

CARACTERIZAÇÃO DAS LIGAS LEVES À BASE DE ALUMÍNIO UTILIZADAS EM RODAS DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS

Renata SOUZA⁽¹⁾ ; Raquel Carvalho⁽¹⁾; Tércio G. Machado⁽²⁾ , Caubi SOUZA⁽¹⁾

⁽¹⁾ Cefet-RN, Av. Senador Salgado Filho. Tirol. CEP: 59015-000, (84) 40052635: renata.priscilla.souza@gmail.com

⁽²⁾ UFRN - PPGCEM, e-mail: gracionomil@hotmail.com

RESUMO

A indústria automotiva mundial enfrenta talvez seu maior desafio: como oferecer ao mercado veículos cada vez mais potentes, mais econômicos e que, ainda, tenham um design capaz de traduzir estilo, exclusividade e modernidade. As ligas de alumínio despontam como sendo as mais viáveis comparadas com as atualmente utilizadas, devido principalmente a sua versatilidade e as suas características intrínsecas. Por ser mais leve, o alumínio melhora o desempenho do veículo, proporcionando acelerações mais rápidas e frenagens mais curtas. A sua utilização melhora a aderência do veículo ao solo em função do rebaixamento do centro de gravidade do veículo e da redução da sua massa; além da economia de energia e menores níveis de emissão de poluentes pela redução do peso dos veículos. Uma das novidades no mercado automobilístico é a utilização de rodas de liga leve compostas por alumínio, silício e ferro. Dessa forma, a proposta do nosso trabalho é analisar a microestrutura de uma roda de liga leve através da análise metalográfica qualitativa e quantitativa, procurando observar e identificar a granulação do material, a natureza, forma, quantidade e distribuição dos diversos constituintes e inclusões presentes. Foi realizado também o ensaio de dureza Rockwell.

Palavras-chave: Ligas leves, alumínio, caracterização.

1. INTRODUÇÃO

A composição química do alumínio e suas ligas são expressas em percentagem, obedecendo a Norma NBR 6834 da ABNT. Esta norma abrange sistemas de classificação das ligas trabalháveis, das ligas para fundição, peças, lingotes e de alumínio primário, além de densidade nominal das ligas trabalháveis de alumínio.

Durante o trabalho foi estudada a Liga Al-Si (série 300). Essas ligas de alumínio apresentam as melhores características de fundição, motivo pelo qual cerca de 90% das peças fundidas em alumínio pertencerem a essa série.

As ligas com menores teores de Si (5 a 7% Si) são normalmente empregadas para a fundição em moldes de areia, enquanto que ligas de maior teor (9 a 13% Si) são normalmente utilizadas em moldes permanentes ou sob-pressão.

A liga de alumínio-silício-magnésio está entre as mais fáceis de serem fundidas por diversas técnicas de fundição. Possui como principais características boa resistência mecânica, alta resistência à corrosão, é tratável termicamente e é soldável; segundo a norma ASTM B108-97 (1997). Esta liga é comumente utilizada na condição solubilizada e envelhecida artificialmente, relativa ao tratamento T6. Entretanto, quando se deseja um fundido com maior estabilidade dimensional, pode-se utilizar a condição solubilizada e superenvelhecida T7, resultando em um aumento na ductilidade com uma pequena redução na resistência mecânica em relação à condição T6 (2). No tratamento de solubilização o magnésio é dissolvido na matriz de alumínio. Após a têmpera e subsequente envelhecimento em temperaturas intermediárias, entre 150 e 200°C, a fase Mg_2Si precipita-se na matriz de alumínio na forma de uma dispersão fina de partículas que resultam em aumento substancial da resistência mecânica (3, 4, 5).

A resistência e a tenacidade à fratura da matriz metálica podem ser controladas pela variação da temperatura e do tempo de envelhecimento. Em geral, a resistência varia inversamente com a ductilidade e a tenacidade. Entretanto, a tenacidade pode ser aumentada via tratamento térmico, em detrimento da resistência.

