

**Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



**Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª 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**

Profª Drª 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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª 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

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª 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. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
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  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A639 A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica  
 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –  
 Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 ISBN 978-85-7247-982-0  
 DOI 10.22533/at.ed.820201302

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa –  
 Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann,  
 Henrique Ajuz.

CDD 670.427

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área 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.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, 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.

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.

Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>OTIMIZAÇÃO E PREVENÇÃO DE FALHAS NA FABRICAÇÃO DE RODA AUTOMOTIVA</b>	
Rafael Lemos Diniz Lucas Santos de Oliveira Paulo Henrique Pereira Araújo Marcos Antônio Pinheiro Ponçadilha Alexandre Serpa Aquiar Jose Ribamar ribeiro silva Junior Fernando Nascimento costa Karla Fabiana Rodrigues Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8202013021</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>11</b>
<b>MANUFACTURE OF COMPLEX PARTS IN THIN SHEETS OF COMMERCIALY PURE ALUMINIUM USING INCREMENTAL SHEET FORMING METHOD</b>	
Felipe Chagas Rodrigues de Souza Leonardo Rosa Ribeiro da Silva Felipe dos Anjos Rodrigues Campos Augusto César Santos Peixoto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8202013022</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>21</b>
<b>STUDY OF DIFFERENT LUBRI-COOLANT CONDITIONS FOR INCREMENTAL SHEET FORMING OF THIN ZINC SHEETS</b>	
Felipe dos Anjos Rodrigues Campos Felipe Chagas Rodrigues de Souza Leonardo Rosa Ribeiro da Silva Pedro Henrique Pires França	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8202013023</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>35</b>
<b>COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS REFORÇADOS COM TECIDOS DE FIBRA DE JUTA E TECIDOS DE FIBRA DE VIDRO</b>	
Jair Francisco Souza Magalhães Douglas Santos Silva Roberto Tetsuo Fujiyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8202013024</b>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>50</b>
<b>PROJETO DE MAPA TÁTIL DO IFSUL– SAPUCAIA DO SUL PARA ACESSIBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS</b>	
Daniela Oliveira Raupp Carmen Iara Walter Calcagno	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8202013025</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>61</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>62</b>

## OTIMIZAÇÃO E PREVENÇÃO DE FALHAS NA FABRICAÇÃO DE RODA AUTOMOTIVA

Data de aceite: 12/02/2020

Data de submissão: 20/11/2019

São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7414610978394452>

### **Fernando Nascimento costa**

Universidade Estadual de Campinas  
Campinas – são Paulo

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1302626512087807>

### **Karla Fabiana Rodrigues Nunes**

Faculdade ISL Wyden  
São Luis – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4229791299649254>

### **Rafael Lemos Diniz**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís - MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5221577677798593>

### **Lucas Santos de Oliveira**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3966240070245293>

### **Paulo Henrique Pereira Araújo**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2150382046090503>

### **Marcos Antônio Pinheiro Ponçadilha**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8861317945002266>

### **Alexandre Serpa Aquiar**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1038184268781847>

### **Jose Ribamar ribeiro silva Junior**

Universidade Estadual do Maranhão

**RESUMO:** As rodas automotivas podem ser classificadas em 3 segmentos, de acordo com o material utilizado na fabricação: existem as de liga leve (basicamente alumínio), as de aço (podem ser de aço extra macio, aço de baixo carbono, HSLA ou fase dupla aços). No entanto, analisaremos apenas as rodas de aço e liga, enquanto os dois tipos de rodas feitos de aço e feitos de liga (ligas de alumínio) têm características que, juntas, produziram uma peça com um equilíbrio de excelentes propriedades mecânicas, um custo não tão diferente do geral apresentado pelo mercado e com uma qualidade estética satisfatória, optou-se por realizar um estudo com o objetivo de possibilitar a produção de uma peça que apresente melhorias na fabricação das duas



rodas analisadas (Fe-C) e leve liga (alumínio), além de estudar possíveis falhas e simular s sobre rodas com o auxílio do software solidworks.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rodas, falhas, soldagem

