

# 31 RAZÕES PARA USAR fundidos de alumínio

**Autor:** dr. Hubert Koch, vice-presidente da Aluminum Rheinfelden da Alemanha

**E-mail:** drhkoch@alurrheinfelden.com

**Título original do artigo:** "31 Reasons to use Aluminium Castings"

**Publicado:** revista Foundry (indiana), Vol. XV, Nº 6, nov/dez, 2003

**Reprodução autorizada:** revista Foundry.

**Tradução:** Roberto Seabra da Costa.

Ligas de fundição de alumínio estão em alta demanda como um material de engenharia. Ultrapassadas apenas pelas ligas de ferro entre os materiais fundidos, elas oferecem uma grande variedade de aplicações. Em 1960, aproximadamente 120 mil toneladas de ligas fundidas de alumínio foram usadas na Alemanha. Atualmente, quase 500 mil toneladas são usadas anualmente. Estão listadas a seguir 31 razões que mostram como as ligas fundidas de alumínio exibem vantagens decisivas que levaram ao seu uso geral e amplo, freqüentemente substituindo outros materiais, inclusive ligas de ferro.

Este artigo foi originalmente publicado pela Aluminum Rheinfelden como "Novidades da Prática de Fundição" (Código Nº 629), sob o título de "Ligas Primárias Fundidas de Alumínio". Nós agradecemos ao dr. Hubert Koch, vice-presidente da Aluminum Rheinfelden, por nos enviar este artigo e por sua permissão de uso na revista Foundry (indiana)

para o benefício dos fundidores de alumínio indianos.

## 1. Redução de peso

O trem de alta velocidade ICE incorpora a mais moderna tecnologia, mas o protótipo era muito pesado. A substituição de fundidos de ferro maleável e aço pelos fundidos de alumínio resultou em uma redução de peso total de 6,1 toneladas por trem e ao mesmo tempo reduziu a carga sobre os rolamentos do eixo das duas locomotivas.

Um exemplo é a peça bipartida da **caixa de transmissão** de 196 quilos, fundida em areia, com **Alufont-52** ( $AlCu_4Ti$ ) e envelhecida artificialmente. Ela tomou o lugar de uma carcaça de 578 quilos de aço. Com quatro caixas de transmissão por locomotiva, a redução de peso total foi de 3,3 toneladas por trem. Além disso, devido a melhor condutividade térmica do alumínio, a temperatura do óleo da caixa de transmissão pode ser limitada a 80–

90 °C, tornando obsoleto o resfriador de óleo.

## 2. Baixo momento de inércia

Um baixo momento de inércia é um requisito importante para peças com movimentos lineares ou rotacionais e acelerações e desacelerações rápidas, como é o caso de robôs e equipamentos de transporte de alta velocidade.

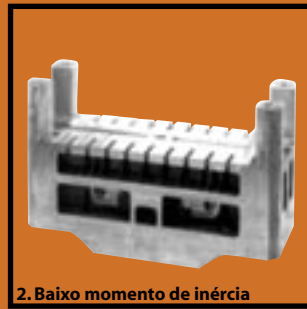
Está ilustrado um componente de uma prensa de alta velocidade para conformação de chapas do corpo do automóvel. O componente de aço foi substituído por uma peça de 439 quilos artificialmente envelhecida, na liga de alumínio **Alufont-52** ( $AlCu_4Ti$ ), fundida em areia. Para prensas maiores, esses componentes fundidos podem pesar até uma tonelada.

## 3. Bom balanceamento

Uma **bobina de suporte da linha** de uma máquina têxtil que guia



1. Redução de peso



2. Baixo momento de inércia



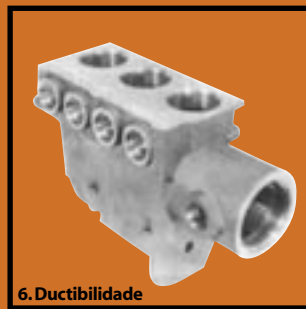
3. Bom balanceamento



4. Absorção de vibração



5. Resistência à fadiga



6. Ductibilidade



7. Resistência dinâmica

linha a altas velocidades requer uma construção extremamente leve com um balanceamento perfeito. Quando feita por estampagem profunda em chapa de aço, a bobina não atendeu a esses requisitos. O problema foi resolvido por uma liga de **Silafont-35** ( $AlSi_{10}Mg$ ), fundida a alta pressão, com proteção superficial a plasma contra desgaste, com  $Al_2O_3$  e  $TiO_2$ .