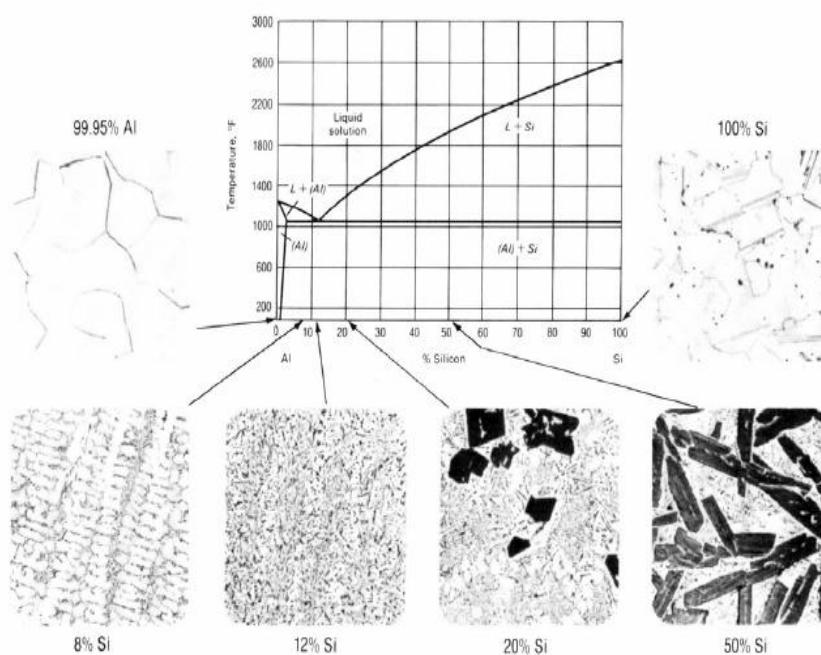


Figura 1: Ligas Al-Si fundidas.

Adaptado de <http://dalmolim.com.br/EDUCACAO/MATERIAIS/Bibliomat/aluminiofund.pdf>

As rodas de liga leve são também conhecidas como rodas de magnésio, isso porque, no passado, esse material entrava na composição das rodas; no entanto, hoje, o magnésio não é mais utilizado, salvo algumas exceções. Uma das grandes vantagens das rodas de liga leve é que, sendo mais leves que as

convencionais rodas de aço, causam menos danos à suspensão do veículo por exigir um esforço muito menor.

As rodas de liga leve utilizam uma liga composta, geralmente, de alumínio por apresentar um menor peso, silício e ferro, entre outros metais. O percentual de ferro existente na liga tem o objetivo de aumentar a resistência à fadiga.

Tabela 1 - Composição química de uma série 300 Al/Si (%).

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Be	tot altri	Al
11-13	0,6	0,05	0,15	0,05	0,2	0,0008	0,15	resto