## FAULT OPTIMIZATION AND PREVENTION IN AUTOMOTIVE WHEEL MANUFACTURING

**ABSTRACT:** Automotive wheels can be classified into 3 segments according to the material used in their manufacture: there are those made of light alloy (basically aluminum), those made of steel (can be extra mild steel, low carbon steel, HSLA or dual phase steels). However, we will only look at steel and alloy wheels, whereas both types of wheels (made of steel and made of alloy (aluminum alloys) have characteristics that together would yield a part with a balance of excellent mechanical properties, a cost not so different from the general presented by the market and a satisfactory aesthetic quality, it was decided to make a study with the purpose of making possible the production of a part that presents improvements in the manufacture of the two analyzed wheels. (Fe-C) and light alloy (aluminum), in addition to studying possible failures and simulating s concerning wheels with the aid of solidworks software.

**KEYWORDS:** Wheels, failures, welding

### 1 | INTRODUÇÃO

A roda é um dos instrumentos mais antigos inventados pelo homem; desde o início dos tempos, o homem sentiu a necessidade de inventar coisas; foi diante desse conceito que surgiram as primeiras rodas, com o objetivo de facilitar e agilizar a trajetória e o curso da sendo humano.

A roda é um item de segurança que deve atender aos altos padrões de projeto e fabricação para fornecer, além da estética, maior conforto ao dirigir e menor consumo de combustível. Sua função é estrutural, uma vez que o conjunto formado por roda e pneu tem a função de manter o veículo em contato com a pista e transmitir do veículo para a pista. Todos os esforços decorrentes do peso do veículo, ou seja, os sistemas de tração, frenagem e direção, transmitem ao veículo todo o esforço que se desprende das irregularidades e obstáculos da pista durante o táxi (Barros Neto, 2009).

### 2 | METODOLOGIA

Para a produção deste artigo, foi realizado um estudo de diversos artigos sobre rodas de aço e alumínio, com o objetivo de obter o maior número possível de dados e informações sobre as estruturas e formas de fabricação, bem como os materiais utilizados para conhecer as vários tipos de falhas e formas de prevenção.

Outra característica que provou ser muito útil é o estudo, que foi o uso de alguns vídeos em relação ao processo de fabricação, tanto para aço quanto para alumínio. E, como último recurso, foi feita a consulta de livros, principalmente o livro “ciência dos materiais”, uma vez que buscava analisar a microestrutura dos materiais utilizados na fabricação de rodas e as possíveis falhas e diversas formas de otimização na fabricação de rodas de aço e alumínio.

### 3 | RESULTADOS E DISCURSÕES

#### 3.1 Aplicação de aço na fabricação de rodas na indústria automotiva



Figura 1. Rodas de aço. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/mitos-e-verdades-sobre-as-rodas-de-liga-leve/>

As rodas de aço apresentam diferentemente das características, o alto peso, quando comparadas às rodas de liga leve, devido à microestrutura do material utilizado. As rodas de aço são forjadas a partir de três tipos de materiais: são aços dispersos doces, aços bifásicos e aços ARBL ou BLAR (ou aços HSLA). Os aços extra-doces têm baixo teor de carbono, menos de 0,15%, portanto, possuem um limite de escoamento entre 170 e 180 (MPa) e um limite de resistência à tração (LRT) de 305 a 325 (MPa). Devido a esses valores, os aços extra-doces apresentam boa usinabilidade e conformabilidade, mas oferecem considerável ductilidade, no entanto, não apresentam valores desejáveis em relação ao peso, pois possuem densidade superior a 7 / . (Aços de alta resistência e courobaixo).

#### 3.2 Processo de fabricação e microestrutura de rodas de aço

As rodas são estruturalmente aro e disco e podem ser feitas de alumínio, aço e outras ligas. Muitos elementos metálicos podem ser combinados com o alumínio para formar suas ligas, sendo os mais usados o cobre, magnésio, manganês, silício e zinco. Dependendo do produto, as ligas de alumínio podem ser classificadas como

plástico ou ligas fundidas. Dentro dessas categorias, as ligas são agrupadas em série de acordo com os principais elementos de liga (Moreira, 2011; Furlan, 2008). Podemos analisar o processo de fabricação conforme a figura 2:

