



Ernane Rosa Martins  
(ORGANIZADOR)

# Ciência, tecnologia e inovação:

3

Fatores de progresso e de desenvolvimento



Ernane Rosa Martins  
(ORGANIZADOR)

# Ciência, tecnologia e inovação:

3

Fatores de progresso e de desenvolvimento

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C569 Ciência, tecnologia e inovação: fatores de progresso e de desenvolvimento 3 / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-750-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.502210612>

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 601

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A nossa sociedade está em constante evolução em todas as áreas do conhecimento. Esta obra pretende apresentar o panorama atual relacionado a ciência, a tecnologia e a inovação, com foco nos fatores de progresso e de desenvolvimento. Apresentando análises extremamente relevantes sobre questões atuais, por meio de seus capítulos.

Estes capítulos abordam aspectos importantes, tais como: avaliar a influência do uso de jogos lúdicos no aprendizado da tabela periódica em aulas de química; um relato de experiência sobre um processo seletivo, formação e posterior contratação de desenvolvedores de softwares para uma empresa do ramo da tecnologia; o desenvolvimento de empresas de base científica e tecnológica por meio de suporte individualizado e transferência de conhecimento; uma reflexão sobre o campo educacional e suas inquietações e adaptabilidades frente a crescente digitalização condicionada, assim como as consequências educacionais em período atípico de pandemia do novo corona vírus pelo mundo; a implementação de clubes de robótica e automação, na forma de ação extensionista em estabelecimentos de ensino, como modalidade de produto educacional; a coleta de dados de imóveis pelo Poder Público, através do método de automatização chamado de web crawler; a avaliação da influência da estrutura bruta de solidificação (grãos equiaxiais e colunares) nos processos posteriores de conformação plástica e respectivos tratamentos térmicos; analisar como o uso de jogos eletrônicos pode ser aliado ao ensino da Matemática para o desenvolvimento de uma aprendizagem efetiva e contínua; o estudo da influência da topografia na molhabilidade de superfícies tratadas a plasma; um modelo conceitual de projeto integrador (PI) para engenharias EaD no modelo híbrido de uma IES de SC; uma série de etapas propostas para facilitar a criação e o voo de um enxame de drones, fornecendo assim um guia para o desenvolvimento de diferentes tipos de enxames; e uma proposta de integração de dois manipuladores robóticos devido suas versatilidades em se adequarem a diversas situações em relação a outras máquinas.

Nesse sentido, esta obra é uma coletânea, composta por excelentes trabalhos de extrema relevância, apresentando estudos sobre experimentos e vivências de seus autores, o que pode vir a proporcionar aos leitores uma oportunidade significativa de análises e discussões científicas. Assim, desejamos a cada autor, nossos mais sinceros agradecimentos pela enorme contribuição. E aos leitores, desejamos uma leitura proveitosa e repleta de boas reflexões.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A BUSCA PELA TERCEIRIZAÇÃO EM P&D, O CASO DO CETENE NO NORDESTE DO BRASIL

Amilcar Baiardi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106121>

### **CAPÍTULO 2..... 36**

APLICAÇÃO DE JOGOS LÚDICOS PARA MELHOR COMPREENSÃO DA TABELA PERIÓDICA

Luís César Rodrigues da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106122>

### **CAPÍTULO 3..... 47**

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS EM PROCESSOS DE FORMAÇÃO NA ÁREA TECNOLÓGICA

Rafael Aguilár Magalhães

Angelita Minetto Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106123>

### **CAPÍTULO 4..... 56**

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM PRÁTICA PEDAGÓGICA SEGUNDO VYGOTSKY

Dianne Fabhrícia Meireles Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106124>

### **CAPÍTULO 5..... 64**

BLOOMBTECH - FLORESCENDO INCUBADORAS E INCUBADAS EM MINAS GERAIS

Ana Carolina Calçado Lopes Martins

Artur Tavares Vilas Boas Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106125>

### **CAPÍTULO 6..... 69**

CIBRIDISMO E APRENDIZAGEM UBÍQUA: A UTILIZAÇÃO DO INSTAGRAM COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL NO ENSINO ACADÊMICO

Yubis Pereira Martins

Célia Regina Rossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106126>

### **CAPÍTULO 7..... 79**

CLUBES DE ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106127>

**CAPÍTULO 8..... 86**

**COLETA DE DADOS DE IMÓVEIS DE FORMA AUTOMATIZADA PARA FINS DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Caroline Bernardo Silva  
Eduardo Schmidt Longo  
Everton da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106128>

**CAPÍTULO 9..... 95**

**COMPARATIVO DE PRODUCTOS PARA LA ELABORACIÓN DE CARTAS GEOTÉCNICAS Y MAPAS DE VULNERABILIDAD**

Clayson Marlei Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5022106129>

**CAPÍTULO 10..... 103**

**CRIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE TECNOLOGIA CUIDATIVO-EDUCACIONAL PARA PREVENÇÃO DE GEO-HELMINTÍASES ENTRE RIBEIRINHOS DA AMAZÔNIA PARÁ-BRASIL**

Horácio Pires Medeiros  
Ana Paula da Silva Barbosa  
Francisca Maynara de Aguiar Bastos  
João Paulo Lima da Silva  
Kaliandra Moraes de Araújo  
Lucas Deyver da Paixão Lima  
Thayse Kelly da Silva Martino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061210>

**CAPÍTULO 11..... 117**

**DIGITALIZAÇÃO DO QUITUTES MIRABAL EM PARCERIA COM O PROJETO E.LAS DA ENACTUS UFRGS DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19**

Sérgiane Mara Campos Pereira  
Laura Koenig Schmitt  
Hellena Silva Leão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061211>

**CAPÍTULO 12..... 123**

**ESTADO FUNCIONAL DO PACIENTE APÓS ALTA IMEDIATA DA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Karolina Duarte Junqueira  
Matheus Carvalho Pereira Santiago  
Aline Alves da Silva  
Yago da Costa  
Ana Cláudia Antônio Maranhão Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061212>

