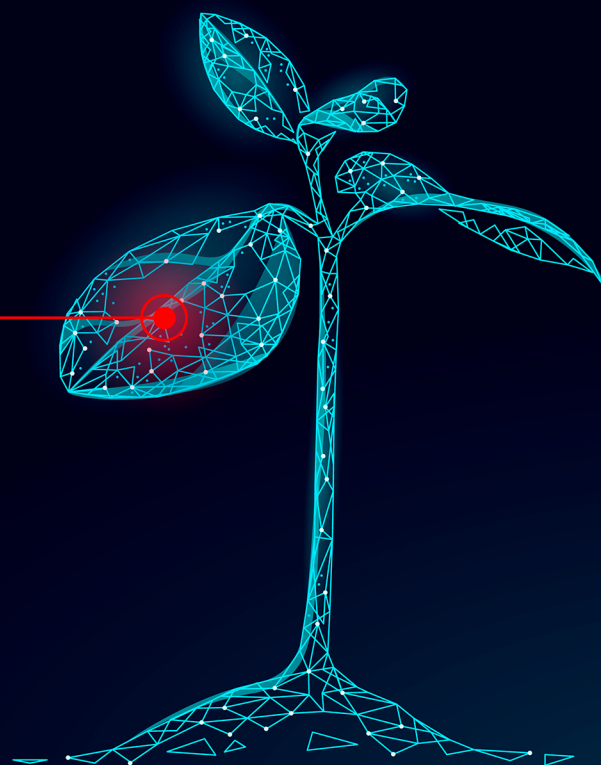


# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |  |
|---|--|
| C569  | <p>Ciência e engenharia de materiais e o desenvolvimento socioambiental [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019</p> <p>Formato: PDF<br/>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br/>Modo de acesso: World Wide Web<br/>Inclui bibliografia<br/>ISBN 978-85-7247-848-9<br/>DOI 10.22533/at.ed.489191912</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Materiais – Análise.<br/>I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11299</p> |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |  |

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste contexto o tema socioambiental pode ser inserido, visto que devido à redução nas disponibilidades de matérias primas, a elevação de custos de descarte dos materiais, sua reciclagem vem ganhando cada vez mais destaque a nível mundial. Hoje optar por produtos reciclados bem como sustentáveis se torna uma vitrine as vendas.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e de sustentabilidade, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se dizer que a área de reciclagem está intimamente ligada ao estudo dos materiais, para que possam ser desenvolvidas técnicas e processos para um eficiente aproveitamento.

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

Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>ESTUDO DA ADIÇÃO DE ADITIVOS NÃO CONVENCIONAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS</b>  |           |
| Antonio Dias de Lima Terceiro Neto<br>Daniel Baracuy da Cunha Campos<br>Francisco Humberlânio Tavares de Araújo<br>Júlio Lopes da Silva  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4891919121</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONCENTRAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA</b>   |           |
| Wendel Melo Prudêncio de Araújo<br>Thays Mabelly Bezerra e Silva<br>Kássia Hellen Souza de Oliveira<br>João Marcos Lima Veras<br>Joaquim Lucas de Souza Paixão<br>João Emmanuel Alves Oliveira |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4891919122</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>TIJOLO PRODUZIDO POR COMPÓSITO DE EXOCARPO DE LICURI FRAGMENTADO</b>  |           |
| Bárbara Jane Martins Borges<br>Rafael Santos de Sousa Silva<br>Rúi Carlos de Sousa Mota  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4891919123</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>31</b> |
| <b>PRODUÇÃO DE AGREGADOS UTILIZANDO LAMA VERMELHA: O ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM</b>   |           |
| Bruno Marques Viegas<br>Edílson Marques Magalhães<br>Julia Alves Rodrigues<br>Josiel Lobato Ferreira<br>Diego Cardoso Estumano<br>José Antônio da Silva Souza<br>Emanuel Negrão Macêdo         |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4891919124</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>39</b> |
| <b>ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO RESÍDUO DE FELDSPATO COMO MATERIAL PARA CAMADAS DOS PAVIMENTOS</b>  |           |
| Jonatas Kennedy Silva de Medeiros<br>Larissa Santana Batista<br>Giovanna Feitosa de Lima   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.4891919125</b>   |           |

**CAPÍTULO 6 ..... 52**

**FÔRMAS: UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE FÔRMAS REVESTIDAS COM POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEDB - SACOLAS PLÁSTICAS)**

