


Fig 2: Esquema do sistema de resfriamento indireto à água.

- **Substrato:** 6,35 x 210 x 150 mm (aço carbono ASTM A36).
- **Arame maciço (ER110-S1)** com diâmetro de 1,2 mm.
- Parede construída por MADA.
- 30 camadas depositadas.
- 200 mm de comprimento.

Parâmetros	
Vazão de água (L/min)	6,1
Velo. de alimentação de arame (m/min)	5,5
Corrente de pico (A)	250
Corrente de base (A)	125
Tempo da corrente (ms)	0,5; 2,7 e 5
Velocidade de deposição mm/min)	5; 7.55 e 10
Vazão do gás de proteção (L/min)	15
Gás de proteção	Argônio
DBCP (mm)	11
Temp. de camada	100 °C

Tab 1: Parâmetros utilizados durante a fabricação das amostras.

METODOLOGIA

○ Delineamento de experimentos

Fatores	Símbolo	1º nível	2º nível	Central
Energia de deposição (J/mm)	A	Alta (+1)	Alta (-1)	Central (0)
Frequência de pulsação (Hz)	B	Alta (+1)	Baixa (-1)	Central (0)
Tipo de resfriamento	C	Ar	Água	-

Tab 2: Condições experimentos (energia de deposição, frequência de pulsação e tipo de resfriamento) para o processo MADA.

Amostra	Energia de deposição (J/mm)	Frequência de pulsação (Hz)	Tipo de resfriamento
CP1	406,10	1000	Ar
CP2	841,33	1000	Ar
CP3	404,94	100	Ar
CP4	902,72	100	Ar
CP5	431,63	1000	Água
CP6	937,82	1000	Água
CP7	448,13	100	Água
CP8	934,68	100	Água
CP9 (PC)*	561,44	550	Ar
CP10 (PC)*	585,88	550	Água

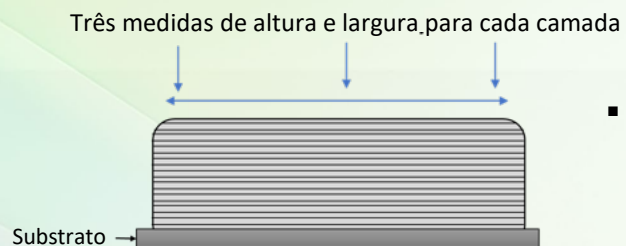
Tab 3: Fatores e níveis utilizados no planejamento experimental para o processo MADA.

- Desenvolvido um DOE com 3 fatores e 2 níveis (2 ponto centrais)

METODOLOGIA

○ Ensaios

- Geometria (altura e largura);



- Paquímetro, Res: 0,02 mm

- Ensaio de impacto Charpy V ;

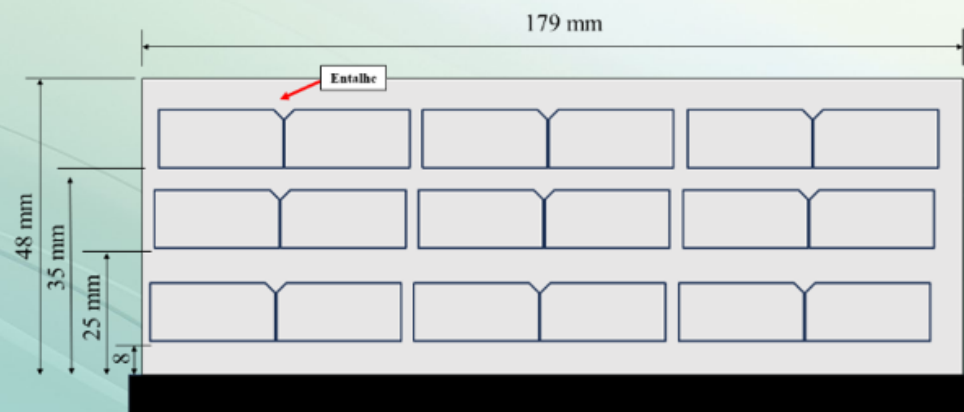


Fig 2 : Esquema da retirada dos corpos de prova Charpy V dos CPs.