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>131</b>
ESTUDO DO PROCESSO DE DEFORMAÇÃO E RECRISTALIZAÇÃO DE UMA LIGA DE AL 4,5% CU	
Bruna Gobbi Garcia	
Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061213">https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061213</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>145</b>
EXPERIMENTO COM JOGOS ELETRÔNICOS NO 7º ANO DO FUNDAMENTAL II DA ESCOLA DUQUE DE CAXIAS	
Leandro dos Santos Almeida	
Annelise Maymone	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061214">https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061214</a>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>163</b>
INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA NA MOLHABILIDADE EM SUPERFÍCIES DE TITÂNIO TRATADAS POR OXIDAÇÃO A PLASMA	
Custódio Leopoldino de Brito Guerra Neto	
Marco Aurélio Medeiros da Silva	
Bruno de Macedo Almeida	
Ângelo Roncalli Oliveira Guerra	
Ana Beatriz Villar Medeiros	
Renivânia Pereira da Silva	
Tereza Beatriz Oliveira Assunção	
Clodomiro Alves Junior	
Karina e Silva Pereira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061215">https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061215</a>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>178</b>
INTRODUÇÃO AO FUNCIONAMENTO DE CARROS ELÉTRICOS: UMA REVISÃO	
Sheilla Caroline de Lima	
Artur Saturnino Rodrigues	
Victor Augusto Nascimento Magalhães	
Izaldir Ângelo Pereira Lopes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061216">https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061216</a>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>196</b>
JOGOS DIGITAIS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE ZOOLOGIA	
Luciana de Lima	
Robson Carlos Loureiro	
Igor Moura Barbosa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061217">https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061217</a>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>209</b>
PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL DE PROJETO INTEGRADOR PARA	

## ENGENHARIAS EAD DO MODELO HÍBRIDO

Jean Marcelo Dias

Ana Carolina Braga Kodum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061218>

### **CAPÍTULO 19..... 224**

#### PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN ENJAMBRE DE DRONES

Carlos Alberto Guizar Gómez

José Luis Guevara Gómez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061219>

### **CAPÍTULO 20..... 236**

#### QUALIDADE DE VIDA DE CRIANÇAS USUÁRIAS DE IMPLANTE COCLEAR

Patricia Haas

Fernanda Soares Aurélio Patatt

Laura Faustino Gonçalves

Karina Mary de Paiva

Beatriz Vitorio Ymai Rosendo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061220>

### **CAPÍTULO 21..... 256**

#### QUALIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA SOLDAGEM DOS AÇOS AUSTENÍTICOS PARA OS INTERNOS DE REATORES NUCLEARES

Ademir Antonio Fraga Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061221>

### **CAPÍTULO 22..... 269**

#### REVOLUCIÓN DIGITAL DEL BIG DATA Y MINERÍA DE DATOS: SU IMPACTO SOCIAL

Wendy Daniel Martínez

Luis Alejandro Santana Valadez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061222>

### **CAPÍTULO 23..... 280**

#### UMA REFLEXÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO BRASILEIRO NOS ÚLTIMOS VINTE ANOS

Cássia Viviani Silva Santiago

Nayara Gonçalves Lauriano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061223>

### **CAPÍTULO 24..... 294**

#### USO DA ROBÓTICA COOPERATIVA PARA A MANUFATURA ADITIVA METÁLICA EM PROCESSOS DE SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO

Fagner Guilherme Ferreira Coelho

Alexandre Queiroz Bracarense

Eduardo José Lima II

Diego Raimundi Corradi  
Ariel Rodrigues Arias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50221061224>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>307</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>308</b>

## ESTUDO DO PROCESSO DE DEFORMAÇÃO E RECRISTALIZAÇÃO DE UMA LIGA DE AL 4,5% CU

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 17/09/2021

**Bruna Gobbi Garcia**

Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – MG

<http://lattes.cnpq.br/3874529555299854>

**Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo**

Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – MG

<https://orcid.org/0000-0001-9668-7799>

**RESUMO:** O alumínio e suas ligas são largamente utilizados na indústria automotiva, aeronáutica e militar, por sua alta usinabilidade e resistência mecânica em relação ao peso. Para obter peças em ligas de alumínio é usual a utilização de uma sequência de processos, tais como: fundição/solidificação, tratamento térmico de homogeneização, conformação plástica, tratamento térmico de solubilização e envelhecimento. O presente trabalho tem por objetivo a avaliação da influência da estrutura bruta de solidificação (grãos equiaxiais e colunares) nos processos posteriores de conformação plástica e respectivos tratamentos térmicos. Para tanto, será utilizada uma liga de alumínio com 4,5% de cobre em peso, previamente solidificada direcionalmente e tendo como estrutura bruta de solidificação duas regiões distintas: uma de grãos colunares e outra de grãos equiaxiais. Amostras da liga no estado bruto de solidificação foram homogeneizadas

por tratamento térmico e laminadas nas direções longitudinal e transversal do crescimento dos grãos colunares. Depois de laminadas, as amostras foram recozidas, variando o tempo de encharque e a taxa de resfriamento. Em todos os estágios de processamento – bruta de solidificação, homogeneização, laminação (nas duas direções) e recozimento – foram medidas a dureza e a microdureza, realizando ensaios de microscopia óptica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alumínio-Cobre; Solidificação direcional; Laminação; Tratamento térmico.

### STUDY OF THE DEFORMATION AND RECRYSTALLIZATION PROCESS OF AN ALLOY OF AL 4.5% CU

**ABSTRACT:** Aluminum and its alloys are widely used in the automotive, aeronautics and military industries, due to their high machinability and mechanical strength in relation to weight. To obtain aluminum alloy parts, it is usual to use a sequence of processes, such as: casting/solidification, homogenization heat treatment, plastic forming, solubilization heat treatment and aging. The present work aims to evaluate the influence of the gross solidification structure (equiaxial and columnar grains) in the subsequent plastic forming processes and respective heat treatments. For that, an aluminum alloy with 4.5% copper by weight will be used, previously solidified directionally and having as gross solidification structure two distinct regions: one with columnar grains and the other with equiaxed grains. Alloy samples in the raw solidification state were homogenized by heat treatment and rolled in the longitudinal and transverse directions

of columnar grain growth. After being rolled, they were annealed, varying the soaking time and the cooling rate. In all stages of processing –solidification, homogenization, lamination (in both directions) and annealing – hardness and microhardness were measured, and optical microscopy tests were carried out.

**KEYWORDS:** Aluminum-Copper; Directional solidification; Lamination; Heat treatment.

## 1 | INTRODUÇÃO

As ligas de Alumínio são amplamente utilizadas na indústria, devido a suas boas propriedades físicas e químicas. Dentre elas, destacam-se: baixo ponto de fusão; peso específico em torno de 2,7 g/cm<sup>3</sup>; camada de óxido que reveste o alumínio, deixando-o resistente a corrosão; condutibilidade elétrica semelhante ao cobre; alta condutibilidade térmica; entre outras. Todas essas características fazem com que o Alumínio e suas ligas tenham um importante papel na indústria de alimentos, automobilística e civil<sup>[1]</sup>.