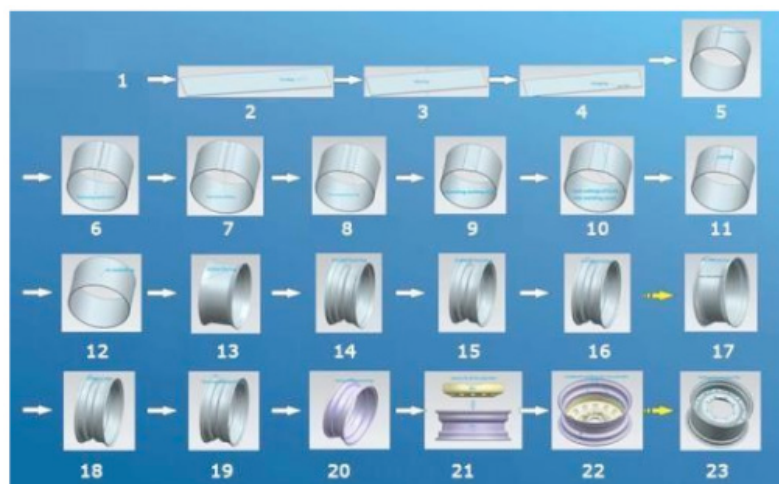


Figura 2. Representação esquemática do processo de fabricação das rodas de aço. Disponível em: <http://wheelrimmaking.com/profile/wheel-manufacturing/199771/0/>

### 3.3 Aplicação de alumínio na fabricação de rodas da indústria automotiva

A indústria automotiva substituiu o ferro fundido e o aço por ligas de alumínio, sendo a principal razão a força mecânica e o peso. Essa resistência específica à tração é fortemente influenciada pela microestrutura polifásica das ligas de alumínio (Warmizek, 2004).

### 3.4 Processo de fabricação e microestrutura de rodas de alumínio

Existem basicamente três tipos de processo de fabricação de rodas de alumínio, o derretimento no qual o alumínio fundido é fundido em moldes de baixa pressão, aquele injetado no qual o alumínio fundido é comprimido sob pressão em moldes e as peças forjadas mais usadas em caminhões e ônibus “. existem outros processos menos usuais, mas os principais e mais utilizados são os citados. A maioria das rodas de alumínio são fundidas em uma peça, mas também existem.

Modelos em que a face é soldada na parte em que os pneus (como as rodas originais do eclipse 2G de 1994 a 1999). um processo amplamente usado para fabricar rodas personalizadas. “(História das rodas).

As ligas de alumínio mais comumente usadas no processo de fabricação de rodas de liga leve são magnésio, silício, titânio e estrôncio, cada uma com suas próprias particularidades. Por exemplo, as ligas Al-Ti possuem alta resistência e as ligas AL-Si possuem boa maleabilidade, o que facilita o processo de fabricação e é um ponto positivo na própria aplicação. As ligas Al-Ti (titânio de 0,05 a 0,2) são de alta resistência à tração e boas ligas de ductilidade. As ligas de Al-Si aumentam a fluidez,

reduzem o encolhimento e melhoram a soldabilidade, mas em altos níveis de Si, a usinagem é difícil. Essas ligas têm excelente resistência à corrosão, boa resistência à tração e excelente ductilidade. Independentemente de qual elemento seja utilizado na liga, com alumínio, o resultado será uma liga altamente resistente com baixa absorção de energia e / ou tensões (inversa da tenacidade). (Estudobibliográfico).

### 3.5 Falhas e otimização para rodas de aço e alumínio

#### 3.5.1 Modelo de roda usado

Para este estudo, uma roda de aço foi modelada:

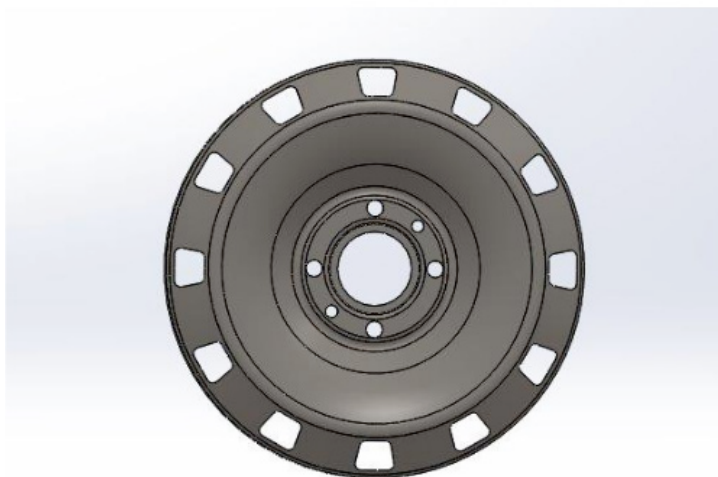


Figura 3: Disco de roda de aço (autor, 2019)



