

**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4



**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta**
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

4

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-194-7
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.
CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Tecnologia e Engenharia em Foco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915031	
CAPÍTULO 2	9
DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915032	
CAPÍTULO 3	17
INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915033	
CAPÍTULO 4	25
ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915034	
CAPÍTULO 5	33
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915035	

CAPÍTULO 6	42
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC	
<i>Cleber Asmar Ganzaroli</i>	
<i>Douglas Freire de Carvalho</i>	
<i>Luiz Alberto do Couto</i>	
<i>Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias</i>	
<i>Wesley Pacheco Calixto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915036	
CAPÍTULO 7	55
IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE	
<i>Éric Dias Souza</i>	
<i>Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida</i>	
<i>Wagner dos Santos Clementino de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915037	
CAPÍTULO 8	61
MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G	
<i>Leonardo Augusto Arruda</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915038	
CAPÍTULO 9	81
MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G	
<i>Giovani Augusto de Lima Freitas</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915039	
CAPÍTULO 10	103
PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
<i>Clenio Batista Gonçalves Junior</i>	
<i>Murillo Rodrigo Petrucelli Homem</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150310	
CAPÍTULO 11	119
ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA	
<i>Lariane Ferreira Sena</i>	
<i>Rafaela Cunha dos Reis</i>	
<i>Aline Alcamin Monteiro</i>	
<i>Paula Luisa Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150311	

CAPÍTULO 12 130

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes
Thamyscira Herminio Santos da Silva
Allan Jedson Menezes de Araújo
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra
Daniel Araújo de Macedo*

DOI 10.22533/at.ed.94719150312

CAPÍTULO 13 146

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho
Carlos Cássio de Alcântara
José Joelson de Melo Santiago*

DOI 10.22533/at.ed.94719150313

CAPÍTULO 14 153

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

*Lucas Carvalho Santana
André Castilho dos Santos
Cynthia Mayara de Carvalho
Gilberto Augusto de Oliveira Brito
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

DOI 10.22533/at.ed.94719150314

CAPÍTULO 15 162

DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL

*Raul José Alves Felisardo
Gabriela Menezes Silva
César de Almeida Rodrigues*

DOI 10.22533/at.ed.94719150315

CAPÍTULO 16 168

ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES

*Luciana Machado Rodrigues
Vanessa Rosseto
Clarissa Ferreira Pin
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

DOI 10.22533/at.ed.94719150316

CAPÍTULO 17	176
DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Gabriel André Tochetto</i>	
<i>Danieli Brandler</i>	
<i>Deisy Maria Memlak</i>	
<i>Francine Caldart</i>	
<i>Gean Delise L. P. Vargas</i>	
<i>Cleuzir da Luz</i>	
<i>Joceane Pigatto</i>	
<i>Adriana Dervanoski</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150317	
CAPÍTULO 18	187
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NÍOBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÁLICA	
<i>Rayane Ricardo da Silva</i>	
<i>Carlson Pereira de Souza</i>	
<i>Tiago Fernandes Oliveira</i>	
<i>Maria Veronilda Macedo Souto</i>	
<i>Angelinne Costa Alexandrino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150318	
CAPÍTULO 19	195
ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO	
<i>Yane Coutinho Lira</i>	
<i>Fernanda Cavalcanti Ferreira</i>	
<i>Romildo Alves Berenguer</i>	
<i>Rodrigo Mendes Patrício Chagas</i>	
<i>Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça</i>	
<i>Milton Bezerra das Chagas Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150319	
CAPÍTULO 20	205
RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO	
<i>Bianca de Paula Ramos</i>	
<i>Rosane Freire Boina</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150320	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	217

CAPÍTULO 5

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR

Ana Paula Alves de Oliveira

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

Francisco Cardoso de Melo Junior

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

Amir Rivaroli Junior

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

Emerson Augusto Raymundo

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

João Maurício Godoy

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

Marcelo Bergamini de Carvalho

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

Sérgio Roberto Montoro

FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP.