Para a análise mais aprofundada das informações, é importante estudar o diagrama de fases, que se faz necessário em razão do aquecimento que as peças devem passar. Esse aquecimento não pode ultrapar o ponto eutético, (ponto definido como o limite entre a fase sólida e a fase líquida no gráfico). No material utilizado, esse ponto está em torno de 550°C, portanto, qualquer tratamento térmico a ser realizado deve ser feito em temperaturas mais baixas do que essa para que não haja a formação da fase líquida indesejada. O que pode ser observado na Figura 1.

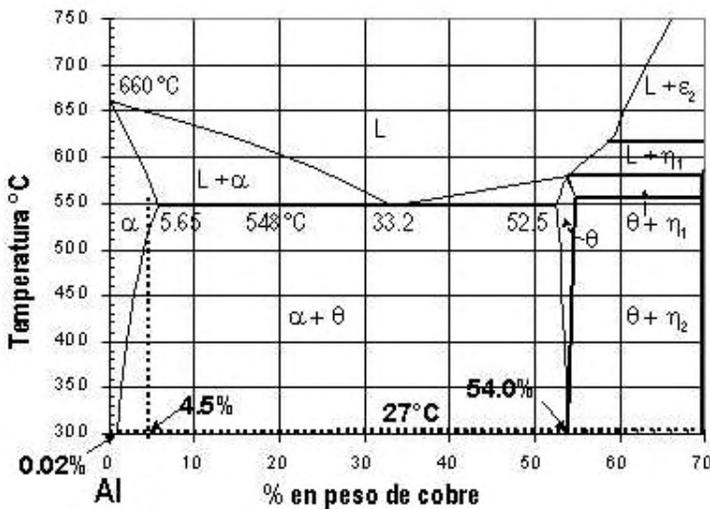


Figura 1. Diagrama de Fases Al-Cu<sup>[2]</sup>

Para este trabalho, foram usadas peças recebidas de solidificação unidirecional ascendente, a qual consistiu em isolar o molde para que a transferência de calor seja feita

de forma direcionada. Permitindo, assim, os grãos crescerem direccionalmente, resfriado no sentido contrário ao gravitacional<sup>[3]</sup>.

No experimento, há 4,5% de Cobre presente no Alumínio. Para manter o elemento de liga dentro da microestrutura resultante, é preciso que haja o resfriamento rápido. Dessa forma, não há tempo do mesmo formar a fase  $\theta$  precipitado nos grãos, ficando, assim, na segunda região do diagrama. Esse elemento pode estar em duas formas (pois o valor de porcentagem dissolvido é obtido com o aquecimento): Cobre dissolvido na matriz  $\alpha$  de Alumínio, ou na forma de  $Al_2Cu$ .

## 2 | MÉTODO EXPERIMENTAL E PROCEDIMENTOS

As amostras recebidas vieram cortadas na forma de meia circunferência, com termopares internos para se obter as temperaturas de solidificação, como é evidenciado na Figura 2.

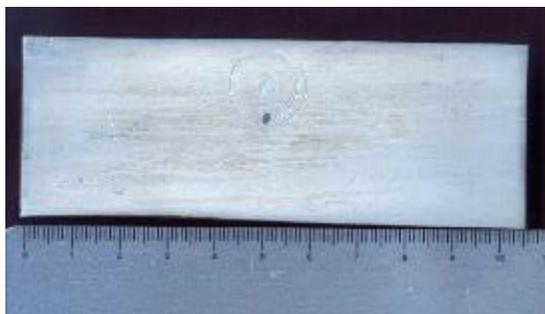


Figura 2. Liga Al-4,5% Cu solidificada direccionalmente

Após o corte, as amostras foram preparadas, sendo lixadas e polidas. Foi realizada a microdureza de um pedaço da amostra para posterior comparação, e utilizado o MO para a análise mais detalhada da microestrutura.

Para efeitos de teste, foi realizada a laminação a frio da peça, antes da mesma passar por qualquer tratamento térmico, como é mostrado nas Figuras 3 e 4.

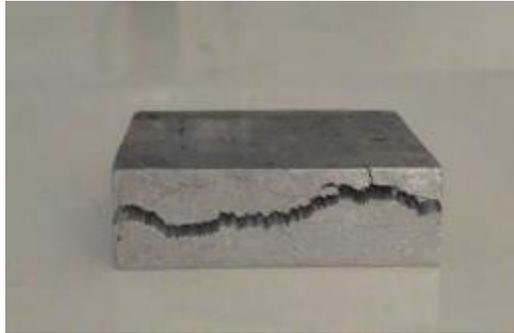


Figura 3. Amostra da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada e laminada a frio na direção do crescimento de grão



Figura 4. Amostra da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada e laminada a frio na perpendicular ao crescimento de grão

Em seguida, foram realizados tratamentos de homogeneização e solubilização das peças, colocando-as no forno e resfriando de maneira rápida em água, ou gradual, dentro do forno.

A homogeneização consiste em aumentar a temperatura da amostra até próxima a temperatura de eutetização, para que o  $\text{CuAl}_2$  seja solubilizado na matriz  $\alpha$ , na forma de Cobre. A peça foi aquecida, mantida no forno para um resfriamento lento e conseqüente deposição de  $\text{CuAl}_2$  em volta dos grãos e nos seios de grão, aumentando também o tamanho dos mesmos. A principal função é diminuir ou extinguir as segregações química por difusão, produzir uma estrutura mais estável e ter características metalúrgicas semelhantes na peça. Com isso, há uma redução na dureza para posterior laminação<sup>[4]</sup>.

Já a solubilização consiste em aquecer a peça e resfriar de forma rápida para que o Cobre que solubilizou e saiu da forma  $\text{CuAl}_2$ , fique preso dentro da matriz de Alumínio, deixando o material pouco precipitado. Esse tratamento também busca reduzir as tensões internas, aumentando o tamanho de grão, diminuindo a segregação química por difusão e tendo, assim, uma estrutura mais estável e com menor dureza para realizar a laminação posterior.

Sua diferença básica com relação a homogeneização é a forma de resfriamento. Na solubilização, há o resfriamento rápido para que todo Cobre fique depositado dentro da matriz de Alumínio; já na homogeneização, o resfriamento é lento, dentro do forno, para que haja deposição de precipitado<sup>[5]</sup>.

As amostras foram laminadas até tentar se obter redução nas espessuras de 54%, 76% e 92% e recristalizadas no forno, para que houvesse uma redução nas tensões internas das peças, que ganharam ao laminar.