#### 4. Absorção de vibração

Juntas de metal-borracha de peças móveis de uma **engrenagem motora de veículo**, que absorve vibrações da estrada, têm o núcleo do rolamento feito de alumínio, pois suportam os esforços. Eles substituíram o ferro e melhoraram substancialmente a absorção de vibrações. Devido às altas forças de compressão e tendo em vista o grande volume requerido, esses núcleos são feitos de **Unifont-94** ( $AlZn_{10}Si_8Mg$ ) e fundidos a alta pressão. A liga é auto-envelhecida e reassume a sua resistência original após a vulcanização.

#### 5. Resistência à fadiga

**Porcas** de plástico para acoplamentos de mangueiras têm 80 milímetros de diâmetro interno (figura). Elas se quebravam depois da montagem e foram substituídas por fundidos de **Silafont-09** ( $AlSi_9$ ), fundidos a alta pressão.

Os acoplamentos plásticos para máquinas de lavar freqüentemente se tornam quebradiços e têm sido substituídos por fundidos de alumínio a alta pressão feitos de **Peraluman-90** ( $AlMg_9$ ).

#### 6. Ductibilidade

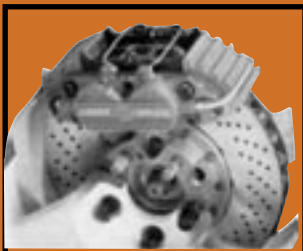
O fundido de alumínio dúctil automaticamente reduz os picos de tensão produzidos pela tensão de impacto. Uma **caixa de controle de elevador** sujeita a uma pressão pulsante de até 400 bar, que era feita a partir de um fundido de ferro, foi substituída por um fundido feito em molde permanente com o material **Unifont-90** ( $AlZn_{10}Si_8Mg$ ).

#### 7. Resistência dinâmica

Os fundidos de alumínio são apropriados para peças que estejam sujeitas a tensões de vibração sobre tração. Por essa razão, todas as peças de aço de transporte de carga em vagões ferroviários podem ser substituídas por fundidos de alumínio. Uma locomotiva, com a marca de **Aludrive** (movida a alumínio), contém 750 quilos de fundidos de alumínio, que dão uma economia em peso de 500 quilos. A unidade motora e o corpo do vagão repousam longitudinalmente sobre uma suspensão a ar com braços em balanço, em forma de caixa do rolamento de assentamento da roda. Devido ao alto esforço no braço, que serve também como câmara de ar para a suspensão, é utilizada uma liga de baixo ferro **Alufont-52** ( $AlCu_4Ti$ ), envelhecida artificialmente.

#### 8. Alta deformação

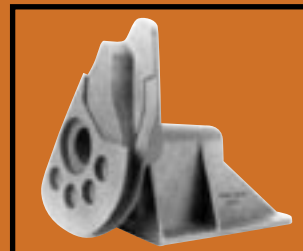
Peças de segurança muito tensionadas não devem se quebrar sem deformação, o que destrói energia e



8. Alta de formação



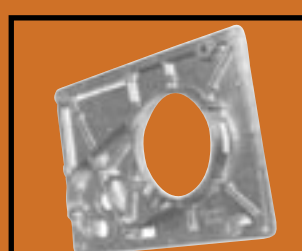
9. Resistência à trinca e evolução lenta da trinca



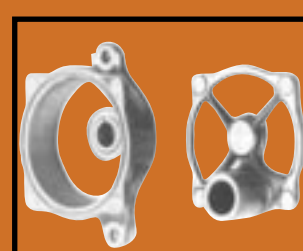
10. Ausência de fragilização a temperaturas muito baixas



11. Boa Formação de bordas



12. Estabilidade de forma



13. Resistência ao desgaste

evita a fratura quebradiça. A liga dúctil **Alufont** e as ligas de baixo ferro AlSi, como **Silafont** e **Anticorodal**, são usadas para peças de segurança. Em motores de carros, por exemplo, as aplicações incluem: sistemas de freios, suportes transversais de eixos dianteiros e traseiros e rodas de carros. A peça de freio mostrada foi mudada de um fundido de ferro maleável para um fundido de alumínio de uma liga de **Alufont-47** ( $AlCu_4TiMg$ ), envelhecida naturalmente.