- **Temperatura de teste:** -51°C
- **Tipo de amostra:** Entalhe traçado do tipo V
- **Dimensões dos corpos de prova:** 10 x 2,5 x 55 mm (largura x espessura x comprimento)
- **Norma seguida:** ASTM A 370/2020

- **Fractografias:** Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (MEV).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

○ Resultado geométrico - Altura

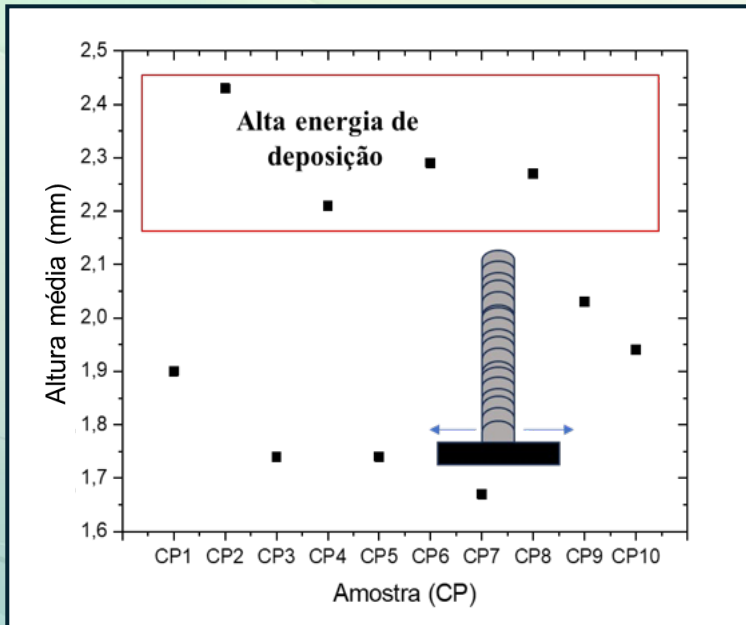


Fig 3: Altura média.

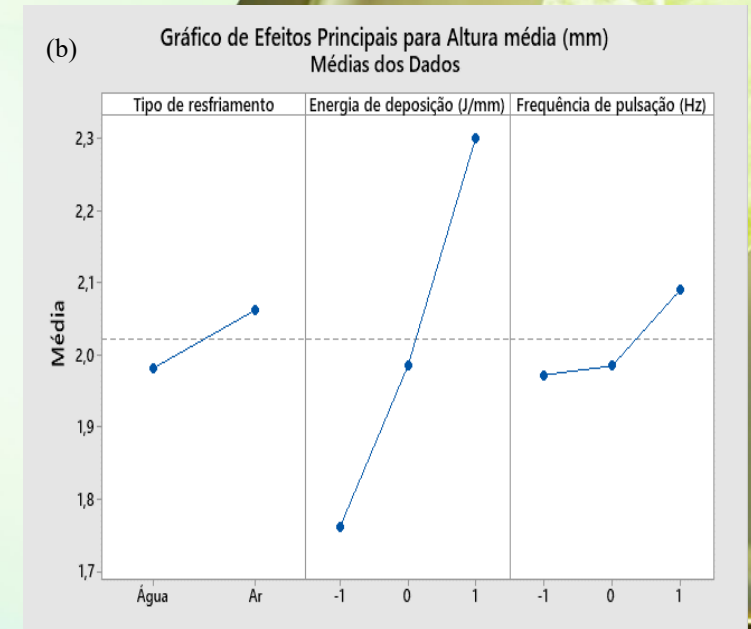
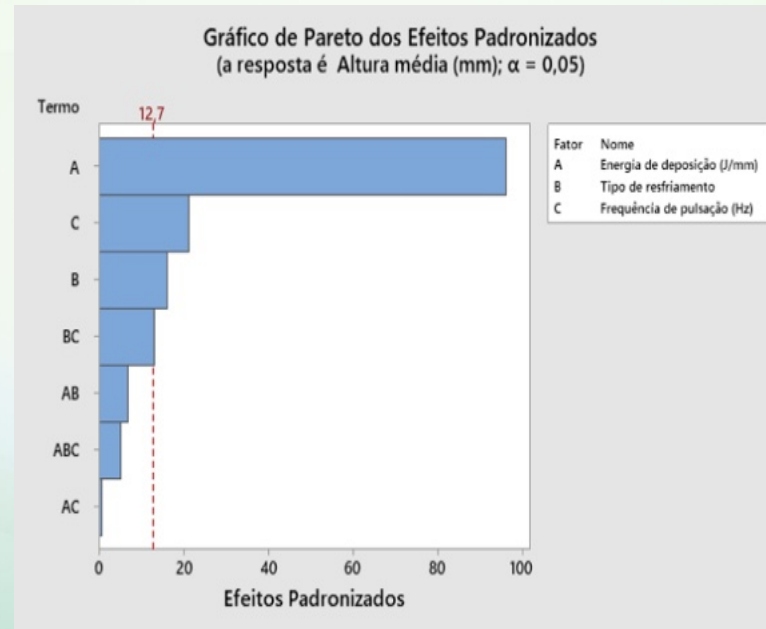