A laminação consiste na passagem do material por meio de dois cilindros, buscando a diminuição da área da seção transversal. Com essa diminuição, há um aumento no comprimento. O acabamento da peça depende da temperatura em que a laminação é feita<sup>[6]</sup> – no caso, foi utilizada a laminação a frio. Durante a laminação, há o processo de encruamento, diminuição dos grãos e aumento de tensões internas.

A laminação é usada para materiais com alta plasticidade a frio, as reduções de espessura são limitadas pelo encruamento e deve-se ter forças de laminação bem maiores que na laminação a quente. Confere o encruamento ao Alumínio e aumenta a resistência à tração e ao escoamento<sup>[6]</sup>.

A recristalização é utilizada para diminuir as tensões internas, criadas, no caso, pelo processo de laminação<sup>[7]</sup>. A laminação faz com que haja uma diminuição no tamanho de grãos devido à quebra dos já existentes. No processo de recristalização, novos grãos são formados, consumindo-se e juntando-se com os pré-existentes. Além disso, ocorre também o aquecimento, mas com um tempo e uma temperatura menor, sendo essa última em torno de um terço da temperatura de fusão. Para ligas de Alumínio, a temperatura varia entre 300°C e 400°C, dependendo da liga, da espessura do material e do tratamento sofrido.

Análises no microdurômetro, no Microscópio Óptico e no Microscópio de Varredura, foram feitas para questões comparativas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para efeito comparativo, fez-se a microdureza da amostra recebida, na qual percebe-se que as microdurezas variam muito devido aos grandes grãos presentes na estrutura. As altas durezas são contabilizadas nos grãos em que a concentração interna de Cobre é maior, enquanto que as baixas durezas ocorrem quando o aplicador atinge a matriz mais pura da amostra.

Com a amostra solubilizada, percebe-se que há uma disparidade menor nos valores das microdurezas, como é o esperado. Isto ocorre devido ao aumento de temperatura, mas os valores continuam com uma diferença razoavelmente grande, pois o material foi resfriado bruscamente, não tendo tempo para ocorrer precipitação. Dessa forma, o cobre permanece dentro da matriz em estado sólido. Quanto maior essa concentração, maior a dureza neste local. Averiguou-se, também, que houve uma queda com relação às

microdurezas da primeira amostra.

Por fim, as amostras foram homogeneizadas, gerando microdurezas regulares em função da precipitação no contorno de grãos e matriz mais pura em Alumínio. Também foi possível notar que ocorreu uma queda nas microdurezas, tanto com relação à recebida, quanto à solubilizada. Resultado já esperado, pois há uma minimização dos efeitos de tensão e uma melhora na qualidade da peça, com a redução nos defeitos. Ainda, essa amostra apresentou uma diminuição do tamanho dos grãos e uma melhor distribuição das microestruturas constituintes, além de uma deposição de precipitado no contorno e na matriz dos grãos, sendo o melhor processo para a posterior laminação.

A laminação foi realizada nas peças homogeneizadas cujo resfriamento foi dentro e fora do forno. Esta laminação permitiu que houvesse uma redução de seção das peças. Para efeito de comparação, as peças foram laminadas na mesma quantidade de passes pelo laminador, sendo que cada dois passes representa uma volta inteira do volante de manivela circular.

As reduções desejadas eram de: 54%, 75% e 92%; cada peça tinha uma espessura de 10 milímetros. Para dadas reduções, foram realizadas respectivamente 11, 20 e 26 passes, obtendo-se no final:

	<b>Resfriamento no forno</b>	<b>Resfriamento fora do forno</b>
<b>11 passes</b>	4,7 mm	4,8 mm
<b>20 passes</b>	2,3 mm	2,4 mm
<b>26 passes</b>	0,7 mm	0,8 mm

Tabela 1. Espessura final medida após a laminação dada uma quantidade de passes

A homogeneização feita dentro do forno gerou resultados mais concretos do que a gerada fora dele, uma vez que ao comparar as microdurezas das superfícies após as laminações, percebe-se que nas duas menores espessuras da amostra fora do forno há uma grande proximidade com relação as durezas. Até mesmo na com espessura maior após laminada, ainda que todas tenham durezas muito próximas. Já na homogeneização feita dentro do forno, as peças após laminação apresentam uma maior variação entre as microdurezas, dando um resultado como é esperado.

As figuras 5 à 10 representam as imagens feitas no Microscópio Optico das amostras homogeneizadas e resfriadas, tanto no forno como fora dele, e depois laminadas.

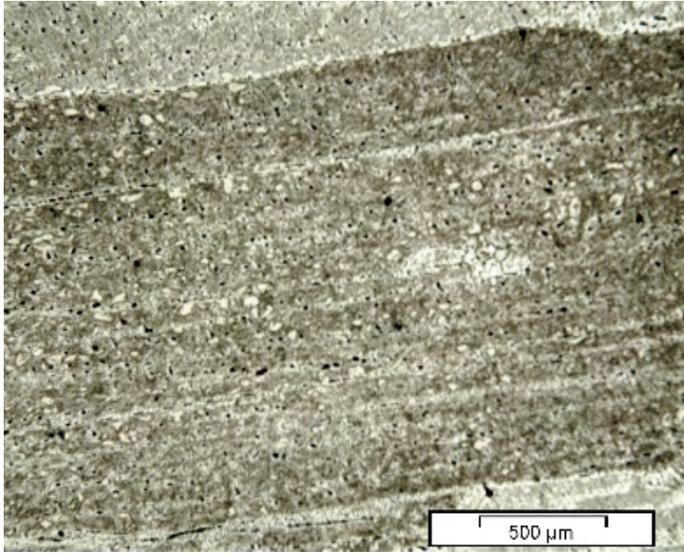


Figura 5. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 53% (Analysis)

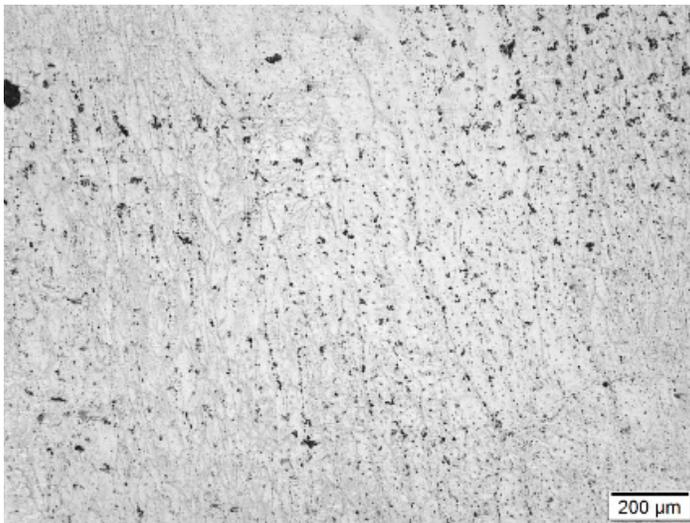


Figura 6. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 77% (Stream Basic)