Figura 4: Modelo final da roda de aço usada nas simulações (autor, 2019)

A modelagem foi realizada usando o software SolidWorks, um programa de modelagem 3D. Na Figura 3, serão apresentadas algumas imagens do processo de modelagem do disco da roda de aço, mostrando brevemente algumas etapas

do perfil para geração de superfície de revolução, arredondamento de arestas, operações booleanas, furos, etc.

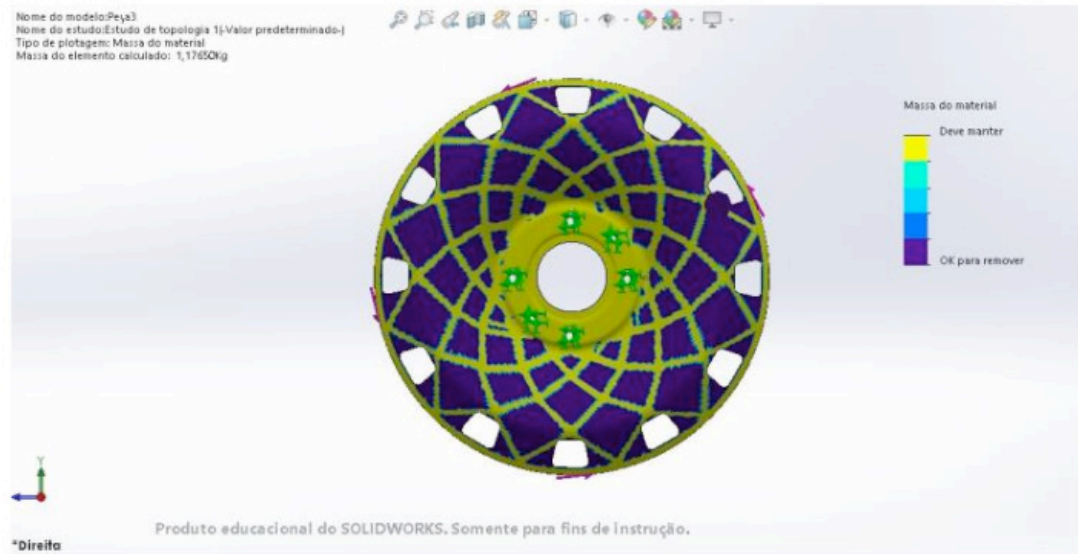


Figura 5: Estudo de topologia 1 (autor, 2019)