Fig 4: (a) Gráfico de Pareto e (b) Gráfico dos efeitos principais para a Altura média.

Comparar amostras de baixa e alta energia de deposição:

- CP2 é 28% maior do que a altura média da amostra CP1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

○ Resultado geométrico – Largura

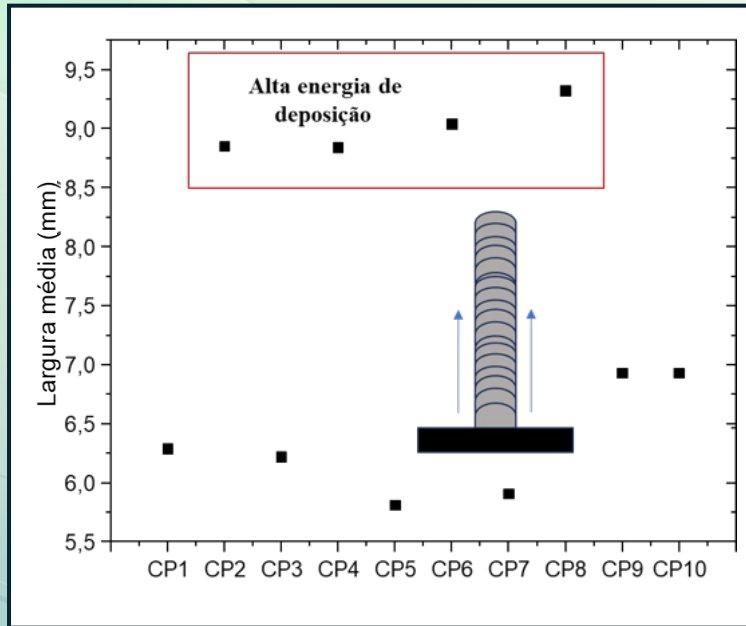


Fig 5: Largura média.