### 9. Resistência à trinca e evolução lenta da trinca

Elementos de construção em ligas de alumínio dúcteis de alta resistência com boa resistência à trinca são indispensáveis para projetos de engenharia calculados para durar mais de 40 anos. Ligas dúcteis de alumínio de alta resistência possibilitam construções leves que não apenas simplificam projetos tradicionais, mas também possibilitam funções adicionais. A estrutura completamente

fabricada em aço de um truque de vagão ferroviário, por exemplo, pode ser reduzida a uma liga de **Alufont-52** ( $AlCu_4Ti$ ), do suporte transversal principal, artificialmente envelhecida e acoplada às extremidades.

### 10. Ausência de fragilização a temperaturas muito baixas

Materiais de ferro apresentam uma queda expressiva na ductibilidade em baixas temperaturas, mas os fundidos de alumínio não mostram essa fragilização a temperaturas extremamente baixas. Dessa forma, eles são usados em condutores elétricos de ferrovias montanhosas, aviões e sistemas de transporte de gases liquefeitos.

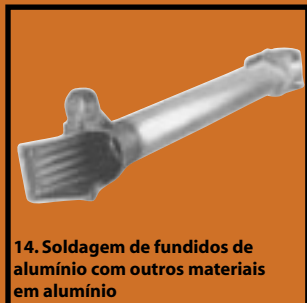
### 11. Boa formação de bordas

Fundidos dúcteis de alumínio podem ser facilmente conformados nas bordas, facilitando o projeto de construções mistas como carcaças de amortecedores. Um disco de aço

é colocado na matriz da máquina de fundição de alumínio a alta pressão e ao seu redor é fundida a borda de alumínio, e a superfície da borda suporta todas as forças. A liga **Silafont-09** ( $AlSi_9$ ) atende a esses requisitos.

### 12. Estabilidade de Forma

Mesmo fundidos a alta pressão com paredes muito finas oferecem excelente estabilidade de forma e, por isso, substituem peças de plástico e de aço. Capas de plástico de motores de carros e algumas capas de plástico de refletores traseiros de carros não têm a necessária estabilidade de forma. Elas têm sido substituídas pelo material **Silafont-09** ( $AlSi_9$ ), em fundidos a alta pressão. A **estrutura da base de um computador** (figura) precisa garantir uma estabilidade de forma que não pode ser conseguida por uma chapa de aço. Uma alta estabilidade de forma é requerida porque os eixos, que são montados nos furos, apenas permitem desvios mínimos de



14. Soldagem de fundidos de alumínio com outros materiais em alumínio



15. Distribuição de tensões



16. Soldando fundidos de alumínio com ferro e cobre com elementos intermediários de ligação



17. Soldagem de fundidos de alumínio com outros materiais em alumínio

paralelismo entre si durante o serviço, que inclui trabalho entre temperaturas de 20 a 70 °C. Fundidos de **Silafont-09** (AlSi<sub>9</sub>) atendem a estas condições.

### 13. Resistência ao desgaste

Em motores a combustão, peças de ferro fundido estão sendo substituídas por ligas de alumínio hipereutéticas de alta resistência ao desgaste, tais como o **Silafont-70** (AlSi<sub>12</sub>CuNiMg), o **Silafont-90** (AlSi<sub>17</sub>Cu<sub>4</sub>Mg) ou o **Silafont-92** (AlSi<sub>18</sub>CuNiMg). Fundidos de ferro sujeitos a desgaste também estão sendo substituídos por fundidos de alumínio, sempre que a zona de desgaste é protegida por um spray de plasma, como as extremidades de garfos de mudança de engrenagens. As bombas para o sistema de servo-direção foram modificadas de ferro fundido para o material **Silafont-90** (AlSi<sub>17</sub>Cu<sub>4</sub>Mg), reduzindo o seu peso em 65%. Além disso, a pressão de serviço pode ser aumentada em 55%. São mostradas aqui a **caixa da**

**bomba** e as **flanges da bomba**. Ambas foram feitas com **Silafont-90** (AlSi<sub>17</sub>Cu<sub>4</sub>Mg), fundidos à alta pressão.