Lucas Prestes Chize  
Léo Jaime de Amorim e Silva  
Aída Pereira Baêta  
Flávia da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4891919126**

**CAPÍTULO 7 ..... 61**

**OBTENÇÃO DE UM COPO MAIS SUSTENTÁVEL: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E DE BIOCÓMPÓSITOS**

Emília Satoshi Miyamaru Seo  
Nicolle Silva da Silva  
Isabella Tereza Ferro Barbosa  
Alessandro Augusto Rogick Athiê  
Adriano Camargo de Luca

**DOI 10.22533/at.ed.4891919127**

**CAPÍTULO 8 ..... 74**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E RESISTÊNCIA À CHAMA DE CÓMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE LAMA VERMELHA E CAULIM**

Mario Henrique Moreira de Moraes  
Diogo Pontes de Queiroz  
Luiz Gabriel da Silva Nascimento  
José Antônio Silva Souza  
Roberto Tetsuo Fujiyama  
Deibson Silva da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.4891919128**

**CAPÍTULO 9 ..... 85**

**DISPERSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA SOBRE PÓ POLIMÉRICO PARA PRODUÇÃO DE FILME PLÁSTICO**

Lucas Matono Casagrande  
Paulo Henrique Chulis  
Fabrício Antônio Moreno Zanetelli  
Márcia Silva de Araújo  
José Alberto Cerri

**DOI 10.22533/at.ed.4891919129**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

**INFLUENCE OF LIGNIN CONTENT IN MACADAMIA NUTSHELL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE BIOCÓMPÓSITOS**

Bruno Chaboli Gambarato  
Heitor Buzetti Simões Bento  
Ana Karine Furtado de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191210**

**CAPÍTULO 11 ..... 104**

**MÉTODOS DE SÍNTESE DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha

Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191211**

**CAPÍTULO 12 ..... 113**

**APLICAÇÕES DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha  
Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191212**

**CAPÍTULO 13 ..... 122**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MECÂNICA E DA FRATURA DE TRILHOS PERLÍTICOS**

Beatriz Seabra Melo  
Vinicius Silva dos Reis  
Clóvis Iarlande Oliveira Santana  
Carlos Vinicius de Paes Santos  
Gregory de Oliveira Miranda  
Andrey Coelho das Neves  
José Maria do Vale Quaresma

**DOI 10.22533/at.ed.48919191213**

**CAPÍTULO 14 ..... 135**

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA CORROSÃO EM ELETRODO DE ATERRAMENTO ELÉTRICO COBREADO**

Walter Leandro Cordeiro da Silva Filho  
Magda Rosângela Santos Vieira  
Ivanilda Ramos de Melo  
Roseana Florentino da Costa Pereira  
Severino Leopoldino Urtiga Filho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191214**

**CAPÍTULO 15 ..... 145**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS GASES DE PROTEÇÃO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO SAE 1035 SOLDADO POR PROCESSO MAG**

Perla Alves de Oliveira  
Thiago Monteiro Maquiné  
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima  
José Costa de Macêdo Neto  
Suelem de Jesus Pessoa  
Efraim Ribas Linhares Bruno



Anne Gabrielle Mendes Xavier  
Josiel Bruno de Oliveira  
**DOI 10.22533/at.ed.48919191215**

**CAPÍTULO 16 ..... 155**

A RELAÇÃO ENTRE A LOGÍSTICA REVERSA E O *TRIPLE BOTTOM LINE* EM COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Alequexandre Galvez de Andrade  
Nélio Fernando dos Reis  
Jair Minoro Abe

**DOI 10.22533/at.ed.48919191216**

**CAPÍTULO 17 ..... 165**

A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E O SUBSÍDIO CRUZADO: CRÍTICA À PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DAS DIRETRIZES NACIONAIS

Joel de Jesus Macedo  
Leura Lucia Conte de Oliveira  
Marcus Venicio Cavassin

**DOI 10.22533/at.ed.48919191217**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 185**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 186**

## INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS GASES DE PROTEÇÃO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO SAE 1035 SOLDADO POR PROCESSO MAG

Data de aceite: 18/11/2019

### **Perla Alves de Oliveira**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Thiago Monteiro Maquiné**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **José Costa de Macêdo Neto**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Suelem de Jesus Pessoa**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Efraim Ribas Linhares Bruno**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Anne Gabrielle Mendes Xavier**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

### **Josiel Bruno de Oliveira**

UEA – Departamento de Ciências e Engenharia dos Materiais – Manaus – AM.