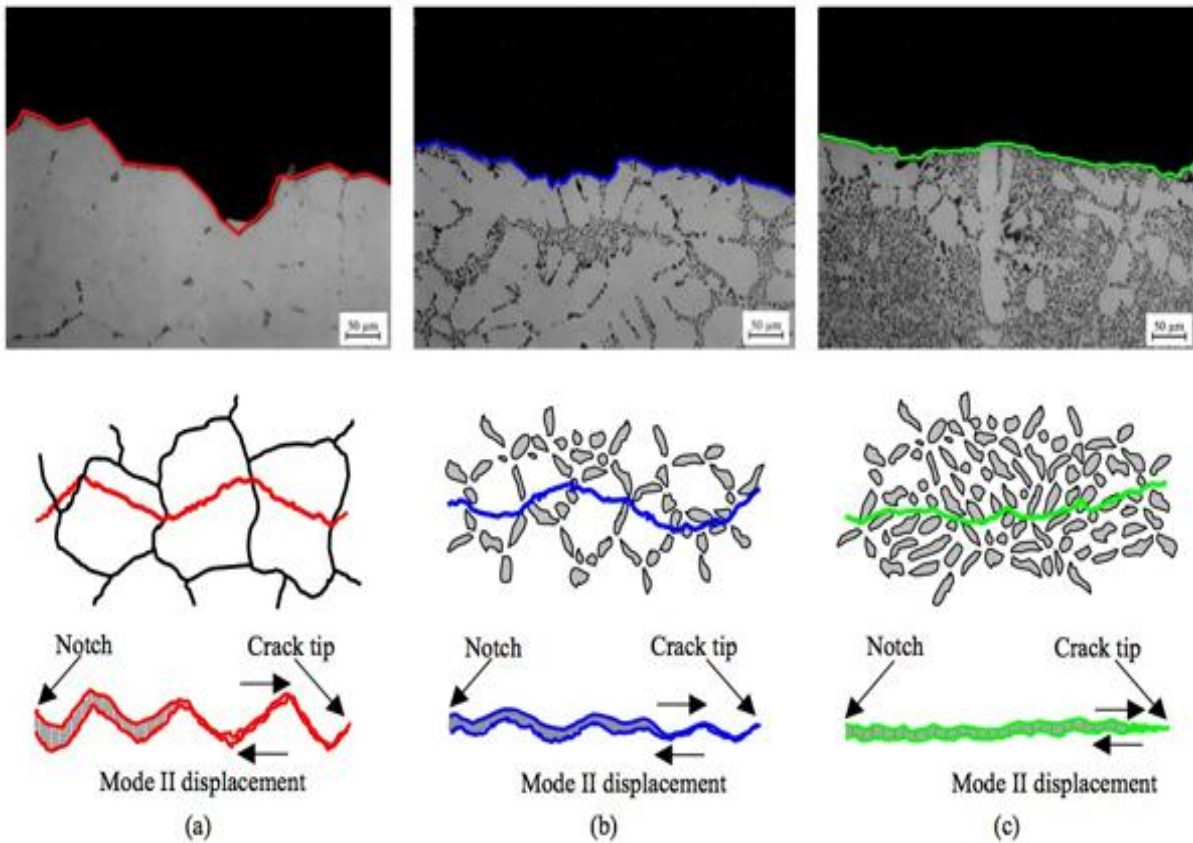


Figura 2 – Ligas Al/Si: (a) 1% Si, (b) 7% Si, (c) 13% Si
Adaptado de <http://www.wpi.edu/.../Research/ACRC/Research/7.html>

Tabela 2 – Propriedades mecânicas de uma série 300 Al/Si:

Rm [N/mm ²]	Rp 0,2 [N/mm ²]	A [%]	Tf [°C]
125 - 150	70 - 85	15 - 30	573 - 585

Existem dois principais processos de fabricação para rodas de liga leve, sendo o mais utilizado o por fundição por gravidade e baixa pressão. Este processo permite maior flexibilidade nas trocas de moldes e, conseqüentemente, diminui o tempo de entrega para lotes reduzidos. Assim, pode-se obter um grande número de modelos em linha, sem que o excesso nas trocas prejudique o tempo de entrega.

As rodas estão sujeitas a um esforço, que podem causar uma fadiga, ou seja, o rompimento do material. Além disso, o eixo e o peso provocam a ação de um momento fletor que deve ser compensado pela resistência das hastes da roda, que constantemente estarão sofrendo tração e compressão até a sua ruptura. Existe também a fadiga radial que possui características diferentes da anterior - porém, submete a peça ao mesmo tipo de esforço cíclico.