### 14. Soldando de fundidos de alumínio com outros materiais de alumínio

Nos carros esportivos da linha Z1 da BMW, um suporte tubular combina a transmissão e a engrenagem motora em uma única unidade montada. O torque é transmitido por um eixo motor de peça única, da caixa de câmbio para o eixo traseiro motor. O suporte tubular é uma peça de AlMgSi<sub>1</sub> extrudada para o diâmetro de 120 milímetros, com o comprimento de 850 milímetros, no qual estão soldados o eixo traseiro motor e a caixa de câmbio. A soldagem é feita pelo processo a plasma WIG, com o uso de SG-AlSi<sub>5</sub> como material de enchimento.

### 15. Distribuição de tensões

Devido à distribuição favorável da



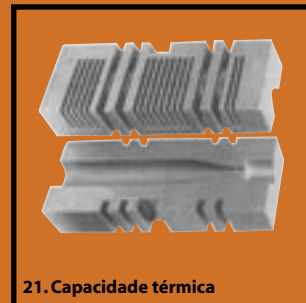
18. Insertos fundidos



19. Economias de projetos com fundidos de alumínio



20. Condutividade de térmica



21. Capacidade térmica

Nome da liga	Composição
Anticorodal-04	AlSi <sub>0,5</sub> Mg
Anticorodal-50	AlSi <sub>5</sub> Mg
Anticorodal- 70/78	AlSi <sub>7</sub> Mg
Anticorodal- 71	AlSi <sub>7</sub> Mg-L
Anticorodal- 72	AlSi <sub>7</sub> Mg0,6
Unifont-90	AlZn <sub>10</sub> Si <sub>8</sub> Mg
Unifont-94	AlZn <sub>10</sub> Si <sub>8</sub> Mg
Alufont-47	AlCu <sub>4</sub> TiMg
Aluman-16	AlMn <sub>1,6</sub>

Nome da liga	Composição
Silafont-09	AlSi <sub>9</sub>
Silafont-30	AlSi <sub>9</sub> Mg
Silafont-35	AlSi <sub>10</sub> Mg
Silafont-70	AlSi <sub>12</sub> CuNiMg
Silafont-90	AlSi <sub>17</sub> Cu4Mg
Silafont-92	AlSi <sub>18</sub> CuNiMg
Peraluman-30	AlMg <sub>3</sub>
Alufont-52	AlCu <sub>4</sub> Ti

Names of the alloys cited in the work and the international symbols of their composition

tensão em um fundido de alumínio sob esforço, praticamente não existem os picos de tensão que ocorrem em construções soldadas. Por essa razão, uma peça de um dispositivo de salvamento foi mudada de um projeto com aço St52 para o material **Alufont-52** (AlCu<sub>4</sub>Ti), fundido em areia e envelhecido artificialmente. Além disso, o peso foi reduzido de 8,9 quilos para 3 quilos e o custo de produção foi reduzido em 28%.

### 16. Soldando fundidos de alumínio com ferro e cobre com elementos intermediários de ligação

Com elementos intermediários de ligação, materiais de natureza tão diferentes como o aço e o alumínio podem ser soldados. Os elementos intermediários são seções ou placas de compostos de alumínio-aço produzidos por extrusão ou laminação. Aqui está apresentado um elemento de junção intermediária

com a peça de aço, depois de um ensaio de dobramento. Apesar da alta deformação, a camada de união não foi destruída.

### 17. Soldagem de fundidos de alumínio com outros materiais de alumínio

A empresa Aluisse desenvolveu uma liga **Aluman-16** (AlMn<sub>1,6</sub>) para a soldagem do alumínio. Devido ao alto intervalo de solidificação (645–660 °C), os fundidos de **Aluman-16** são convenientes para serem soldados em fornos de banho de sal em produções de alto volume. Essas conexões de radiadores de automóveis asseguram a produção econômica dos radiadores.

### 18. Insertos fundidos

Peças de uma embreagem hidráulica de automóvel, fundida em ferro (figura), foram reduzidas em número com a aplicação de fundidos a alta pressão no material **Silafont-09** (AlSi<sub>9</sub>) com insertos fundidos com

núcleo de aço nitretado. Eles precisam manter uma precisão de rotação de 0,2 milímetro após a fundição.