**RESUMO:** O processo MAG é um dos processos de soldagem mais utilizados na indústria atualmente. Devido a sua importância na fabricação, caracteriza-se a necessidade

de se garantir uma boa qualidade dos cordões de solda, como navios, pontes, máquinas de construção e motocicletas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da alteração nos parâmetros de tensão, corrente elétrica e gases na microestrutura e microdureza do aço SAE 1035. O processo de soldagem aplicado foi o modo MILF STELL-MAG na posição 4G. A preparação metalográfica foi realizada seguindo a norma ASTM E3. As observações das microestruturais das juntas soldada foram realizadas em um microscópio óptico (THS-200 Olympus) e para análise de microdureza utilizou-se um microdurômetro (HM-100 Mitutoyo) com a carga 1,0 kgf com a norma ASTM E384 – 11 ambos realizados no laboratório da UEA. Para amostra 1 utilizou-se 170 ± 30A e 100% CO<sub>2</sub>, para amostra 2 utilizou-se 175 ± 30A e 100% CO<sub>2</sub>, para amostra 3 utilizou-se 180 ± 30A e 100% CO<sub>2</sub>, para amostra 4 utilizou-se 190 ± 30A e 100%CO<sub>2</sub> e para amostra 5 utilizou-se 230 ±30A e 100% Ar. Pela análise de microdureza observou-se que há um aumento na ZTA com o aumento da corrente utilizando o gás CO<sub>2</sub>. A soldagem utilizando o gás Argônio observou-se uma redução na microdureza da ZTA. Observa-se que houve um aumento da colônia de perlita do metal de base próximo a ZTA com o aumento da corrente elétrica. Houve um aumento da ZTA com o aumento da corrente elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aço SAE 1035. Processo

## INFLUENCE OF VARIATION OF PROTECTION GASES AND WELDING PARAMETERS IN MICRO-STRUCTURE AND MICRODURE OF STEEL SAE 1035 SOLDIER BY MAG PROCESS

**ABSTRACT:** The MAG process is one of the most widely used welding processes in the industry today. Due to their importance in manufacturing, the need to ensure a good quality of weld beads, such as ships, bridges, construction machines and motorcycles, is characterized. The objective of this work was to evaluate the effect of the change in stress, electric current and gas parameters on microstructure and microhardness of SAE 1035 steel. The welding process applied was the MILF STELL-MAG mode at 4G position. The metallographic preparation was performed following the ASTM E3 standard. The microstructural observations of the welded joints were performed under an optical microscope (THS - 200 Olympus) and for micro hardness analysis a microhardness meter (HM-100 Mitutoyo) with the load 1.0 kgf with ASTM E384 - 11 both. carried out in the UEA laboratory. For sample 1 we used  $170 \pm 30A$  and 100% CO<sub>2</sub>, for sample 2 we used  $175 \pm 30A$  and 100% CO<sub>2</sub>, for sample 3 we used  $180 \pm 30A$  and 100% CO<sub>2</sub> for sample 4 we used  $190 \pm 30A$  and 100% CO<sub>2</sub> and for sample 5  $230 \pm 30A$  and 100% Argon were used. Microhardness analysis showed an increase in ZTA with increasing current using CO<sub>2</sub> gas. Welding using Argon gas showed a reduction in micro hardness of ZTA. It is observed that there was an increase of the base metal perlite colony close to ZTA with the increase of the electric current. There was an increase in ZTA with the increase of electric current.

**KEYWORDS:** SAE 1035 Steel. Welding Process. Microstructure. Microhardness. Gas protection.

### 1 | INTRODUÇÃO

Devido a grande aplicação do aço SAE 1035, cada vez mais se fazem necessário conhecer melhor o comportamento mecânico da solda nesse tipo de material e em especial as microestruturas formadas em diferentes processos de soldagem, já que o tipo de processo de soldagem tem efeito significativo na microestrutura. A solda altera as características criando regiões com variadas microestruturas que alteram o comportamento mecânico do material, portanto, deve ser dada atenção redobrada para estas regiões, uma vez que se sabe que as microestruturas com as características adequadas, nestas regiões, garantem a resistência do produto final, além de garantir o pleno funcionamento mecânico do mesmo dentro de um determinado período de tempo estipulado pelo fabricante sem que ocasione algum tipo de ruptura ou deformação. A escolha do processo de soldagem envolve basicamente quatro fatores: projeto da junta, espessura do material, natureza do

material a ser soldado, custo de fabricação (MODENESI, 2017).