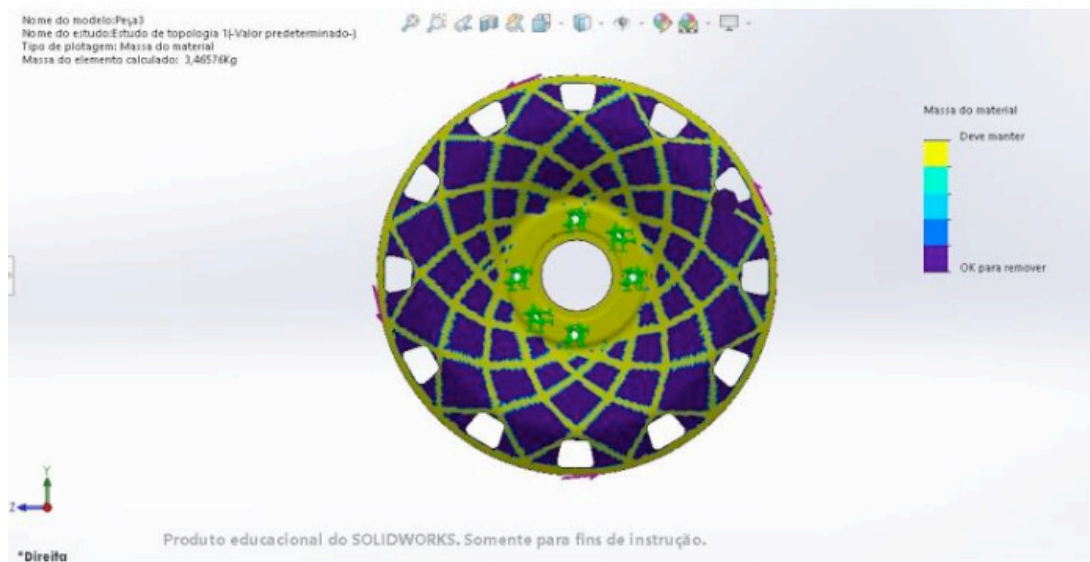


Figura 6: Estudo de topologia 2 (autor, 2019)

De acordo com a análise topológica das rodas de aço e alumínio, e as análises são as mesmas, os materiais em excesso da roda foram removidos, conforme ilustrado nas figuras 5 e 6, portanto, com a redução do material da roda, percebeu-se que o diâmetro, a largura e a força não variam. Assim, o fabricante obtém menor peso da roda, melhor custo benefício sem alterar a resistência.

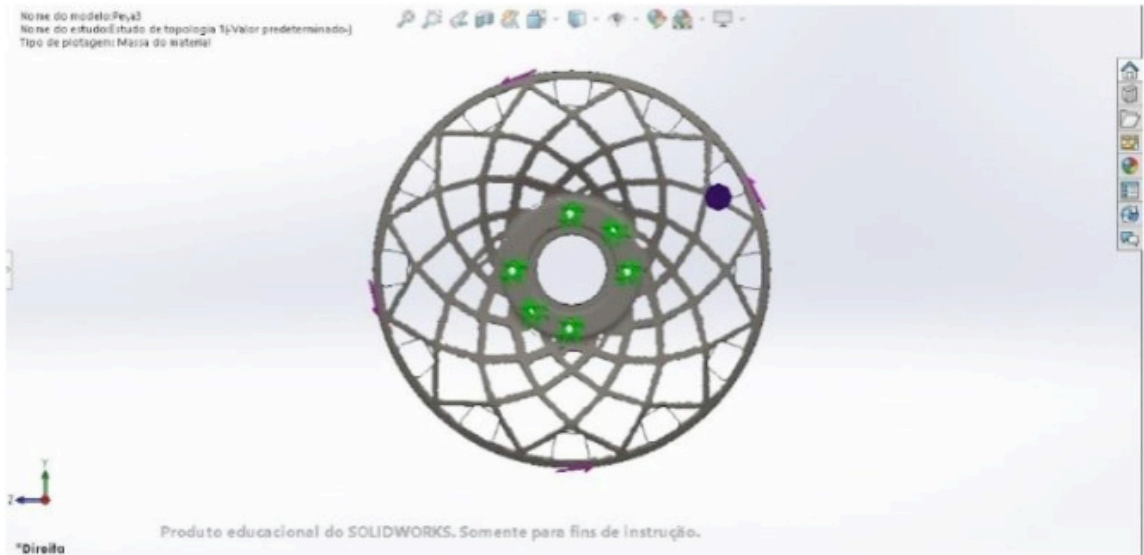


Figura 7 (autor, 2019)