A qualidade do fundido sob pressão é determinada em grande parte pelas propriedades da liga utilizada. Os parâmetros de influência mais importantes são as composições químicas e a microestrutura do fundido. Quando a qualidade metalúrgica do fundido diminui, ambos, resistência e tenacidade diminuem (1). Quando altos valores de tenacidade são requeridos, há três maneiras pelas quais se podem alcançar estas características: 1) através de um tratamento de sub-envelhecimento; 2) amolecimento obtido por tratamento de super envelhecimento e 3) por meio de melhor qualidade do fundido. Os primeiros dois métodos resultam na diminuição da resistência mecânica, o último aumenta a tenacidade e a resistência mecânica.

A proposta deste trabalho é analisar a microestrutura de uma roda de liga leve (já descartada e com vários anos de uso) através da análise metalográfica qualitativa e quantitativa, procurando observar e identificar a granulação do material, a natureza, forma, quantidade e distribuição dos diversos constituintes e inclusões presentes.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente foi retirado da roda de liga leve fragmentos para serem confeccionados amostras para posterior análise. Após a preparação das amostras foi realizada a análise metalográfica, onde as mesmas foram lixadas, sendo utilizadas as lixas 180, 200, 400 e 600. Posteriormente foram encaminhadas para politriz, onde foi realizado o polimento, sendo utilizado como elemento abrasivo a pasta de alumina com granulação de um micron e, em seguida, foram atacadas com reagente químico (HF - Ácido Fluorídrico, a 2%).

Após a análise metalográfica as amostras foram encaminhadas para o ensaio de dureza Rockwell. Este ensaio Foi realizado na escala B, aplicando uma pré-carga de 10 Kgf e uma carga de ensaio de 100 Kgf, através de um penetrador 1/16.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a preparação das amostras via metalografia, as amostras foram encaminhadas para o microscópio óptico. Nas figuras 3, 4 e 5 percebe-se a distribuição irregular dos micro-constituintes (pontos negros) ou dispersóides em matriz de alumínio (solução sólida) - fases claras. Nota-se, ainda, na figura 5 uma distribuição ou segregação dendrítica.

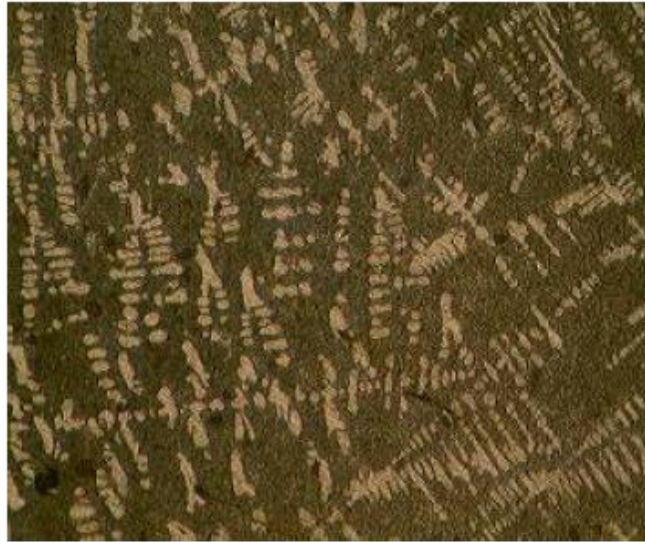


Figura 3: Corte longitudinal de uma liga leve Al-Si (Série 300), aumento de 100x.



Figura 4: Corte longitudinal de uma liga leve Al-Si (Série 300), aumento de 400x.