Os materiais de base (MB), quando submetidos ao processo de soldagem a arco, dão origem às juntas soldadas. A junta soldada é composta de regiões distintas, conhecidas como zona de fusão (ZF), zona afetada pelo calor (ZAC) e a zona de ligação (ZL), que é a interface entre a ZF e a ZAC (BARROS, 2002).

O gás de proteção utilizado no processo MIG/MAG afeta não somente as propriedades da solda, mas determina o formato do cordão de solda. Dependendo do tipo de transferência metálica, o gás de proteção interage com maior ou menor intensidade com o arame eletrodo, podendo alterar as propriedades mecânicas e principalmente a qualidade do cordão solda. O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é o mais barato entre os tipos de gases de proteção de solda e mais utilizado na soldagem MIG/MAG em aço com transferência por curto-circuito. O  $\text{CO}_2$  se dissocia no arco para formar CO e O e o efeito global é o de gerar uma proteção oxidante. Exibe características de gás inerte em temperatura ambiente, não reagindo com outros elementos, mas é um gás ativo nas temperaturas de soldagem (CANTO, 1991).

De acordo com (COUTO, 2000), o argônio (Ar) é um gás inerte com baixo potencial de ionização, baixo potencial de oxidação e baixa condutividade térmica, a alta densidade do argônio em comparação com os outros gases (1,38 em relação ao ar) promove uma maior eficiência de proteção, porque o argônio facilmente substitui o ar em torno da solda. Por ser um gás inerte a proteção à base de argônio promove retenção de elementos de liga no cordão de solda, deixando o cordão de solda livre de inclusões, melhorando as propriedades mecânicas. Além disso, facilita a abertura do arco, melhora a estabilidade em baixas correntes, além de permitir transferência "spray".

A qualidade do cordão de solda conseguido pelos processos MIG/MAG é influenciada por alguns parâmetros, tais como intensidade de corrente, tensão e comprimento do arco, velocidade de soldagem, "stick-out", gases de proteção, diâmetro do eletrodo e posição da tocha, seus tipos e vazão (BRACARENSE, 2005).

Durante o processo de soldagem, os materiais envolvidos podem sofrer várias alterações em suas microestruturas e propriedades mecânicas, que influenciam em muito o desempenho e comportamento da peça ou equipamento. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo da microestrutura e da microdureza, analisando o metal base, zona afetada pelo calor e zona de fundida do aço SAE 1035 submetido a diferentes parâmetros de soldagem MAG e variações dos gases de proteção  $\text{CO}_2$  e Ar.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

O metal base SAE 1035 tem a característica de um aço médio teor de carbono com aplicações variadas como eixos, pinos, alavancas e molas de baixa sollicitação, indicado para forjamento com boa resposta para têmpera. Tratamento adotado foi a austenitização a 900°C, têmpera com água com forte agitação.

### 2.2 Composição Química e Propriedades Mecânicas

Chapa SAE 1035 com garantia de composição química e propriedades mecânicas conforme a tabela 1, classificada pela Norma da SAE 1035 (*Society of Automotive Engineers* - EUA).

| ELEMENTO             | COMPOSIÇÃO  | PROPRIEDADES              | RESULTADOS             |
|----------------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Carbono (C)</b>   | 0,31 a 0,38 | <b>Densidade</b>          | 7,87 g/cm <sup>3</sup> |
| <b>Manganês (Mn)</b> | 0,60 a 0,90 | <b>Limite de escoam.</b>  | 550 Mpa                |
| <b>Silício (Si)</b>  | 0,50 máx.   | <b>Resistencia Tração</b> | 620 Mpa                |
| <b>Fósforo (P)</b>   | 0,04 máx.   | <b>Alongamento</b>        | 24% mínimo             |
| <b>Enxofre (S)</b>   | 0,05 máx.   | <b>Dureza Brinell</b>     | 179                    |
| <b>Ferro (Fe)</b>    | O que sobra | <b>Elasticidade</b>       | 190 GPa                |