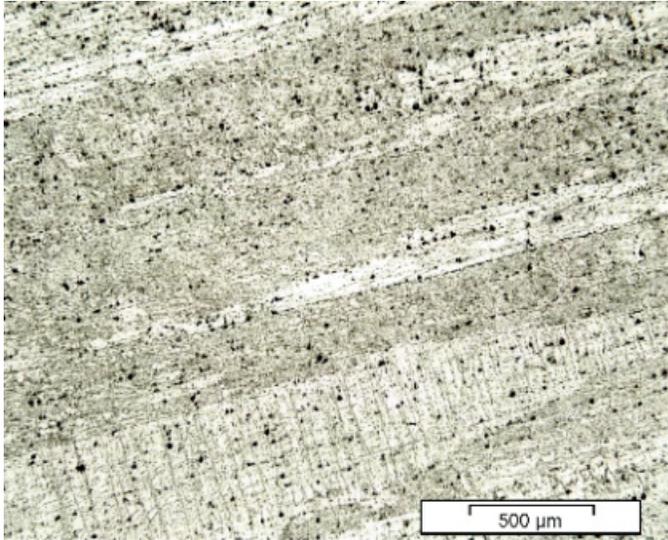


Figura 7. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 93% (Analysis)

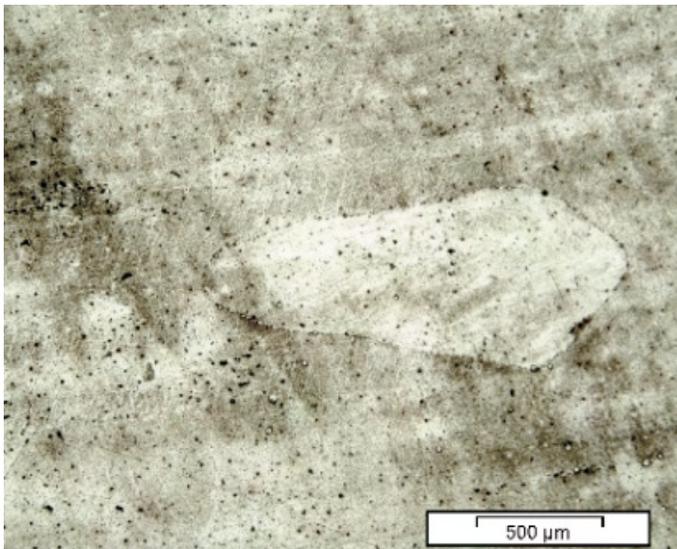


Figura 8. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 52% (Analysis)

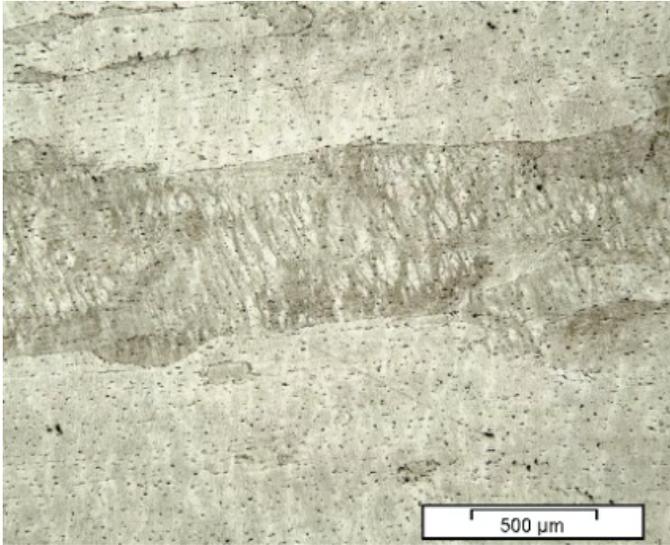


Figura 9. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 76% (Analysis)

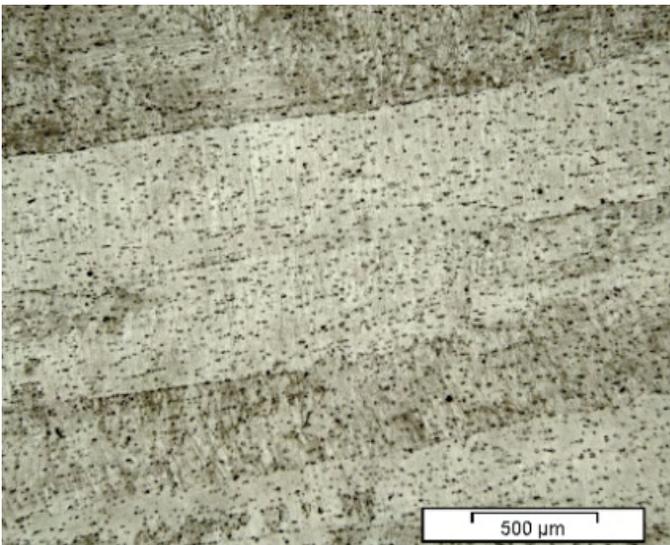


Figura 10. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 92% (Analysis)

Pode-se observar que houve um crescimento no comprimento dos grãos, além de notar os planos de escorregamento naqueles que são maiores. Essa última observação se faz mais presente nas laminações até espessuras menores. Na figura 8, vê-se uma incrustação (semelhante a uma planaria), que pode ser de um grão que não cresceu unidirecionalmente ou de algum tipo de impureza presente na composição química do

material.

Pode-se notar, também, que as amostras laminadas até as espessuras menores obtiveram uma microdureza menor. Esse fato se deve às concentrações de tensões maiores, proporcionais à quantidade de passes dadas na laminação, as quais são perdidas mais facilmente com o aumento da temperatura. Por conta disso, quando todas as peças são submetidas juntas ao aquecimento, há uma perda maior de dureza (recristalização) nas peças em que a concentração de tensão é maior.