(Este artigo se encontra nos Anais do XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica - Universidade do Vale do Paraíba – 2018)

RESUMO: Neste trabalho foi estudado o aço BLAR conhecido também como aço ARBL (alta resistência e baixa liga), usado em estruturas de automóveis para maior absorção de impacto e proteção dos condutores no caso

de colisão do veículo. O material em estudo passou pelo processo de soldagem a laser que teve a finalidade de unir duas chapas, sendo um caso com a mesma espessura e outro com espessuras diferentes, seguindo a especificação do fabricante do produto. As amostras soldadas a laser foram submetidas a seis níveis de potência e variações de energia, em seguida foram avaliadas em testes específicos pós soldagem. Com as amostras do presente estudo foram realizados ensaios laboratoriais complementares onde foi possível avaliar alterações microestruturais tais como: fragilidade no material, porosidade e a ZTA. Com os resultados obtidos foi possível determinar os parâmetros ideais para este tipo de soldagem. **PALAVRAS-CHAVE:** Aço BLAR. Solda a Laser, Potência, Microestrutura.

1 | INTRODUÇÃO

A solda é um processo que vem sendo utilizado a milhares de anos, e um dos processos pioneiros no processo de soldagem é conhecido como solda brasagem que era usado para unir peças de ouro. No século XIX com a Revolução Industrial houve o nascimento da soldagem moderna com a descoberta do arco elétrico em 1801. Segundo Lima (2010) a soldagem a laser é um método de união que

usa energia proveniente de um feixe de luz colimada, e que inevitavelmente envolve fusão e solidificação, com intensidade de 10⁴ a 10⁹ W.cm⁻²

O laser é uma ferramenta flexível e poderosa com muitas aplicações relevantes na indústria (Vicente A. et al, 2010). O processo de solda a laser vem sendo utilizado cada vez mais nas indústrias de segmentos diversos, inclusive nas indústrias automotivas por apresentar um resultado de alta qualidade. A soldagem a laser envolve a focalização de um feixe de luz de alta potência sobre uma pequena área do material e conforme este feixe se desloca, é criado o cordão de solda, fundindo o material e a área desejada.

Durante este processo podemos analisar os defeitos obtidos quando aplicados diferentes níveis de potências, que pode ser a falha na região da solda com baixa potência ou porosidade com uma alta potência. Essas causas vêm sendo estudadas para que problemas como estes citados sejam solucionados e o processo seja produtivo e livre de defeitos.

O presente trabalho visou abordar as características do processo de soldagem a laser no aço BLAR (alta resistência e baixa liga), com a modificação da potência. O objetivo foi verificar as modificações da microestrutura interna do material com a variação da potência e determinar os melhores parâmetros de soldagem, onde não ocorresse ruptura do material na estampagem final do produto e defeitos que implicassem na rejeição do material.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foram feitas seis amostras com dois tipos de espessuras, sendo seis chapas com espessura de 2,00mm e seis com espessura de 1,40mm, feito pares dessas amostras foram soldadas a laser utilizando uma estação de trabalho CO₂ Soudronic LPQ-2200 que em sua potência de 100% equivaleu a 8000W. Nas amostras foram aplicadas uma variação de potência de 40% (3200W) a 90% (7200W), com velocidade constante de 3,5 m/s. A composição química do material analisado é demonstrada na Tabela 1.

Elementos químicos	Chapa – esp. 1,40 (mm)	Chapa – esp. 2,00 (mm)
Carbono	0.120%	0.100%
Silício	0.010%	0.010%
Manganês	1.540%	1.530%
Fósforo	0,022%	0,022%
Enxofre	0.006%	0.006%
Alumínio	0.042%	0.050%
Cobre	0.03%	0.03%
Nióbio	0,002%	0,002%

Vanádio	0,001%	0,001%
Cromo	0,02%	0,02%

Tabela 1: Composição Química do Aço BLAR.

Fonte: Os Autores.

Essas chapas para passarem pela soldagem a laser, passaram por um processo de compressão por meio de um sistema chamado Souka, que consistiu em um conjunto de roletes que aplicou uma pressão que esmagou a maior secção (a placa mais espessa), enquanto comprimia uma contra a outra, permitindo um melhor controle do espaço entre elas. Na proteção da área da solda foi utilizado gás hélio puro com bico de perfil circular e com inclinação do bico de 45°.