Tabela 1. Composição Química e Propriedades Mecânicas

Fonte: Fabricante AÇOVISA

O metal de adição usado foi o BME-04 AWS A5. 18 ER70S – 6, na tabela 2 mostra a composição química do arame em porcentagem (%).

| Composição Química do Arame % |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Carbono (C)</b>            | 0,06 a 0,15 |
| <b>Manganês (Mn)</b>          | 1,4 a 1,85  |
| <b>Silício (Si)</b>           | 0,8 a 1,15  |
| <b>Fósforo (P)</b>            | 0,025 máx   |
| <b>Enxofre (S)</b>            | 0,0035 máx  |
| <b>Cobre (Cu)</b>             | 0,5 máx     |

Tabela 2. Composição Química do Arame BME-04 AWS A5. 18 ER70S-6

Fonte: Fabricante Belgo Bekaert Arames

### 2.3 Parâmetros de soldagem e gases de proteções

O processo de soldagem aplicado nas amostras foi o modo MILF STELL-MAG numa aplicação real na indústria do polo de Manaus, na tabela 3 estão dispostos os

parâmetros de soldagem e gases proteção aplicada em cada amostra.

| Amostra | Gás                  | Amperagem | Voltagem | Stick- out | Vazão       | Posição | Ângulo |
|---------|----------------------|-----------|----------|------------|-------------|---------|--------|
| Peça 1  | 100% CO <sub>2</sub> | 170 ± 30A | 23 ± 3V  | 15 ± 3mm   | 17 ± 3L/min | 4G      | 18°    |
| Peça 2  | 100% CO <sub>2</sub> | 175 ± 30A | 23 ± 3V  | 15 ± 3mm   | 17 ± 3L/min | 4G      | 18°    |
| Peça 3  | 100% CO <sub>2</sub> | 180 ± 30A | 24 ± 3V  | 15 ± 3mm   | 17 ± 3L/min | 4G      | 18°    |
| Peça 4  | 100% CO <sub>2</sub> | 190 ± 30A | 24 ± 3V  | 15 ± 3mm   | 17 ± 3L/min | 4G      | 18°    |
| Peça 5  | 100% Ar              | 230 ± 30A | 24 ± 3V  | 15 ± 3mm   | 17 ± 3L/min | 4G      | 18°    |

Tabela 3. Parâmetros de soldagem aplicada nas amostras

Fonte: Autores

## 2.4 Preparação do corpo de prova para as análises metalográfica

A preparação metalográfica foi realizada, seguindo a norma ASTM E3, as amostras foram seccionadas no aço SAE 1035 trefilado a frio, numa cortadora metalográfica de marca Arotec, com disco abrasivo. Após esta etapa, as amostras foram embutidas, adotou-se resina fenólica em pó (Arotec) e a embutidora metalográfica (Arotec, PRE 30 Mi), esta etapa teve como finalidade facilitar o manuseio das amostras durante a preparação e ainda a função de preservar as bordas das amostras, ajudando a evitar o abaulamento. Em seguida, as amostras foram submetidas ao processo de desbaste, neste processo utilizamos uma lixadeira metalográfica (Prazis, Modelo ALM4) e lixas de carbeto de silício com diferentes granulações 120 a 1200 *mesh*. Para o polimento os corpos de prova foram submetidos ao uso de pasta abrasiva de 0,3  $\mu\text{m}$  e 0,05  $\mu\text{m}$ , e posteriormente ao ataque químico por imersão com Nital 3% por 5 segundos.

As observações das microestruturas de cada região da junta soldada foram realizadas em um microscópio óptico (THS – 200 Olympus), no Laboratório de Engenharia de Ciências e Materiais da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), sendo elas: metal de base; zona termicamente afetada e zona fundida. Para análise de microdureza utilizou-se um microdurômetro (HM-100 Mitutoyo) com a carga 1,0 kgf. O ensaio seguiu a norma ASTM E384 - 11. Adotando-se os corpos de prova usados na metalografia.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1 expõe a região que foram feitas as medidas de dureza na secção transversal da junta soldada, e em todas as amostras foi possível observado o mesmo aspecto que a ZTA contornou o metal de solda, dando assim um aspecto mais grosseiro nas suas estruturas e na figura 2 são observados o comportamento das curvas de dureza x profundidade comparativa entre juntas soldadas com CO<sub>2</sub>