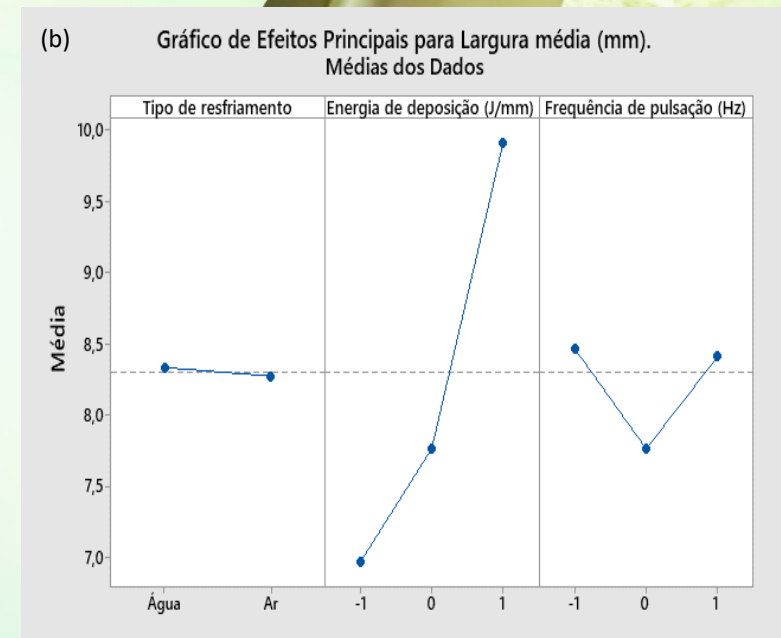
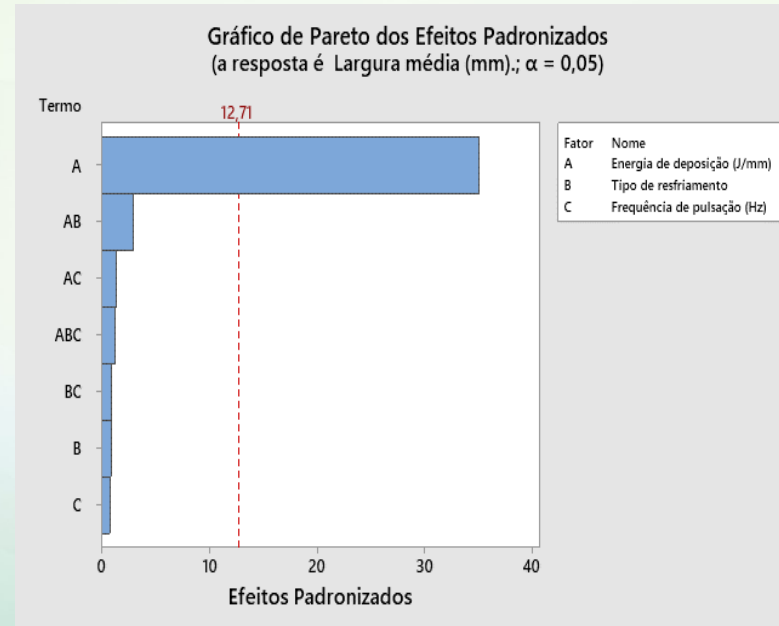


Fig 6: (a) Gráfico de Pareto e (b) Gráfico dos efeitos principais para a Largura média.

Comparar amostras de baixa e alta energia de deposição:

- CP2 é 40,7 % maior do que a largura média da amostra CP1 (resfriadas ao ar).
- CP6 é 55,8 % maior do que a altura média da amostra CP5 (resfriadas a água).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