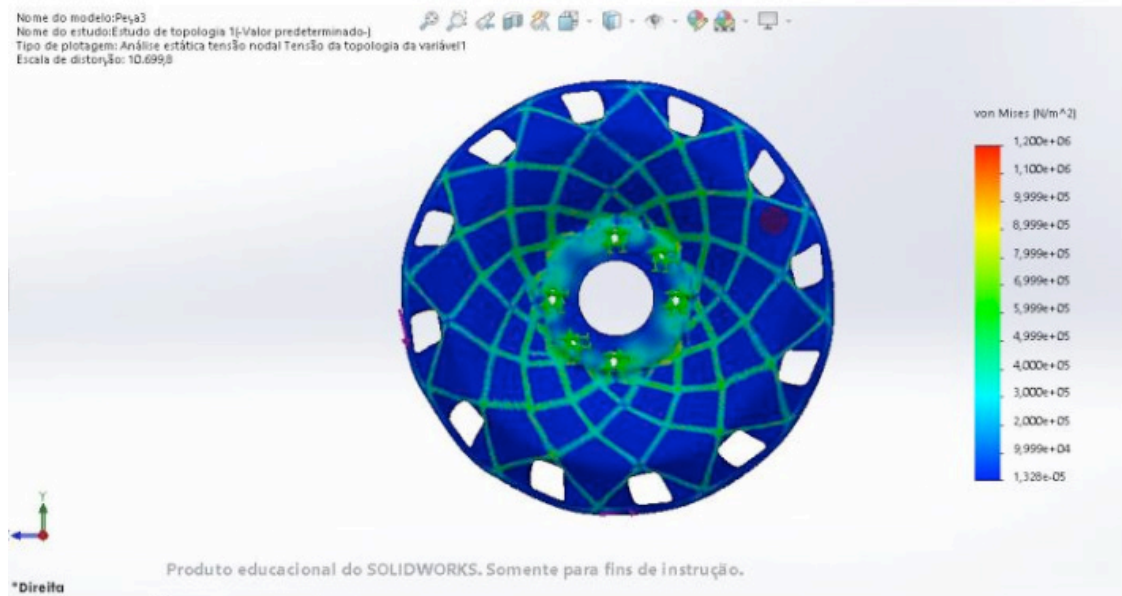


Figura 8: Análise estática da tensão nodal 1 (autor, 2019)

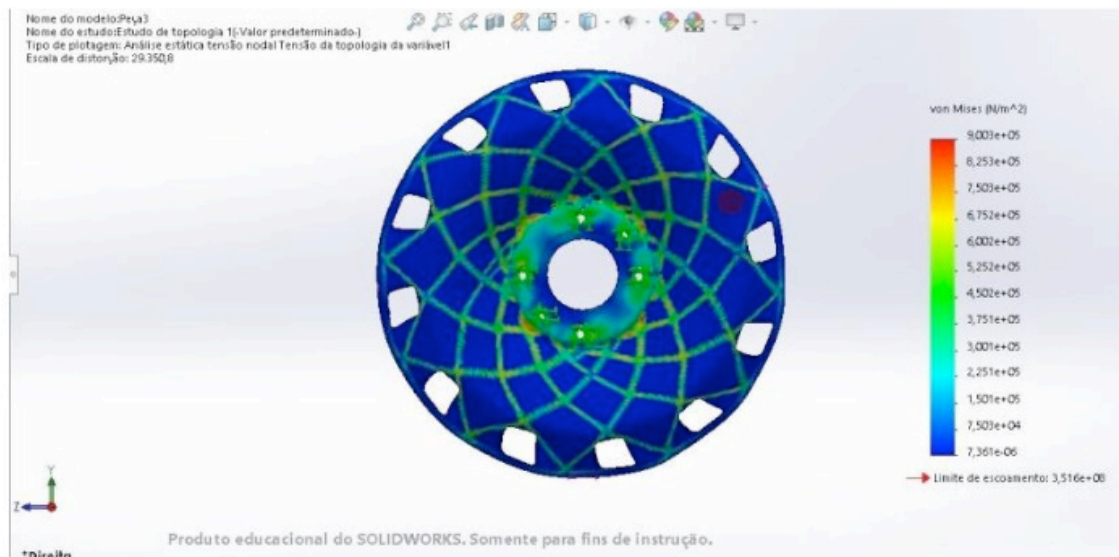


Figura 9: Análise estática da tensão nodal 2 (autor, 2019)

Como pode ser observadas nessas análises, regiões com tensões equivalentes mais altas aparecem dentro do flange, como visto acima. Note-se também que na região do disco da roda as tensões podem ser consideradas uma região segura quanto à intensidade das tensões que atuam sobre ela. Uma região que possui valores de tensão equivalentes consideráveis está na extremidade do flange da borda, mas nessa região o gradiente de tensão é menor do que na região do pé da flange devido à variação repentina na geometria nessa região.