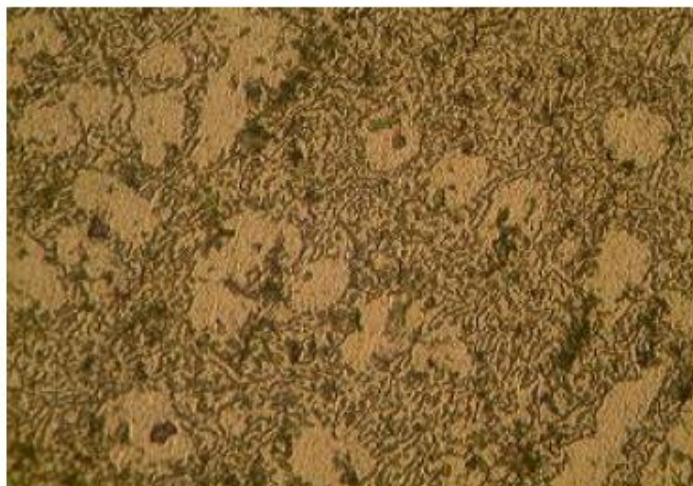


Figura 5: Corte longitudinal de uma roda de liga leve- Al-Si (série 300). 630x

Nas figuras 6, 7 e 8, com corte transversal, notamos uma pseudoconfiguração granular, decorrente da composição química local, normalmente perceptível nesse tipo de corte. A matriz de alumínio, apresentada na forma de solução sólida (lagos claros) em meio a fases intermediárias (escura) é percebida claramente. Na figura 8 notamos, novamente, a distribuição dendrítica irregular com a presença de pontos escuros (dispersóides).

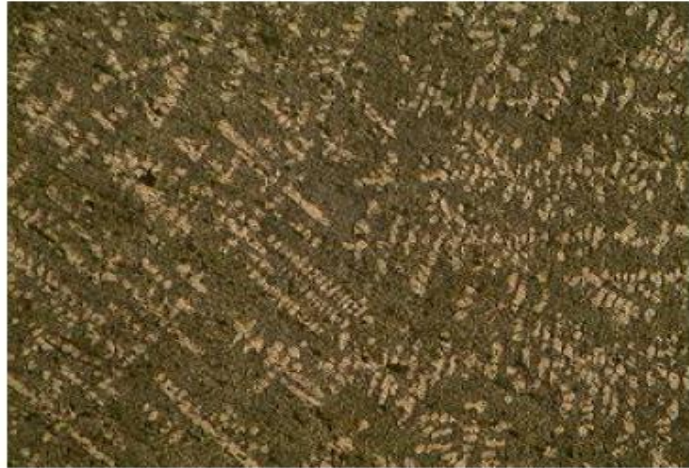


Figura 6: Corte transversal de uma liga leve Al-Si (Série 300), aumento de 100x.

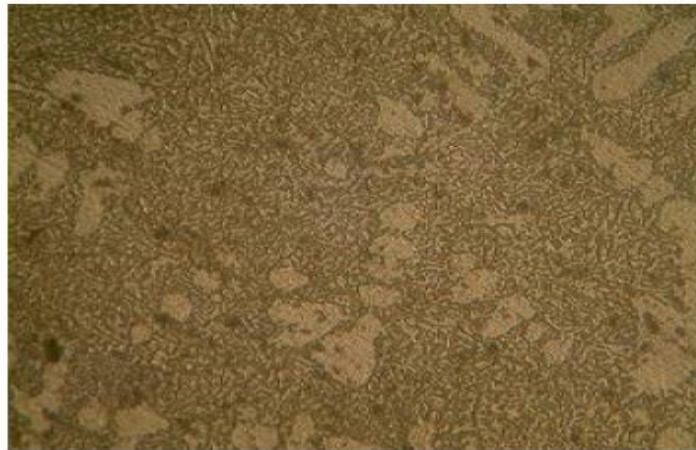


Figura 7: Corte transversal de uma liga leve Al-Si (Série 300), aumento de 400x.