○ Resultados – Energia absorvida no ensaio de Charpy V

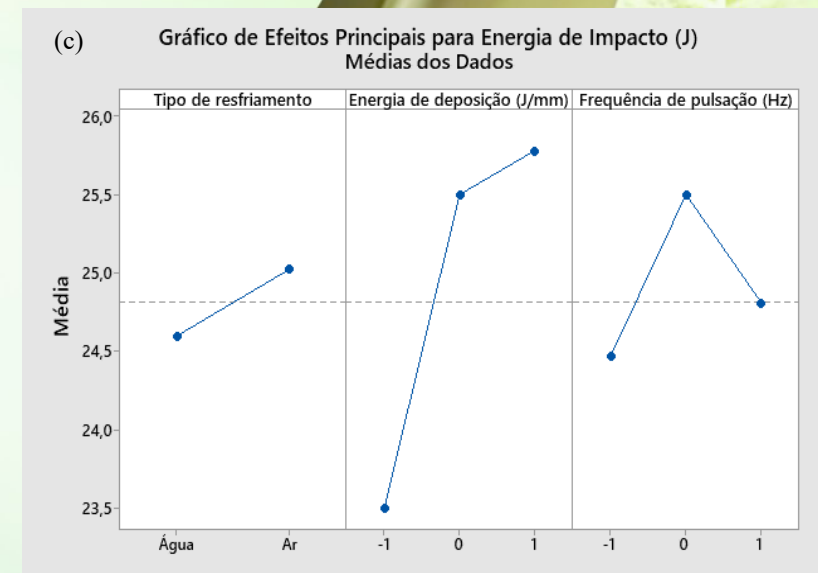
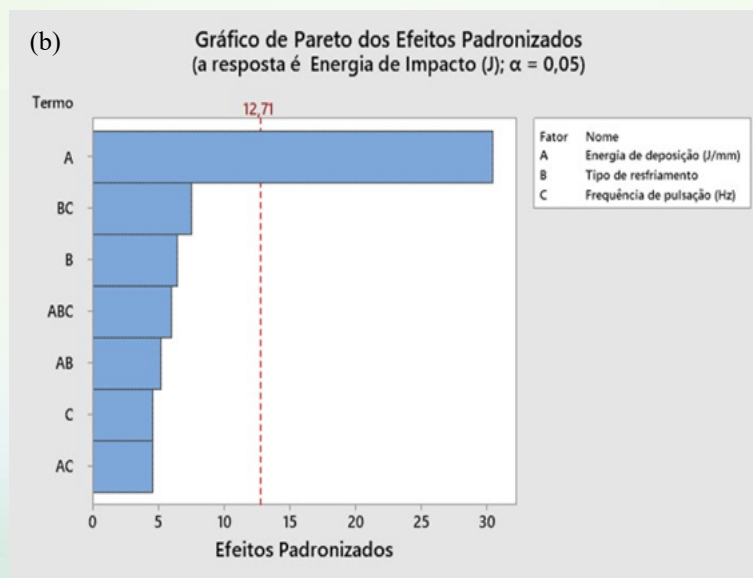
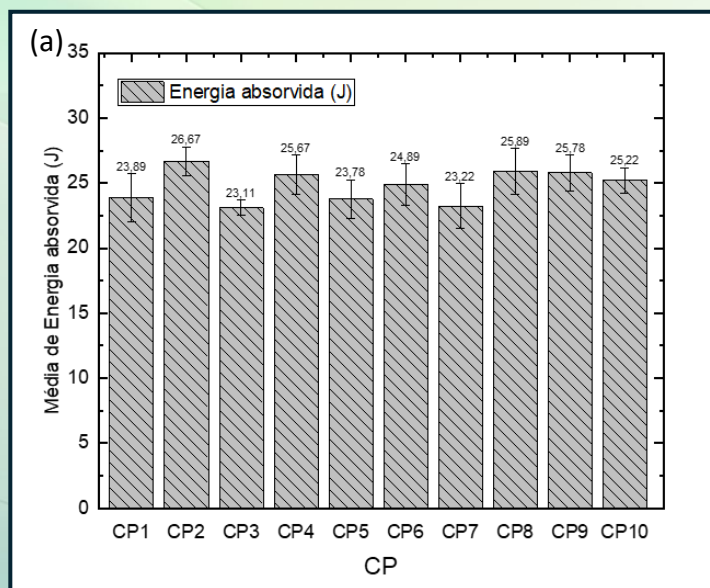


Fig 8: (a) Média de Energia absorvida (J), (b) Gráfico de Pareto e (c) Gráfico dos efeitos principais para a energia absorvida (ensaio de Charpy).

Comparar amostras de baixa e alta energia de deposição:

- CP2 é 28% maior do que a altura média da amostra CP1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