Ainda, percebe-se que as peças homogeneizadas fora do forno apresentam uma microdureza maior que as homogeneizadas dentro dele. Quanto a amostra resfriada ao ar, a precipitação, ou seja, a saída do Al<sub>2</sub>Cu de dentro da matriz do grão, não aconteceu tanto quanto no resfriado dentro do forno. A presença de tal composto interfere na microdureza das amostras. O maior tempo de resfriamento implica em maior precipitação no contorno de grãos, fazendo com que as amostras apresentem menor microdureza.

Na amostra resfriada fora do forno e laminada até a espessura média, pode-se observar que há um aumento de microdureza próximo ao final da amostra, o que demonstra o maior encruamento obtido pela laminação. Esse material, que está atrás dos rolos no momento da laminação, encrua e é empurrado para trás, ocorrendo um acúmulo de tensões cada vez maior na região final da laminação. Este acúmulo de tensões gera uma maior dureza, e com isso espera-se que a peça seja mais frágil, com maior tenacidade.

As figuras 11 à 16 mostram os resultados obtidos pelo Microscópio Óptico das amostras laminadas e recristalizadas.

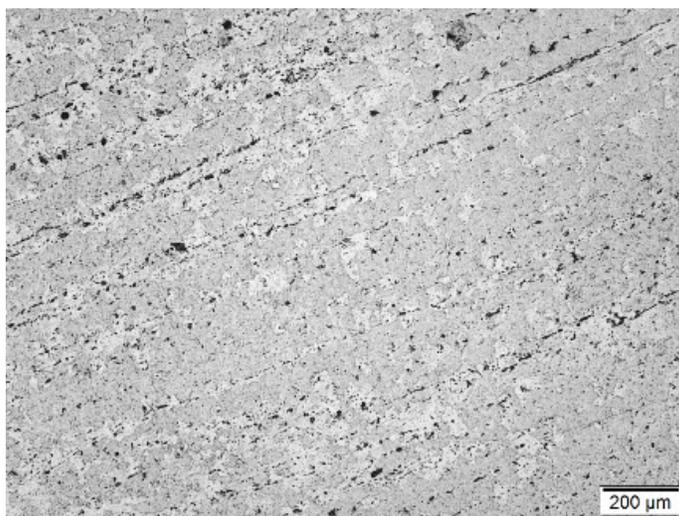


Figura 11. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 53% e recristalizada (Stream Basic).

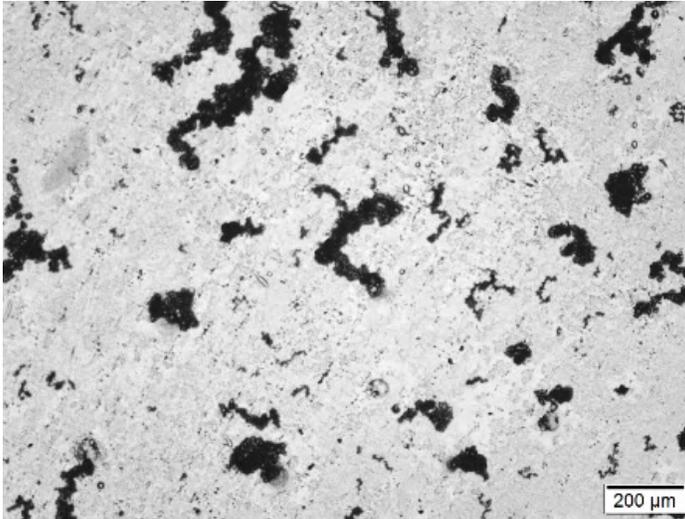


Figura 12. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 77% e recristalizada (Stream Basic).

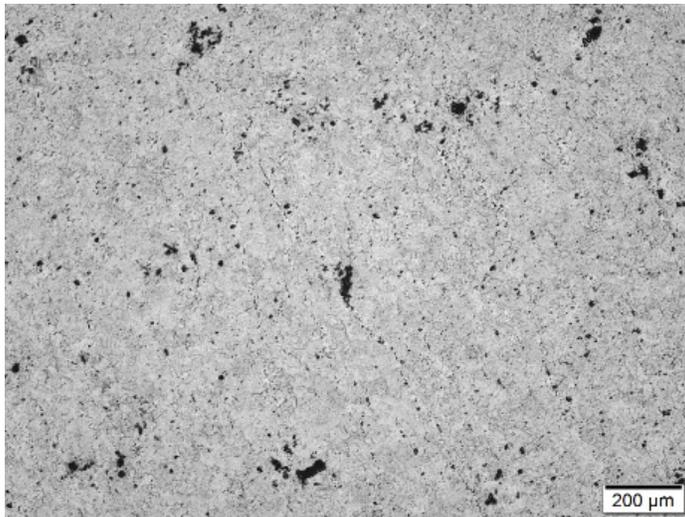


Figura 13. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada dentro do forno, laminada à 93% e recristalizada (Stream Basic).



Figura 14. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 52% e recristalizada (Analysis).

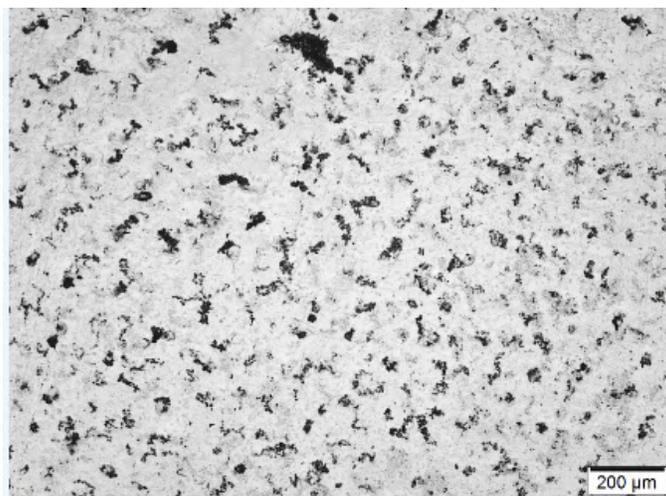


Figura 15. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 76% e recristalizada (Stream Basic).