Para a avaliação da soldagem, as amostras em discussão foram submetidas a alguns tipos de ensaios em laboratórios:

a) Ensaio de embutimento Ericksen

O ensaio de embutimento serviu para avaliar a ductilidade do metal dentro das condições do ensaio, onde foi aplicada uma força de 6kn que correspondeu a 600kg. O ensaio de embutimento Ericksen é o único mundialmente normalizado para os ensaios de tenacidade da junta soldada, este ensaio foi utilizado para avaliar a capacidade de conformação das chapas dentro dos limites impostos pelas condições do ensaio, que consistiu em comprimir uma punção esférico entre uma chapa presa entre um suporte e uma matriz, até se obter a ruptura.

b) Ensaio de dobramento

O ensaio de dobramento foi necessário pois o material foi submetido a conformação e se precisava de uma avaliação rápida para verificar a ductilidade do material, o mesmo não podia apresentar nenhuma descontinuidade. O corpo de prova utilizado para o ensaio foi de 38,1mm x 90mm, realizado no eixo longitudinal do cordão de solda. O corpo de prova ficou sobre dois apoios de 8mm afastados a uma distância de 110mm e o dobramento ocorreu com um rolete aplicando-se uma força no meio do corpo de prova.

c) Ensaio de líquido penetrante

O ensaio por líquido penetrante foi realizado no laboratório de Ensaios Não Destrutivos da Fatec Pindamonhangaba, de acordo com a norma ASME Seção V, edição 2004. As peças foram preparadas com removedor a base de solvente classe 2 e após a limpeza foi aplicado o líquido penetrante visível removível a solvente, que ficou por 15 minutos nas peças para secagem, em seguida foi removido o excesso do líquido penetrante e aplicado o revelador.

d) Ensaio de microdureza Vickers (Hv)

O ensaio de microdureza foi realizado na região do cordão de solda. O equipamento utilizado foi um micro-durômetro Mitutoyo com uma carga de 1kg, o ensaio consistiu em aplicar uma força com uma carga determinada com um penetrador de diamante com formato de pirâmide sobre a superfície do corpo de prova.

e) Análise microscópica da zona termicamente afetada (ZTA)

No caso da microscópica óptica, as amostras foram obtidas longitudinalmente (o corte seguiu no meio da solda) e foram observadas as fissuras e porosidades internas, as análises microscópicas foram realizadas no laboratório de metalografia da Fatec Pindamonhangaba, onde as amostras foram cortadas, embutidas em baquelite, lixadas e polidas com pasta de diamante. O ataque metalográfico foi realizado com nital 2%, e as fotos foram realizadas no microscópio óptico com aumento de até 1000x.

3 | RESULTADOS

a) Ensaio de embutimento Ericksen

As amostras apresentaram boa conformação, porém somente este ensaio, não foi suficiente para garantir uma boa estampagem. Na Figura 1, é possível observar uma chapa que foi soldada fora dos padrões de soldagem, que não apresentou problemas no ensaio Ericksen e que após o processo de estampagem, abriu na região soldada, por isso foi necessário a verificação das microestruturas para checar a fusão das mesmas.



Figura 1 – Peça estampada fora dos padrões de soldagem.

Fonte: Os Autores.

b) Resultado do ensaio de dobramento

O ensaio de dobramento não apresentou nenhuma irregularidade, ou trincas. As

amostras foram ensaiadas em relação ao eixo longitudinal, não foi possível o ensaio no eixo transversal devido a falta de material.

c) Resultado do ensaio de líquido penetrante

Após o teste de dobramento, as amostras passaram pelo ensaio de líquido penetrante para se verificar a ocorrência de possíveis trincas ou defeitos que não estavam visíveis. Não foram detectadas irregularidades nas amostras após o ensaio de dobramento.

d) Resultado do ensaio de microdureza

No resultado de microdureza Vickers, foi possível verificar a dureza na região da solda em função da potência aplicada. O Gráfico 1 mostra a média da dureza realizada em três medições, foram realizadas medições no metal base sem aplicação de solda, na amostra com parâmetros de 40% de potência (menor potência aplicada), na amostra 2 com 60% de potência (potência normalmente utilizada como padrão de soldagem) e na amostra 3 com 90% de potência (maior potência aplicada). Percebe-se que o aumento da potência nos parâmetros de soldagem favoreceu o aumento da dureza na região da solda.