### 19. Economias de projetos com fundidos de alumínio

Os fundidos de alumínio frequentemente são bons substitutos de projetos com rebites, usinagens, parafusos e montagens. Por exemplo, o suporte dos flaps de aterrissagem de um avião Airbus 320 (figura) é um fundido de precisão que substituiu um projeto com rebites composto de várias peças. Os custos de produção foram reduzidos em mais de 60%. Além disso, os custos de proteção contra corrosão e de manutenção foram eliminados.

O suporte para os porta-bagagens centrais dos Airbus A300 e A310 foram usinados a partir de uma placa de alumínio esticada, mas agora foram substituídos por um fundido em molde permanente em **Anticorodal-72** (AlSi<sub>7</sub>Mg<sub>0,6</sub>), artificialmente envelhe-



22. Não inflamável



23. Condutividade elétrica



24. Resistência ao curto-circuito



25. Resistência à corrosão

cido. Os custos de produção foram reduzidos em 65%.

## 20. Condutividade térmica

Ligas de fundição de alumínio são usadas em motores a combustão devido à sua alta condutividade térmica. Essa propriedade também tem possibilitado outras aplicações. A carcaça do resfriador de um retificador elétrico tem que simultaneamente remover calor e assegurar a estanqueidade de um alto vácuo. Anteriormente era um conjunto soldado de cromo-níquel-aço, hoje é um fundido feito em areia a baixa pressão em **Anticorodal-70** ( $AlSi_7Mg_{0,3}$ ), envelhecido artificialmente. O novo fundido resultou em uma melhoria de 55% no efeito de resfriamento, dessa forma o resfriador adicional, que era necessário no projeto anterior, foi eliminado. Devido à melhor estanqueidade, o vácuo pode ser reduzido em 0,01 para

0,0000001 bar. O custo foi reduzido em 22% e o peso em 35%.

## 21. Capacidade térmica

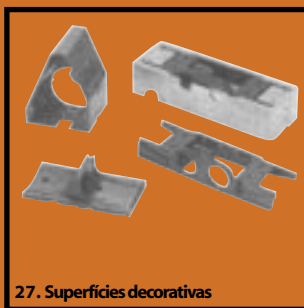
Os moldes para artigos de plástico, vidro e pneus são principalmente de alumínio devido à sua alta capacidade térmica, que é relativamente pequena em outros materiais. O alumínio tem substituído ligas de ferro e zinco em tais aplicações. Um molde de ferro fundido foi substituído por um de **Anticorodal-70** ( $AlSi_7Mg_{0,3}$ ), envelhecido artificialmente.

## 22. Não inflamável

Diferentemente do magnésio, o alumínio não é inflamável. Por essa razão é usado em aquecedores estacionários de carros modernos, em que o alumínio está em contato direto com a chama do maçarico. O fundido a alta pressão usado é feito de **Silafont-09** ( $AlSi_9$ ), uma liga que não requer tratamento térmico.



26. Resistência à água do mar



27. Superfícies decorativas



28. Capacidade de reflexão



29. Não toxicidade

## 23. Condutividade elétrica

Ligas de alumínio de **Anticorodal-04** e de **Anticorodal-71**, superenvelhecidas, estão substituindo elementos em condutores da classe cobre e fundidos em cromo-cobre para sistemas de alta voltagem e para disjuntores. Estão ilustrados: um condutor para sistemas de alta voltagem em **Anticorodal-04** ( $AlSi_{0,5}Mg$ ) e um suporte de contato para interruptores em **Anticorodal-71** ( $AlSi_7Mg_{0,3}$ ).

## 24. Resistência ao curto-circuito

Para aplicações em novos condutores aéreos, a empresa alemã de ferrovias federais está especificando fundidos e extrudados de alumínio, no lugar de fundidos de ferro maleável e de aço estrutural. A resistência ao curto-circuito de fundidos de alumínio é muito importante devido às correntes de curto-circuito extremamente altas, que ocorrem em seções de túneis onde partes das estruturas são aquecidas. Com fundidos de ferro maleável, um aumento de curta duração de temperatura até 350 °C é permissível. No caso do alumínio, o permissível

é de apenas 125 °C. A corrente de curto-circuito leva duas vezes o tempo para o alumínio do que ela leva para o ferro maleável, para alcançar o limite permissível. O risco de perda de resistência mecânica, desta forma, é mais reduzido para os fundidos de alumínio do que para os de ferro maleável. Um curto-circuito de **35 kA** e duração de **120 milissegundos** produz marcas nas conexões entre fundidos de ferro maleável e de aço, mas não afeta as peças de alumínio. Nos fundidos de ferro maleável os fios metálicos dos cabos se tornam recozidos, mas isso não ocorre nos fundidos de alumínio. São apresentados fundidos em moldes permanentes na liga **Anticorodal-70** ( $AlSi_7Mg_{0,3}$ ), parcialmente subenvelhecida, que estão substituindo moldes fundidos de ferro maleável branco.