e Argônio das amostras realizadas. Pelos valores de dureza figura 2 na faixa de 0,30 mm de distância da ZTA, logo após a zona de ligação para juntas soldadas com CO<sub>2</sub>, foram obtidas durezas entre 400 a 520 HmV (40 a 52HRC), e as amostra que apresentaram similaridades nos seus valores foram as peças 1 e 3. Já em um intervalo maior, como o 0,50mm e 0,70 mm, a junta solda com Argônio, alcançamos valores de dureza compreendendo de 270 a 290 HmV (27 a 29 HRC). Pois, a adição do CO<sub>2</sub> como gás de proteção não altera a taxa de deposição e geometria do cordão de solda, e ainda elevando a taxa de diluição e valores de dureza do metal de solda, devido o mesmo ter um alto poder oxidante e alta condutividade térmica, possibilitando assim um resfriamento mais lento do material, quando comparado com o argônio, estas observações estão em concordância com os obtidos por (MOREIRA, 2008).

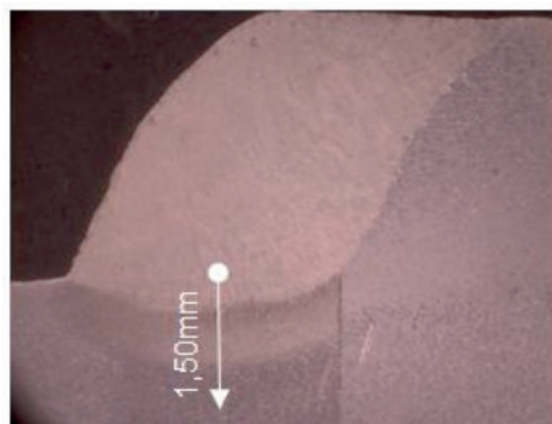


Figura 1. Região de medida da dureza da junta soldada (Autores, 2018).

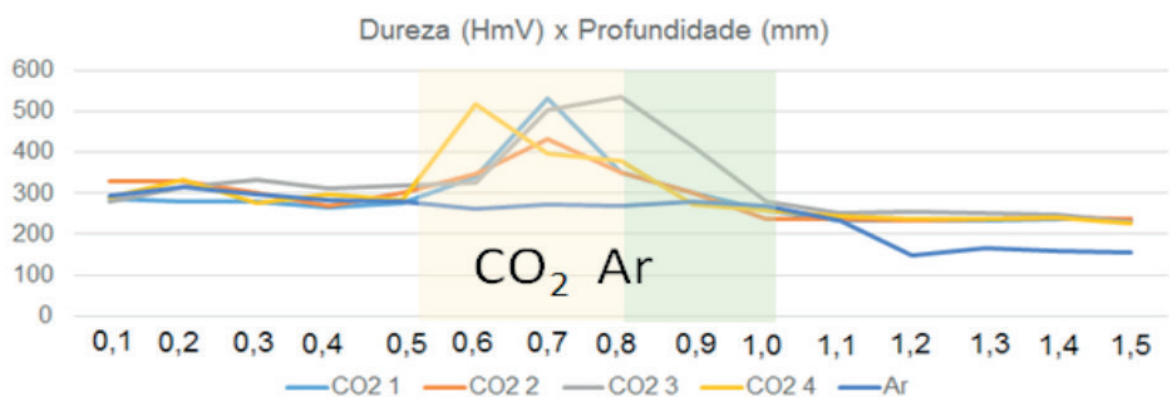


Figura 2. Curvas de dureza x profundidade comparativa entre juntas soldadas com CO<sub>2</sub> e Argônio (Autores, 2018).

Nas análises metalográficas da junta soldada utilizando o gás argônio na figura 3 mostra secção da junta solda com Argônio e as figuras 4 e 5 são as microestruturas das regiões de ligação e recristalização respectivamente, observamos uma maior extensão da ZTA, este comportamento se deve ao fato de o gás de proteção ter como características o baixo potencial de ionização, oxidação e condutividade de térmica,



e ainda tais aspectos do argônio alteram a sua microestrutura, e neste trabalho foi encontrada a bainita e perlita, e estas refletem no comportamento de microdureza, pois o gás de proteção, também influencia na formação geométrica do cordão de solda, estas características também foram relatadas por (FIGUERÔA, 2016). Outra observação que é pertinente é a amperagem empregada, na amostra 5, pois esta é entorno de 50 a 90 A maior, usando a margem de erro de  $\pm 30$  A empregada no trabalho, pois este fator influencia diretamente nas propriedades mecânicas.