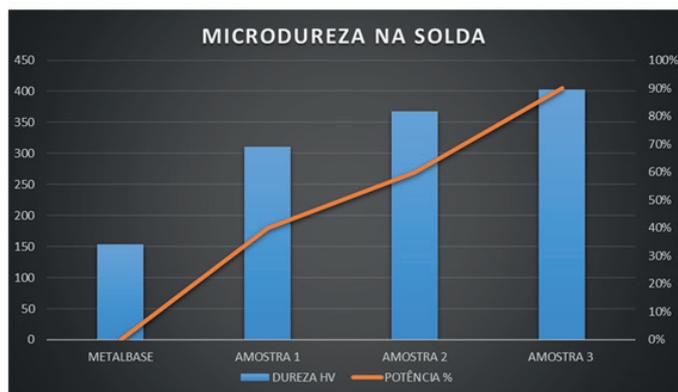


Gráfico 1 – Gráfico de dureza na região soldada em função da potência.

Fonte: Os Autores.

e) Análise microscópica e análise da zona termicamente afetada

Nas análises microscópicas, foram verificadas as amostras de acordo com a potência aplicada. Na Figura 2 foram observadas as amostras consideradas com baixa potência, ou seja, 40% e 50% de potência de soldagem, onde foram verificados principalmente a ocorrência de falta de fusão. Na Figura 3 foram observadas as amostras consideradas com boa soldabilidade, 60% e 70% de potência, foram verificados poucos defeitos na região soldada da amostra com 70% potência. Na Figura 4 foram observadas as amostras com potência alta, 80% e 90%, se percebeu um excesso de porosidade e perda do alinhamento central.

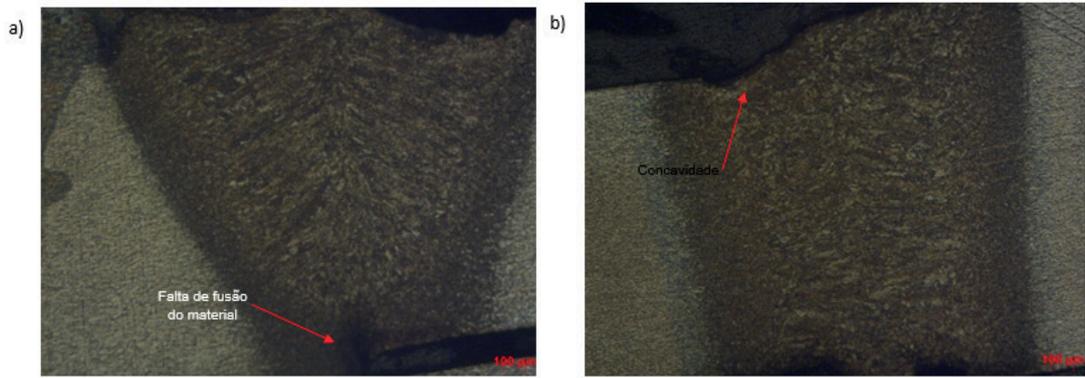


Figura 2 – Micrografia de amostra com 40% de potência (a) e 50% de potência.

Fonte: Os Autores.

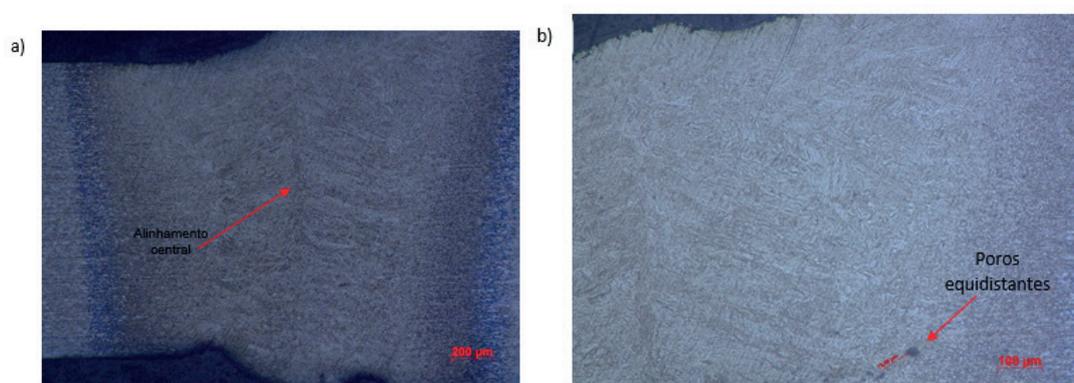


Figura 3 - Micrografia de amostra com 60% de potência (a) e 70% de potência.