○ Resultados – Energia absorvida no ensaio de Charpy V

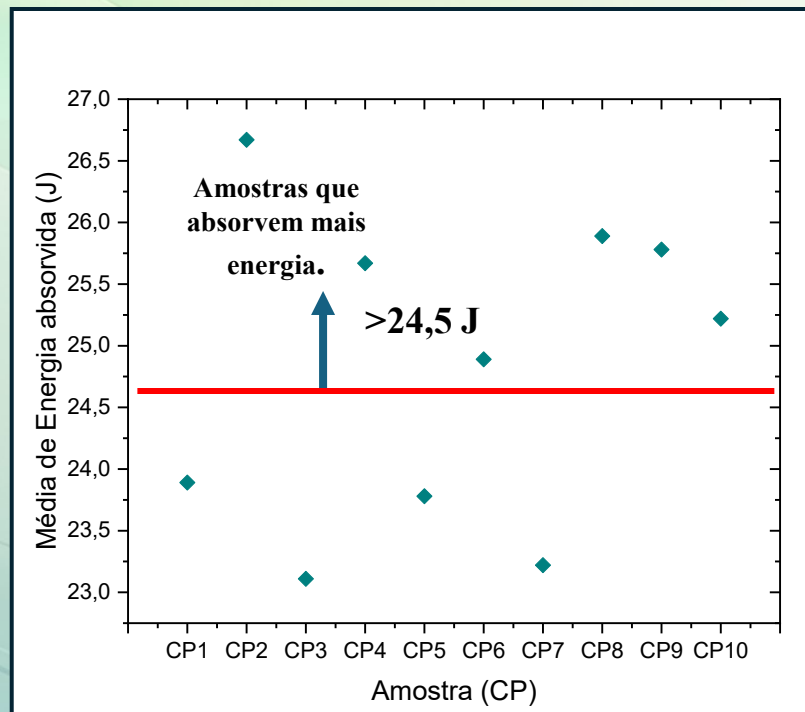


Fig 9: Energia absorvida média dos CPs.

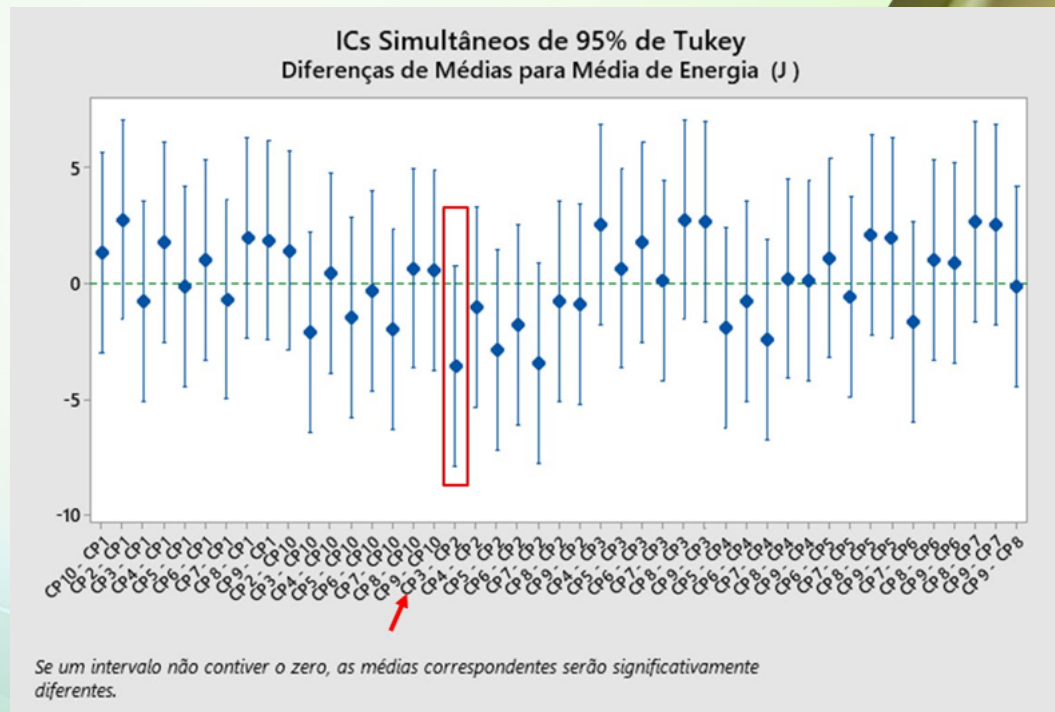


Fig 10 Diferença de médias de energia absorvida usando Tukey.

Qual a diferença do menor e maior valor?