## 25. Resistência à corrosão

Na indústria de equipamentos e aparatos de combate ao fogo, as ligas de **Anticorodal** e **Peraluman** têm substituído ligas de ferro e de cobre devido à sua boa resistência à corrosão. A figura mostra uma tampa de poço de aeroporto, feita

com **Anticorodal-70** ( $AlSi_7Mg_{0,3}$ ), envelhecido artificialmente, para uma carga permissível de 100 toneladas. Ela substituiu um fundido de ferro. O problema de corrosão foi resolvido e ficou possível o seu manuseio por um único homem.

## 26. Resistência à água do mar

Fundidos de **Peraluman** (ligas de baixo ferro e isentas de cobre de **AlMg**) são usadas na construção naval. A âncora de um iate de navegação oceânica é fundida em **Anticorodal-72** ( $AlSi_7Mg_{0,6}$ ), envelhecido artificialmente, e em **Anticorodal-78** ( $AlSi_7Mg$ ), parcialmente subenvelhecida e polida a tambor.

## 27. Superfícies decorativas

Depois de polidos, os fundidos anodizados ou anodizados em cores – particularmente para as ligas de **AlMg** – produzem um efeito óptico especial. Como resultado, os fundidos de alumínio são preferidos para acabamentos de construção e de mobílias, instrumentos óticos, utensílios domésticos e objetos de arte. Exemplos são elementos fundidos de cortinas de parede e placas fundidas,



30. Qualidades de Fresagem



31. Fácil Reciclagem

que são os preferidos de muitos arquitetos em relação a materiais de pedra. Por razões decorativas as câmeras de cinema (figura) são montadas com fundidos de alumínio.

### 28. Capacidade de reflexão

Fundidos de alumínio em ligas livres de silício, como **Peraluman** e **Alufont**, oferecem uma alta reflexão e calor, com uma correspondente baixa absorção. Como resultado, as indústrias de aparatos de refletores e de aquecimento estão usando fundidos de alumínio.

### 29. Não toxicidade

Porque o alumínio não é tóxico, ligas de alumínio isentas de cobre com 0,5% de Fe, 0,05% de Cu e 0,05% de Ni são usadas nos equipamentos das indústrias alimentícias e estão substituindo ligas de aço inox em peças das indústrias de peixes e carnes. Outro exemplo é o fundido de uma rosca de transporte de uma prensa de manteiga no material **Anticorodal-50** (AlSi<sub>5</sub>Mg). O fundido atendeu a todas as exigências de higiene e de ausência de toxicidade.

Os valores máximos permitidos pela norma européia EN 601 na área de alimentação são Fe 2,0%, Cu 0,6%

e Ni 3,0%, mas eles são muito altos e provocam corrosão quando em contato com alimentos. Além disso, 0,2% de antimônio (que é tóxico) é permitido.

### 30. Qualidades de fresagem

Em operações de fresagem, o alumínio tem vantagens econômicas importantes sobre materiais de ferro, devido a maior velocidade de corte e um tempo de máquina menor. Uma peça de rolamento fundida em **Anticorodal-70** (AlSi<sub>7</sub>Mg<sub>0,3</sub>), envelhecida artificialmente, substituiu uma peça fundida de ferro. Ela reduziu o tempo de fresagem em 39% sobre o que era necessário com o ferro. O tempo por peça é de 6,32 minutos para a peça de alumínio e de 16,13 minutos para o fundido de ferro.

### 31. Fácil reciclagem

O alumínio pode ser facilmente separado do material retalhado. Com um material retalhado muito misturado, ainda assim é possível preparar ligas para as aplicações menos exigentes em especificações. Além disso, a fusão da sucata de alumínio requer somente 5% da energia necessária para produzir o alumínio primário.