Fonte: Os Autores.

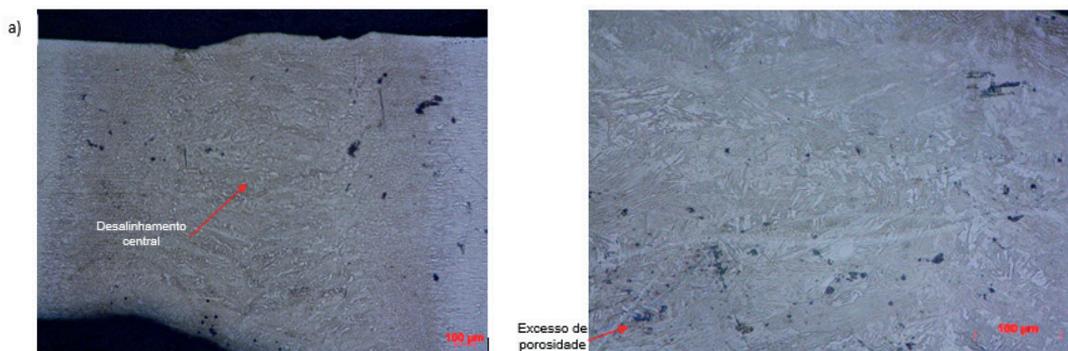


Figura 4 - Micrografia de amostra com 80% de potência (a) e 90% de potência, excesso de porosidade.

Fonte: Os Autores.

Após o processo de soldagem a laser foi observado também a zona termicamente afetada através do ensaio micrográfico, foram verificadas variações de tamanho da zona termicamente (ZTA), afetada nos lados esquerdo (E) e direito (D) do cordão de solda e foram medidas a ZTA de cada amostra. A Figura 5 mostra as medições encontradas nas amostras com 40%, 60% e 90% de amperagem.

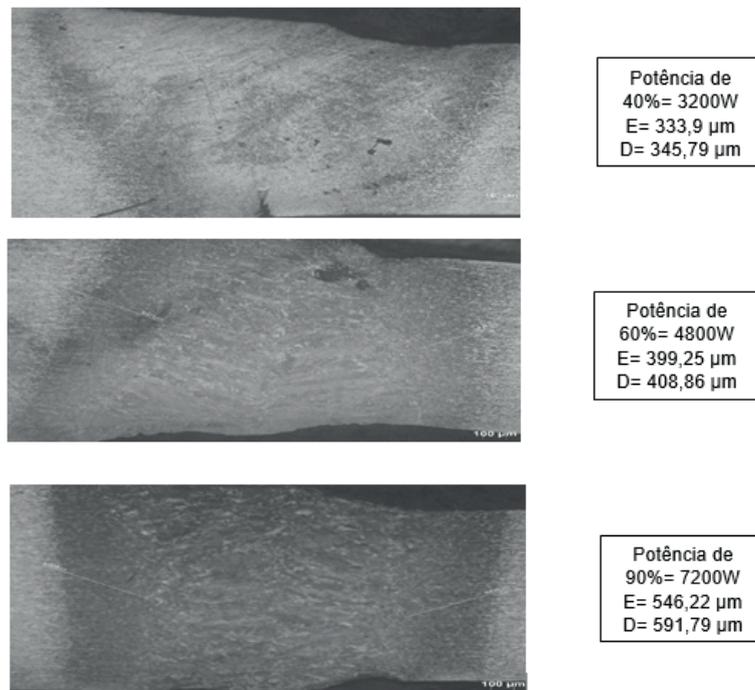


Figura 5 – Resultado de medições nas amostras com 40%, 60% e 90% de amperagem.

Fonte: Os Autores.

4 | DISCUSSÃO

O ensaio Ericksen não foi suficiente para garantir a qualidade da chapa soldada, todas as amostras apresentaram bons resultados na estampagem, este ensaio serviu como garantia preliminar para se continuar com o processo e os outros ensaios.