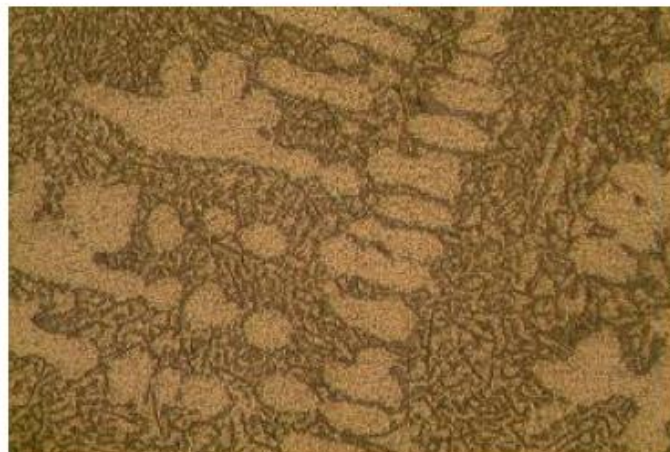


Figura 8: Corte transversal de uma Liga Al-Si (série 300). Aumento de 630x

Na tabela 3 temos os valores da dureza realizada nas amostras (rodas de liga leve Al-Si -Série 300), onde se verificou uma dureza média na faixa de 72 HB. A elevada dureza deve-se a presença dos elementos de liga. Pode-se observar que mesmo com todos os esforços já sofridos durante seu uso, as rodas de liga leve permaneceram com a mesma dureza; dentro de um certo padrão.

Tabela 3. Ensaio de Dureza – Liga leve/Alumínio.

Número de repetições	Dureza
1.	74 HRb
2.	72 HRb
3.	68 HRb
4.	72 HRb
5.	74 HRb
Média	72 HRb

4. CONCLUSÃO

Nos aços multifásicos que é o caso das ligas leves da série 300, é bastante importante um perfeito entendimento dos mecanismos atuantes nas temperaturas intercrítica e isotérmicas, buscando estabelecer uma correlação entre o processamento térmico realizado, a microestrutura formada (frações volumétricas das fases presentes) e as propriedades mecânicas finais do material (resistência à tração, limite de escoamento e alongamento), para que se possa entender o que aconteceu à micro estrutura do material quando o mesmo é submetido a várias exposições, como o desgaste, corrosão, fraturas e etc., ocasionadas durante o desempenho da sua função.

Neste caso específico, percebemos com as análises realizadas, que as ligas leves da série 300 adotadas para rodas automotivas apresentaram um excelente resultado em uso, garantindo a qualidade final das mesmas após um período elevado de uso. As estruturas presentes verificadas na microscopia não foram alteradas após as solicitações quando em serviço e, como as ligas metálicas após aquecimento e resfriamento adequado, não perdem suas propriedades, as mesmas poderiam ser recicladas com vantagens econômicas. O uso dessas ligas foi satisfatório para essa aplicação e percebe-se claramente a possibilidade da ampliação do tempo de vida útil de peças confeccionadas com as mesmas e que estejam sujeitas aos mesmos tipos de solicitações; sendo, no entanto, necessário um estudo mais detalhado e abrangente.

5. REFERÊNCIAS

<http://www.abal.org.br/aluminio/ligas.asp>

<http://www.ferrarorodas.com.br/dic.htm>

<http://dalmolim.com.br/EDUCACAO/MATERIAIS/Bibliomat/aluminiofund.pdf>

<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt4065.pdf?PHPSESSID=76a9111889defa6787039ca56b380c58>

LIU, J. W.; LUI, T. S.; CHEN, L. H. SiO₂ particle erosion of A356.2 aluminum alloy and the related microstructural changes. Wear, v. 211, p. 169-176, 1997.

COUTINHO, T. de A. **”Análise e prática – Metalografia de não-ferrosos.”** Editora Edgard Blücher Ltda, 1980.

J.C. SANTOS, et al. **Efeito da adição de magnésio sobre as propriedades de fadiga em Altas temperaturas de ligas de Al-Si fundidas sob pressão em molde permanente.** São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2006.

BAPTÍSTA, A. L. B. **Reagentes para metalografia.** EEIMVR / UFF.

5. AGRADECIMENTOS

Votos de agradecimento aos professores do DATIN (CEFET-RN) pelo incentivo e ao Departamento de Pesquisa pelo apoio logístico.