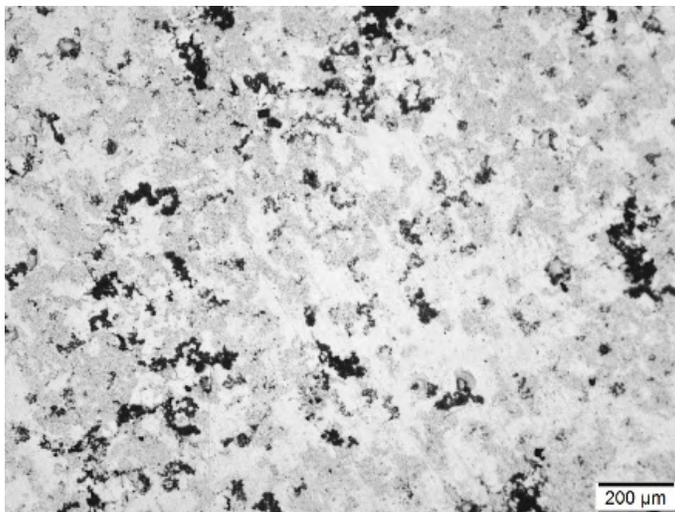


Figura 16. Imagem gerada pelo MO da liga Al-4,5% Cu solidificada direcionalmente, homogeneizada fora do forno, laminada à 92% e recristalizada (Stream Basic)

Observa-se que as amostras apresentam grãos menores e menos regulares (anteriormente os grãos tinham crescimento unidirecional e após o processo de recristalização há uma nova formação de grãos). As manchas pretas também cresceram após o tratamento térmico e o ataque em alguns casos, principalmente naqueles em que a duração de tempo foi maior, mostram que esse precipitado é mais sensível e frágil ao ataque, por ser um micro defeito e uma porta de entrada do reagente.

#### 4 | CONCLUSÕES

As primeiras análises feitas após tratamentos térmicos sugerem que, antes da laminação, faz-se necessário o tratamento térmico nas amostras. Isto também é válido após o teste feito em laminação a frio pura.

Esses tratamentos são feitos a fim de reduzir o tamanho de grãos e a microdureza, o que foi observado. Conclui-se, então, que o material possui muita aplicabilidade após o tratamento térmico e não somente em laminação, pois estes tratamentos o deixam menos frágil a esforços mecânicos, produzidos não somente pelo tipo que será usado.

Além disso, observa-se que a laminação a frio pura não é um método recomendado, já que com poucos passes o material se rompeu.

As amostras obtiveram o resultado como o esperado após a laminação – houve um aumento significativo de durezas – e as amostras homogeneizadas dentro do forno obtiveram durezas menores, por terem precipitados mais constantes na amostra. Esses precipitados, ao saírem da matriz do grão, fazem com que haja uma redução da microdureza.

Fez-se necessário uma recristalização das amostras após o processo, uma vez que

a laminação faz com que as tensões internas aumentem. Na recristalização, foi observado uma grande queda de microdureza e, como esperado, as peças homogeneizadas dentro do forno apresentaram uma menor microdureza. Ainda, foi observado que as peças de menor espessura final tiveram uma maior redução de microdureza, devido às tensões estarem mais concentradas nesses casos.

As análises no MO mostraram que os grãos obtiveram uma redução ao passar pela recristalização, além de mostrar os planos de escorregamento após a laminação das peças e antes de recristalizar.

## REFERÊNCIAS

- [1] R. S. Rana, Rajesh Purohit, and S Das. Reviews on the Influences of Alloying elements on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium Alloys and Aluminium Alloy Composites, International Journal of Scientific and Research Publications, June 2012.
- [2] KVACKAJ, T. Aluminium Alloys, Theory and Applications, 2011.
- [3] C. A. Siqueira, N. Cheung, A. Garcia, The columnar to equiaxed transition during solidification of Sn–Pb alloys, Journal of Alloys and Compounds, 2003.
- [4] BROMERSCHENKEL, J., COUTINHO, P. H., OLIVEIRA, J. R., NASCIMENTO, R. C., VIEIRA, E. A., Influência de velocidades de resfriamento de Al<sub>2</sub>Cu em ligas de Al<sub>4</sub>Cu homogeneizadas – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Porto de Galinhas – PE, 2008.
- [5] B. Milkereita, O. Kessler, C. Schick, Recording of continuous cooling precipitation diagrams of aluminium alloys, Thermochimica Acta, 2009
- [6] CETLI, P. R., HELMAN, H., Fundamentos da Conformação, Mecânica dos Materiais, 2015
- [7] S. Schmidt, S. F. Nielsen, C. Gundlach, L. Margulies, X. Huang, D. Juul Jensen, Watching the Growth of Bulk Grains During Recrystallization of Deformed Metals, Science, 2004

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumínio-Cobre 131

Aplicação 8, 14, 19, 30, 34, 36, 38, 39, 46, 59, 81, 84, 121, 145, 146, 150, 156, 157, 158, 159, 180, 204, 209, 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 250, 267, 295, 304, 305

Aplicativos 145, 146, 147

Aprendizagem 36, 37, 38, 39, 40, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 114, 145, 146, 147, 148, 149, 161, 179, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 244, 248, 249, 250

Arduino 79, 81, 83, 85, 296, 297

Atividades lúdicas 36, 39, 44, 46, 199

Atividades remotas 117

Audição 236, 237, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Aulas práticas 36, 38, 45

Automação 49, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 193, 296, 300, 305

Autônomo 8, 21, 47, 52, 53, 58, 224

Avaliação 5, 6, 18, 30, 35, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 81, 90, 103, 109, 111, 113, 115, 126, 127, 129, 131, 145, 150, 157, 158, 159, 170, 171, 195, 220, 221, 223, 236, 237, 239, 243, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 292

### B

Banco de dados 87, 88, 241, 299, 303, 307

Base tecnológica 6, 22, 64, 65

Big data 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279

Biomateriais 164, 165, 171

### C

Capacidade funcional 123, 124, 125, 126, 127, 129, 237

Capacitação 2, 47, 49, 50, 51, 66, 67, 146, 149, 156, 160, 213, 283

Carro elétrico 178, 190, 191

Cibercultura 69, 76, 78

Coleta de dados 41, 86, 90, 91, 92, 93, 145, 150, 179, 196, 201

Conhecimento 1, 2, 3, 5, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 27, 29, 35, 38, 39, 42, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 80, 81, 84, 86, 92, 107, 113, 121, 147, 148, 149, 157, 159, 161, 179, 196, 197, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 217,

220, 250, 290, 291

Contratação 21, 47, 48, 54, 285

Coronavírus 69, 70, 72, 74, 75

COVID-19 117, 118, 120, 212

## D

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 48, 49, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 82, 83, 87, 88, 89, 94, 105, 117, 120, 145, 148, 151, 178, 179, 193, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 206, 207, 212, 220, 224, 236, 237, 244, 249, 251, 256, 257, 267, 280, 281, 282, 283, 284, 289, 290, 291, 296, 297, 300, 302, 305, 306, 307