Figura 3. Secção da junta solda com Argônio (Autores, 2018).

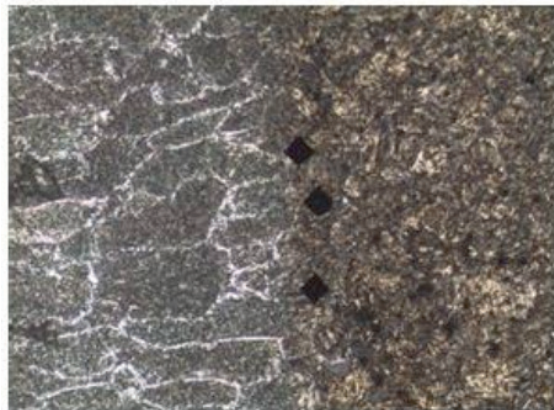


Figura 4. Microestrutura da região de ligação solda com Argônio (Autores, 2018).



Figura 5. Microestrutura da região de recristalização solda com Argônio (Autores, 2018).

Na figura 6 mostra secção da junta solda com  $\text{CO}_2$ . Já nas figuras 7 e 8



mostram microestrutura das regiões de ligação e recristalização respectivamente, que pelas observações constatamos que não alterações significativas na ZTA, quando comparado com a amostra feita pelo gás de proteção de argônio, por ferritas e martensita, estas microestruturas influenciam diretamente nas propriedades mecânicas, originando o tamanho de grãos menores, refletindo assim na microdureza. Na faixa estudada por este trabalho, os menores valores de amperagens soldados usando o  $\text{CO}_2$  como gás de proteção resultaram em soldas com microestruturas mais refinadas, podendo ser provenientes de maiores taxas de resfriamento, o que foi associado à maior condutividade térmica do  $\text{CO}_2$  em relação ao Ar, pois a faixa de amperagem altera de forma significativa a taxa de deposição, geometria de solda e fração volumétrica da microestrutura, e tais observações resultaram em valores de microdurezas próximos entre uma amostra e outra.



Figura 6. Secção da junta solda com  $\text{CO}_2$  (Autores, 2018).



Figura 7. Microestrutura da região de ligação solda com  $\text{CO}_2$  (Autores, 2018).

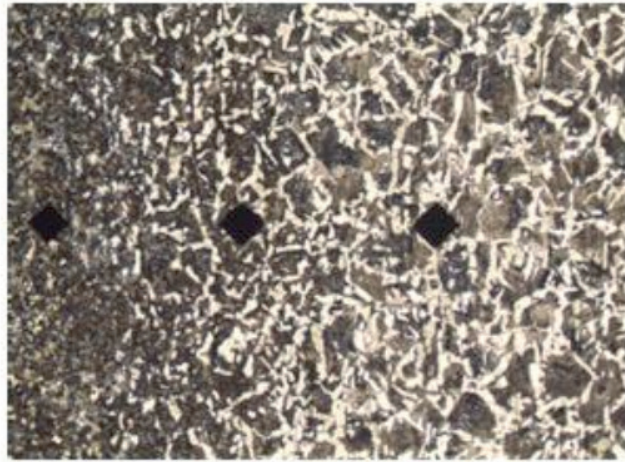


Figura 8. Microestrutura da região de recristalização solda com CO<sub>2</sub> (Autores, 2018).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observamos que os gases de proteção adotados alteram de formas significativas as propriedades das peças, pois a diferença em torno de aproximadamente 130 HmV o que pode render 23 HRC, entre as amostras aferidas, irão ditar se é viável ou não processar a solda usando CO<sub>2</sub> ou Ar, com determinadas condições, levando em conta a vazão e a amperagem da soldagem, constatamos ainda que o dióxido de carbono não alterou a taxa de deposição da solda, geometria do cordão de solda, a fração volumétrica das microestrutura e ainda elevou a os valores de durezas do material, enquanto, o argônio provou que não é um bom gás de proteção no processo de soldagem, já que as suas características físico-químicas são bem diferentes que o CO<sub>2</sub>, tais aspectos influenciaram de forma substancial da dureza obtida do material e que ainda se refletiu na alteração da zona do cordão de solda.