- Não são significativamente diferentes, pois estão no mesmo agrupamento.
- CP2 (26,67) tem aproximadamente 15,39% mais energia absorvida do que CP3 (23,11 J) com diferença de 3,5J.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

○ Resultados – Fractografias CVN

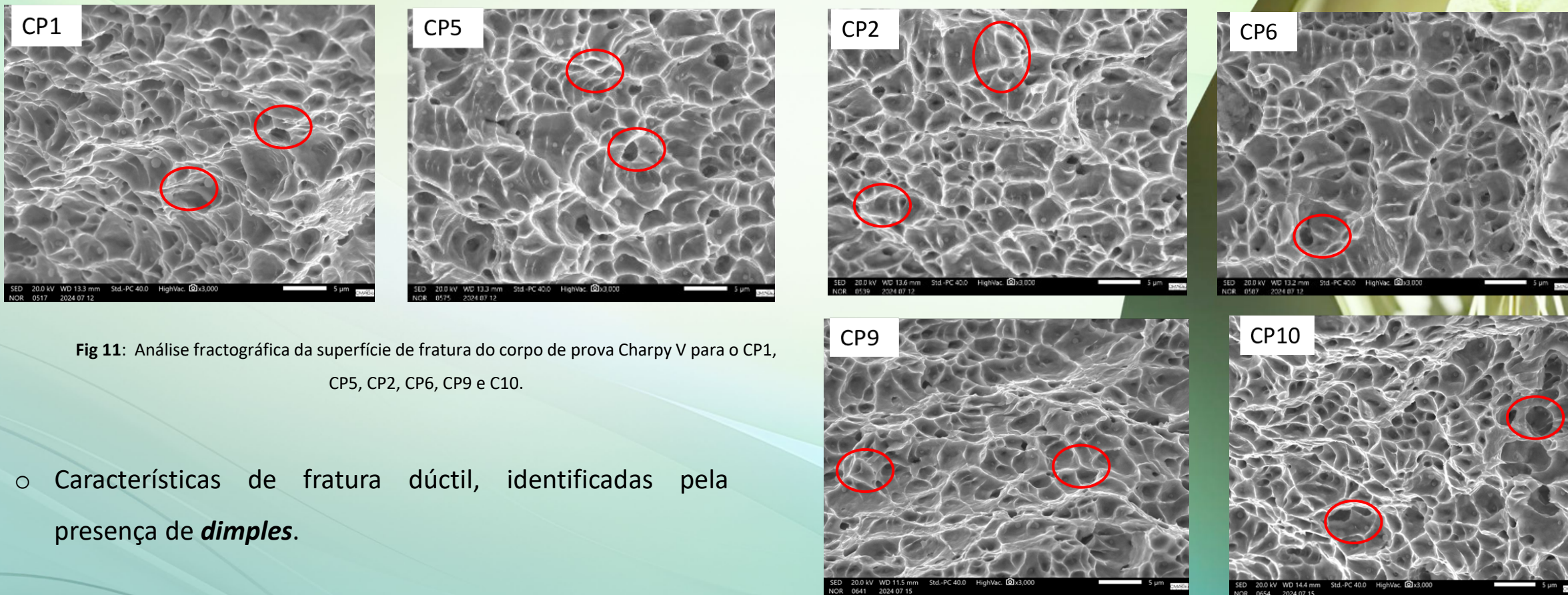


Fig 11: Análise fractográfica da superfície de fratura do corpo de prova Charpy V para o CP1, CP5, CP2, CP6, CP9 e C10.

- Características de fratura dúctil, identificadas pela presença de *dimples*.

CONCLUSÕES

Com base aos materiais e métodos utilizados a esse trabalho pode concluir que:

- A energia de deposição é o fator mais significativo na largura e altura das camadas depositadas, seguido pelo tipo de resfriamento.
- Mesmo a energia absorvida no ensaio Charpy sendo afetada pelo fator energia de deposição, não foi identificado diferença significativa entre as amostras testadas.





Me. Rigley Jorge
Neri Corrêa Júnior



Grupo de pesquisa

- Jaime Casanova – UFAM
<http://lattes.cnpq.br/7751901892298147>
- Antonio do Nascimento Silva Alves – UFAM
<http://lattes.cnpq.br/5526648604077844>
- Cassio Pereira de Paula – UFAM
<http://lattes.cnpq.br/2618507584355627>
- Marcionilo Neri da Silva Junior – UFAM
<http://lattes.cnpq.br/1139338530949918>
- Rubelmar Maia de Azevedo Cruz Neto – UEA
<http://lattes.cnpq.br/6313312439770632>



Obrigado!