Dispositivo 10, 81, 82, 84, 165, 237

Docente 37, 39, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 70, 71, 72, 74, 78, 103, 108, 160, 197, 199, 209, 218, 219

Drone 224

## E

Educação 15, 26, 36, 37, 45, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 59, 62, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 103, 105, 107, 113, 114, 115, 122, 125, 129, 147, 149, 161, 198, 199, 200, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 222, 223, 246, 250, 284, 291, 307

Eletromobilidade 178, 190

Empreendedorismo social 117

Empresas 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 48, 50, 64, 65, 66, 67, 68, 95, 96, 99, 100, 101, 120, 197, 256, 270, 275, 277, 278, 280, 281, 282, 284, 285, 288, 289, 290, 291, 292

Ensino 15, 23, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 69, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 103, 114, 115, 116, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 160, 161, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 221, 222, 223, 244

Ensino-aprendizagem 36, 37, 38, 39, 45, 50, 52, 54, 146, 148, 197, 198, 199

Enxame 224

Estado funcional 123, 124, 125, 126, 128, 129

Exclusão digital 117, 121, 122

## F

Formação 2, 7, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 62, 63, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 80, 87, 94, 108, 109, 113, 132, 143, 149, 191, 208, 210, 212, 213, 215, 216, 217, 282, 283, 286, 292

Funcionalidade 123, 124, 125, 127, 128, 129, 237

## H

Híbrido 187, 194, 209, 211, 214, 215, 217, 218, 221, 222

## I

Implante 236, 237, 238, 242, 243, 248, 249, 252, 253

Incubadoras 23, 64, 65, 66, 67, 68

Independência funcional 123, 124, 125, 126, 127, 128

Indústria 6, 12, 20, 26, 30, 35, 74, 131, 132, 165, 178, 179, 282, 283, 289, 290, 291, 297

Inovação 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 64, 65, 68, 71, 163, 208, 214, 216, 280, 281, 282, 283, 284, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 307

Instagram 69, 70, 71, 74, 76, 77, 119, 122

Integrador 209, 211, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223

## J

Jogos eletrônicos 145, 146, 147, 148, 150, 159, 160, 161, 207

Jogos lúdicos 36, 38, 39, 45, 46

## L

Laminação 131, 133, 134, 135, 136, 140, 143, 144

## M

Matemática 37, 45, 47, 49, 51, 55, 79, 80, 82, 83, 85, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 157, 159, 160, 161, 208, 274

Microdureza 131, 133, 135, 140, 143, 144

Molhabilidade 163, 164, 166, 167, 170, 171, 172, 175, 176

Motores 20, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 190, 191, 193, 194, 195, 299

## O

Organização 2, 6, 7, 27, 29, 60, 63, 73, 78, 81, 112, 196, 201, 210, 212, 237, 252, 292

Óxido de Titânio 164

## P

Pandemia 48, 50, 51, 69, 70, 72, 74, 75, 78, 117, 118, 120, 121, 122, 208, 212

Pesquisa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 40, 41, 45, 55, 65, 69, 71, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 103, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 116, 123, 124, 127, 129, 149, 150, 160, 165, 179, 190, 196, 198, 199, 200, 201, 206, 207, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 236, 237, 238, 239,

240, 251, 256, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 290, 292, 296

Plasma 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173, 176, 177, 261, 295

Poder público 86, 87, 90, 91, 93, 101

Políticas 5, 10, 15, 25, 26, 27, 35, 54, 61, 64, 65, 69, 78, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 105, 114, 147, 193, 214, 220, 280, 283, 284, 291, 292

Problemas 2, 6, 9, 10, 21, 22, 24, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 65, 80, 81, 83, 85, 96, 101, 102, 147, 148, 159, 160, 161, 165, 187, 199, 216, 217, 243, 247, 272, 273, 277

Programa 6, 9, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 99, 163, 168, 170, 231, 232, 233, 239, 283, 290, 292, 300

Projeto 4, 18, 67, 75, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 103, 106, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 149, 157, 159, 192, 194, 204, 209, 211, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 256, 290, 297

## Q

Qualidade 12, 21, 26, 37, 53, 59, 60, 74, 77, 123, 127, 128, 129, 136, 149, 161, 197, 213, 216, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 248, 252, 253, 263, 281, 283, 296, 297, 300, 301, 305

## R

Reatores nucleares 256

Recristalização 131, 135, 140, 143, 144

Resolução 9, 10, 21, 47, 49, 51, 54, 55, 80, 85, 107, 147, 148, 157, 158, 159, 160

Revisão 32, 40, 119, 123, 124, 125, 126, 129, 130, 150, 152, 157, 178, 179, 190, 191, 207, 209, 221, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 248, 249, 250, 251, 280, 282

Robótica 79, 80, 82, 83, 84, 85, 225, 227, 294, 296, 297, 298, 306

Rugosidade 164, 168, 170, 171, 172, 175

## S

Semi-autônomo 224

Sistema 4, 5, 6, 10, 12, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 25, 27, 29, 32, 34, 61, 83, 84, 97, 120, 150, 166, 178, 179, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 225, 226, 235, 275, 280, 281, 282, 283, 284, 290, 291, 294, 296, 297, 298, 299, 302, 305, 306

Softwares 47, 48, 53, 88, 89, 145, 148, 149

Solda 256, 257, 259, 261, 262, 263, 265, 267

Solidificação direcional 131

Stakeholder 118, 119, 120

Sustentabilidade 85, 178, 291, 295

## T

Tabela periódica 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Tecnologia 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 47, 49, 51, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 74, 77, 78, 80, 85, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 113, 114, 116, 118, 119, 120, 146, 147, 160, 161, 178, 183, 184, 190, 192, 193, 197, 198, 202, 210, 212, 214, 222, 223, 257, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 291, 292, 293, 295, 296, 307

Tecnologias digitais 54, 79, 80, 197

Tecnologização 69

Topografia 163, 166, 168, 170, 175

Transferência de tecnologia 6, 24, 64, 65

Tratamento térmico 131, 132, 133, 143, 262

Treinamento 26, 48, 49, 50, 51, 52, 53

## V

Vulnerabilidade social 117, 121

Vygotsky 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 78, 208

## W

Web crawler 86, 88, 89, 91, 92, 93, 94

Websites 88

A circular inset image showing a close-up of microscope lenses, with a central vial labeled 'SARS-CoV-2 Vaccin' in the foreground.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ciência, tecnologia e inovação:

3

Fatores de progresso e de desenvolvimento



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ciência, tecnologia e inovação:

3

Fatores de progresso e de desenvolvimento