A presença de defeitos dentro das peças é um item que afeta o desempenho do produto. Para (Reilly et al., 2013), o tamanho, a quantidade e a localização dos poros: macro e micro, inclusões ou filmes de óxido, podem ter um impacto significativo nas propriedades mecânicas e na fadiga do material. Nesse cenário, as rodas podem tolerar um número finito de defeitos e ainda atender às especificações do cliente. A quantidade permitida depende do defeito, do seu tipo e da sua localização.

A presença de defeitos como porosidade tem grande influência no processo de formação e no início da trinca. A ocorrência desses defeitos tem uma influência significativa em propriedades mecânicas como ductilidade e fadiga (Asm Internacional, 1998).

A fadiga é um processo de mudança estrutural progressiva, localizada e permanente, em que um componente está sujeito a carga cíclica em algum ponto ou pontos, determinando a ocorrência de trincas ou fraturas completas após vários ciclos (Asm Internacional, 1998).

Para otimizar o processo, é possível adicionar alguns componentes que melhoram o desempenho da roda, ajudando em sua microestrutura e evitando erros futuros, como os processos mencionados abaixo.

Os ARBLs, também conhecidos como aços microligados, foram projetados com o objetivo de fornecer melhores propriedades mecânicas, têm uma tensão de escoamento superior a 275 MPa e / ou melhor resistência à corrosão atmosférica do que os aços carbono convencionais. Sua composição química pode variar de acordo com a espessura do produto final, a fim de atender aos requisitos das propriedades mecânicas. As chapas e chapas dos aços ARBL possuem excelente soldabilidade e conformabilidade, garantidas pelo baixo teor de carbono, entre 0,05 e 0,25% C (Davis, 2001). Permite a obtenção de uma microestrutura composta de grãos refinados na condição de laminado, com benefícios tanto em resistência quanto em resistência (Skobir, 2011).

Os requisitos de aplicação, como resistência à corrosão, formabilidade, soldabilidade, resistência à fadiga, redução de espessura e relação resistência / peso, são fatores decisivos no processo de escolha de um aço ARBL específico. Esse conjunto de características dos aços ARBL levou ao seu crescente uso em componentes automotivos (Skobir, 2011).

Os aços microligados ferríticos perlíticos podem conter V, Nb e Ti como elementos de liga única ou em combinação. O principal papel desses elementos é promover o refino do tamanho dos grãos ferríticos, no entanto, eles podem desenvolver a função adicional de aumentar a resistência dos aços ferrítico - perlíticos por meio do endurecimento por precipitação (Kim, 1983).

O nível de endurecimento por precipitação depende do tamanho e da distribuição dos precipitados. Os precipitados formados na austenita desejam que sejam partículas não dissolvidas retidas durante o processo de reaquecimento ou partículas formadas por precipitação induzida por deformação, contribuem muito pouco para o endurecimento, pois são grossas e espaçadas. Por outro lado, os precipitados formados na interface entre austenita / ferrita durante a transformação de fase e os precipitados durante o resfriamento do resfriador são pequenos e pouco distribuídos, resultando em um endurecimento considerável. Portanto, é necessário manter uma certa quantidade de elemento de liga em solução na austenita para subsequente precipitação na ferrita (Kim, 1983).

Para a fabricação de rodas, é possível usar as ligas 4XXX Al-Si assim que essas ligas de alumínio são amplamente utilizadas nos processos de fundição para a fabricação de peças com geometrias complexas, como as rodas, pois a fluidez aumentada favorece o preenchimento da cavidade do molde, principais peças de paredes finas. Dessa forma, os componentes da liga desempenham um papel extremamente importante no processo de solidificação (Asm Internacional, 1998).

O manganês possui uma solubilidade de 1,8% a 657 ° com alumínio e menos de 0,2% à temperatura ambiente. A adição de manganês nas ligas injetadas ocorre entre 0,2% e 0,55%, a fim de atuar como refinador de grãos para reduzir a contração. A grande função desse elemento é neutralizar o ferro, evitando a precipitação de compostos primários e consequente fragilização da liga. Juntamente com suas formas, o composto chinês escrito (Asm Internacional, 1998).