Nas medições de dureza realizadas na zona termicamente afetada, foi possível notar o aumento de dureza em todas amostras soldadas. A amostra com 40% de potência apresentou dureza de 311HV, isso ocorreu devido à falta de energia com a baixa potência empregada, foi possível verificar que não houve a fusão total do material. Nas amostras com baixa potência, 40% e 50%, foi possível observar que houve um resfriamento das bordas para o meio, mostrando que a parte central se solidificou por último, e que na parte inferior faltou energia suficiente para a união dos metais e na parte superior ocorreu concavidade. Segundo Gimenes (2012), a penetração é diretamente relacionada com a potência, comprovando os defeitos apresentados.

A amostra com 90% de potência com 403HV, apresentou fragilidade na região soldada, a alta potência aplicada na região soldada fez com que ocorresse uma grande presença de porosidade. As amostras que foram aplicadas potência de 80% e 90% apresentaram excesso de convexidade, perda do alinhamento central da solda ocasionando solidificação irregular e porosidade fora do padrão aceitável, a distância externa entre eles teria que ser no mínimo de 50% da espessura do material, todos esses fatores contribuíram para que o material ficasse frágil e duro. Conforme Santos (2015), os poros ocasionam fragilização, alterações na microestrutura, introdução de tensões residuais e aparecimento de trincas, as quais ocorrem em três tipos: a frio

(material solidificado), à quente (ocorrem no último estágio de solidificação), e trincas de liquefação da ZTA – processo onde ocorre a formação de vazios, provenientes de fusão de alguma fase intergranular durante aquecimento.

Na amostra com utilização de 60% de potência, com 367HV de dureza, considerado como padrão para soldagem a laser, a microestrutura com poucos defeitos se apresentou em melhores condições para aplicação no processo de estampagem. Nas amostras com 60% e 70% de amperagem, ocorreu o preenchimento total do cordão de solda, a fusão total do material e crescimento do tamanho de grão denominado epitáxia, mostrou que a parte central se solidificou por último, a amostra de 70% apresentou ainda alguns pontos de poros equidistantes que não comprometeu o processo.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho estudou o comportamento de chapas de aço BLAR de 2,00 (mm) e 1,40(mm) de espessura, soldadas a laser com variação da potência e velocidade constante. Com base nos estudos realizados, bem como nos experimentos, pode-se tecer os seguintes comentários:

- Em todos os experimentos houve alteração das microestruturas e aumento de dureza na região da solda, devido ao processo de resfriamento rápido da zona fundida, transformando a austenita em martensita.

- A variação da potência teve influência direta na qualidade da solda e dureza final da região soldada, potências de 40% e 50%, foram consideradas baixa e irregular, com ocorrência de falta de fusão e concavidades localizadas na região da solda, potências de 80% e 90%, foram consideradas alta, com ocorrência de excesso de porosidades e soldagem irregular.

- Soldagem com parâmetros de potência de 60% e 70% foram considerados melhores, com boa soldagem e isenção de defeitos que prejudicasse a qualidade da solda.

- Somente o ensaio micrográfico pode realmente determinar a qualidade dos materiais soldados com a variação da potência, os defeitos apresentados não foram visíveis e perceptíveis nos outros ensaios.

REFERÊNCIAS

Vicente A. Ventrella et al. Influência da Energia de Soldagem em Uniões de Lâminas Finas através de Laser Pulsado de Nd:YAG, Soldag. Insp. São Paulo, Vol. 15, No. 4, p.265-272, Out/Dez 2010.

Santos, F.N. Efeito da Microestrutura nas Propriedades Mecânicas de Aços Automotivos Dissimilares Soldados a Laser, Dissertação de Mestrado, Feg - Unesp, Guaratinguetá. 2015.

Lima, L.I.L.; Silva, G.M.; Chilque, R.A.; Schwartzman, M.M.A.M.; Bracarense, A.Q.; Quinan, M.A.D.; “Caracterização microestrutural de soldas dissimilares dos aços ASTM A508 e AISI 316L”, Artigos Técnicos Scielo Brasil, Soldagem & Inspeção, vol.15 no.2, São Paulo, 2010.

Gimenes, L. J., Ramalho, J.P.; **Soldagem a Laser**, Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/artigos/processos-de-soldagem/356-soldagem-laser.html>, Acesso em 26 dez. 2001, São Paulo, 2012.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-194-7