#### REFERÊNCIAS

- BARROS, P. M. **Metalurgia da Soldagem I**. São Paulo: Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Fatec/UNESP, 2002.
- BRACARENSE, A., Pereira U. **A soldagem GMAW**. Revista da Soldagem, nº 05, p. 01-12, 2005.
- CANTO, M. A. A. **Influência dos gases de proteção empregados no processo MIG/MAG sobre as propriedades mecânicas do metal de solda**. Dissertação UFRGS, p. 02-06, 1991.
- COUTO, J. G. V., Pessoa A. A. **Processo CO<sub>2</sub>, em solda versus misturas de argônio e dióxido de carbono**. Separada da Revista Engenharia Industrial, p. 01-08, 2000.
- FIGUERÔA, D.W. **Estudo da Influência do Teor de CO<sub>2</sub> em Misturas de Ar + CO<sub>2</sub> e do Metal de Adição na Soldagem Híbrida Laser – Gmaw Maw em Aço Estrutural**. 22º CBECÍMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais; 2016.
- MODENESI, P. J., Marques Paulo Villani, Bracarense Alexandre Queiroz. **Soldagem: fundamentos e tecnologias**. Belo Horizonte: Ed. UFMG; 2017.

MOREIRA A. F. **M838i Influência da atmosfera protetora no cordão de solda obtido através dos processos de soldagem GMAW e FCAW.** Ilha Solteira; 2008; p. 146.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Henrique Ajuz Holzmann** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acesso ao saneamento 168  
Aditivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14  
Agregado leve 31, 34, 37, 38  
Análise da fratura 122, 126, 130  
Análise de variância 99  
Aplicações biomédicas 113, 119  
Argamassas 1, 2, 3, 4, 10, 11

### B

Baterias de lítio 106, 113, 118  
Biomassa 99

### C

Características 3, 29, 32, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 56, 61, 64, 65, 74, 83, 84, 88, 89, 97, 110, 118, 122, 127, 128, 129, 134, 136, 146, 147, 150, 151, 153, 164, 168  
Caulim 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84  
Células combustível 113  
Compensado 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 170  
Compósito 20, 24, 25, 61, 75, 76, 77, 79, 80, 84  
Compósitos 22, 24, 29, 30, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 99, 119, 135  
Concreto de alta resistência 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23  
Cooperativas 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164  
Corrosão 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 185  
Cristalização hidrotérmica 104

### D

Dispersão 82, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 94, 95

### E

Economia solidária 155, 162, 163, 164

### F

Fadiga 122, 124, 129, 134  
Fibra de polipropileno 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22  
Fibras de cana-de-açúcar 61  
Fibras de côco verde 61  
Filme plástico 85  
Fôrmas 52, 54, 58, 60  
Fotocatálise 113, 114

## I

Instalações elétricas 135, 144

italic 105

## L

Lama vermelha 31, 32, 33, 34, 37, 38, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84

Licuri 24, 25, 26, 29, 30

## M

Marco regulatório do saneamento 165, 166, 181, 183

Materiais conjugados 74

Materiais de construção 1, 2, 11

Mercerização 61, 65, 66, 67, 68, 71

Microemulsão 104

Mineração 32, 39, 40, 41, 43, 46, 47, 50, 75, 84

## N

Nanoestruturas de titânio 113

Nanopartículas de prata 85, 86, 87, 89, 91, 96

## P

Pavimentação 39, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 51

Polietileno 52, 53, 54, 55, 61, 64, 65, 66, 72, 85, 88, 89

Propriedades mecânicas 12, 14, 15, 19, 20, 22, 64, 81, 82, 83, 99, 124, 132, 134, 147, 148, 151, 152, 153

## R

Resina poliéster 74

Resistência à compressão 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 61, 64

Resistência à compressão diametral 12, 20

Riscos do fim do subsídio 166

## S

Sacolas plásticas 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60

Secagem 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 66, 76, 93, 105, 107, 117

Síntese TiO<sub>2</sub> nanoestruturado 104

Sistemas de aterramento 135, 136, 144

Slump test 12, 13, 18

Sobrecarga 21, 122

Sol-gel 104, 105, 111, 112

Subsídio cruzado 165, 166, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182

Substituto 52

Sustentabilidade 2, 25, 39, 53, 61, 155, 156, 159, 160, 161, 163, 164, 169

## T

Técnicas eletroquímicas 135, 144

Tijolo 24, 25, 26, 28, 29

Trilho ferroviário 122

Triple bottom line 155, 156, 157, 159

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-848-9



9 788572 478489