Magnésio, que aumenta a resistência e a dureza pela formação de um composto intermetálico, Mg<sub>2</sub>Si (Asm Internacional, 1998). No estudo de (Santos et al., 2006), foi comparada a resistência à fadiga de duas ligas de Al-Si utilizadas na fabricação de blocos de motor.

## 4 | CONCLUSÃO

Após o estudo realizado com as rodas acima mencionadas (nomeadamente rodas de aço e rodas de ligas de alumínio), foi necessário melhorá-las e otimizá-las em termos de peso, custo e, claro, propriedades mecânicas. Para isso, propomos e / ou sugerimos mudanças em sua estrutura e seu material (material utilizado na fabricação). O estudo mais detalhado é fundamental para a aplicação dessas



propostas e / ou sugestões. Testes no produto final também são essenciais para garantir segurança e eficiência. Se os resultados dos testes forem favoráveis, a roda obtida apresentará características e propriedades incríveis (por exemplo: valor do peso abaixo do valor apresentado pelas rodas de aço atualmente no mercado e maior capacidade de absorver impactos e tensões, o que, conseqüentemente e respectivamente resulta em economia de combustível e segurança), com um preço acessível, o que seria um grande avanço no desenvolvimento desse elemento tão primordial.

## AGRADECIMENTOS

Antes de mais, gostaríamos de agradecer a Deus, que nos deu o conhecimento necessário para realizar este trabalho. Dedicamos essa pesquisa à nossa família, que nos motiva e nos apoia todos os dias.

## REFERENCIAS

AsmInternational. Handbook, Vol. 15 Casting. Manual, EUA, 1998.

Barros Neto, E. F. **Testes de fadiga de rodasveiculares: Proposta de estabelecimento, para os testes emlaboratório, dos carregamentos que simulemosocorridos no teste de durabilidadeestrutural de veículoempista.** 2009. Dissertação (Mestrado) – USP: 2009

Callister, William d. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução.** Rio de Janeiro: LTC, 2008. 709

Davis, J. R. **Alloying: Understanding the Basics.** Ohio: ASM International, 2001. ISBN 0- 87170-744-6.

Furlan, T. S. **Influência do teor de estrôncionamodificação da liga A356.** São Paulo, 2008. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

Kim, H.Y., Han, S.W., LEE, H.M. **The Influence of Mn and Cr on the Tensile Properties of A3560.20Fe Alloy.** Materials Letters, v. 60(15), p. 1880-1883, 2006.

[http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/6340-acos-de-alta-resistencia-e-baixa-liga#V4vNb7grLIU](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6340-acos-de-alta-resistencia-e-baixa-liga#V4vNb7grLIU)

[http://www.tede.udesc.br/tde\\_arquivos/11/TDE-2010-10-04T084252Z-818/Publico/2%20Estudo%20Bibliografico.pdf](http://www.tede.udesc.br/tde_arquivos/11/TDE-2010-10-04T084252Z-818/Publico/2%20Estudo%20Bibliografico.pdf)

Warmizek, M. **Aluminum-Alloys Casting alloys, Atlas of microfractographs,** ASM international, 2004.

Skobir, D. A. **High-Strenght Low-Alloy (HSLA) Steels.** Materialintehnologije, v. 45, n. 4, p.295 -301, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Accessibility 50

Acessibilidade 50, 51, 59

### C

Commercially pure aluminum 11, 13, 16, 19

Compósitos laminados 35, 37

### D

Deficiência visual 50, 51, 56, 58, 59, 60

### F

Failures 2

Falhas 1, 2, 3, 5

Feed speed 11, 12, 15, 17, 18, 19

Fiberglass 36

Fibra de juta 35, 46

Fibra de vidro 35, 37, 42, 46, 47

### H

Hibridização 35, 37, 38

Hybridization 36

### I

Incremental sheet forming 11, 15, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 33, 34

### J

Jute fiber 36, 48

### L

Laminated composites 36

Lubrication 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 33

### M

Mapa tátil 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59

### P

Polymeric resin 36

### R

Resina polimérica 35

Rodas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

## **S**

Soldagem 2, 61

## **T**

Tactile map 50

## **V**

Visual impairment 50

## **W**

Welding 2

Wheels 2

## **Z**

Zinc sheets 21, 22, 25, 31

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**