

REDUÇÃO DA ESPESSURA DA CHAPA DE ALUMÍNIO PELA UTILIZAÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO – UMA REVISÃO

REDUCING THE THICKNESS OF ALUMINUM PLATE THE USE OF SODIUM HYDROXIDE - A REVIEW

Victor Peliccia de Oliveira^{1*}, Otávio Augusto Martins^{1,2} e Rafael Innocenti Vieira da Silva³

¹Departamento de Exatas, Faculdades Integradas Regionais de Avaré, Fundação Regional Educacional de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil; ²Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil; ³

Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil, *E-mail:

vpeliccia@gmail.com.

Resumo – O objetivo da presente revisão da literatura consistiu em analisar o processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio fundamentando as reações químicas envolvidas no processo. As principais considerações da revisão são: (a) o alumínio é produzido comercialmente há cerca de 150 anos; (b) o alumínio permite que tenha uma diversa gama de aplicações, por isso, o metal é um dos mais utilizados no mundo todo; (c) o processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio é praticado por indústrias com objetivo de alívio de peso e conformação da matéria prima; (d) o processo pode consistir de hidróxido de sódio e água apenas, mas são inclusos aditivos como trietanolamina e sulfeto de sódio para melhorar o acabamento superficial; (e) o alumínio dissolve em solução aquosa com hidróxido de sódio, formando aluminato de sódio e hidrogênio.

Palavras-chave – Alumínio, Indústria, NaOH.

Abstract – The purpose of this literature review was to analyze the process of reducing the thickness of aluminum solution of sodium hydroxide basing the chemical reactions involved in the process. The main considerations of revision are: (a) aluminum is produced commercially about 150 years ago, (b) aluminum allows have a diverse range of applications, therefore, the metal is one of the most used worldwide; (c) a process of reducing the thickness of aluminum in a solution of sodium hydroxide is practiced by industry aiming at

alleviation weight and conformation of the raw material, (d) the process can consist of sodium hydroxide and water only, but is included additives such triethanolamine and sodium sulfide to improve the surface finish, (e) the aluminum dissolves in aqueous solution with sodium hydroxide to form sodium aluminate and hydrogen.

Key-Words – Aluminum, Industry, NaOH.

I. INTRODUÇÃO

A história do alumínio no mundo

O alumínio é produzido comercialmente há cerca de 150 anos e nesse período, sua indústria se expandiu estando presente em seis regiões geográficas - África, América do Norte, América Latina, Ásia, Europa e Oceania. No total, são 46 países que produziram, em 2006, aproximadamente 34 milhões de toneladas de alumínio primário, conforme dados do World Metal Statistics. Os maiores produtores são China, Rússia, Canadá, Estados Unidos, Austrália e Brasil [1].

Hoje, os Estados Unidos e o Canadá são os maiores produtores mundiais de alumínio, entretanto, nenhum deles possui jazidas de bauxita em seu território, dependendo exclusivamente da importação [2].

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de alumínio primário, a demonstração

da importância da indústria brasileira do alumínio no cenário mundial está na sua participação no mercado global. O Brasil tem terceira maior jazida de bauxita do planeta, localizada na região amazônica, perdendo apenas para Austrália e Guiné, sendo o quarto maior produtor de alumina e ocupa a quinta colocação na exportação de alumínio primário/ligas [1]. Além da Amazônia, o alumínio pode ser encontrado no sudeste do Brasil, na região de Poços de Caldas (MG) e Cataguases (MG). A bauxita é o minério mais importante para a produção de alumínio, contendo de 35% a 55% de óxido de alumínio [2].

No mercado interno, a maior parte do alumínio e seus produtos são aplicados nos segmentos de embalagens e transportes. Na seqüência, vem os segmentos de eletricidade, construção civil, bens de consumo, máquinas, equipamentos e outros. A produção de semimanufaturados de alumínio no Brasil está concentrada na região sudeste do Brasil. Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro abrigam empresas produtoras de chapas, folhas, extrudados e cabos [1].

O alumínio permite que tenha uma diversa gama de aplicações, por isso, o metal é um dos mais utilizados no mundo todo. Material leve, durável e bonito, o alumínio mostra um excelente desempenho e propriedades superiores na maioria das aplicações. Produtos que utilizam o alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora [3].

Característica essencial na indústria de transportes representa menor consumo de combustível, menor desgaste, mais eficiência e capacidade de carga. Para o setor de alimentos, traz funcionalidade e praticidade às embalagens por seu peso reduzido em relação a outros materiais [3].

Torna-se relevante procurar esclarecer os fenômenos químicos envolvidos na busca de criar bases teóricas para aprimorar o processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio. O processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio é praticado por indústrias com objetivo de alívio de peso e conformação da matéria prima. Com base nisso,

o objetivo da presente revisão da literatura consistiu em analisar o processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio fundamentando as reações químicas envolvidas no processo.

II. METODOLOGIA

Para realizar a revisão de literatura científica foi utilizado pesquisas em sites científicos da internet. Os principais sites científicos foram:

- (a) www.scielo.br
- (b) www.scholar.google.com
- (c) www.pubmed.com
- (d) <http://highwire.stanford.edu>
- (e) E outros.

Foram utilizados nessa revisão os artigos científicos, livros, teses, dissertações e monografias.

III. CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS

O alumínio comercialmente puro tem uma densidade ou massa volumétrica de $2,7\text{g/cm}^3$ sendo um material leve comparado a outros materiais metálicos, seu ponto de fusão é de 660°C (na pureza de 99,9%) a ebulição ocorre a 2500°C , o ponto de fusão a temperatura moderada facilita a obtenção de ligas e sua elevada resistência à corrosão é uma característica que garante um produto com qualidade [4].

A tenacidade do alumínio, ou seja, a quantidade de energia que um material pode absorver antes de fraturar que é de apenas 90 MPa, tornando sua utilização como material estrutural um tanto limitada. Diferentes tipos de processamento podem aumentar estes valores de resistência à tração como trabalho a frio, adições de outros metais chamados de elementos de liga, tais como: silício, cobre, manganês, magnésio, cromo, zinco, ferro, etc podem dobrar os valores de resistência [5].

Algumas ligas podem ainda apresentar um aumento significativo de resistência através de tratamento térmico, chegando a valores de aproximadamente 700 MPa. Importante citar que o alumínio e suas ligas perdem parte de sua resistência em elevadas temperaturas, embora

algumas ligas conservem boa resistência em temperaturas de 200°C a 260°C [5].

Por outro lado, em temperaturas abaixo de zero, sua resistência aumenta sem perder a ductilidade e a tenacidade, tanto que o alumínio é um metal muito utilizado em aplicações a baixas temperaturas [5].

A ductilidade do alumínio puro, ou seja, a propriedade que representa o grau de deformação que um material suporta até o momento de sua fratura é de 17-20 HB. Uma característica que permite à indústria utilizá-lo de diversas formas facilita sua conformação e possibilita a construção de formas adequadas aos mais variados projetos [5].

Resumindo, é possível se obter uma grande variedade de características mecânicas através da combinação de diferentes tipos de processamento, como adição de elementos de liga, trabalho a frio, tratamentos térmicos, todos tratados em capítulos posteriores.

IV. PRINCIPAIS ELEMENTOS ADICIONADOS ÀS LIGAS DE ALUMÍNIO E SUAS APLICAÇÕES

O alumínio pode formar ligas com vários elementos químicos os quais proporcionam características diferenciadas para a liga do alumínio [6].

A Figura 1 abaixo mostra um esquema que ilustra varias combinações do alumínio com alguns elementos de ligas comerciais e a formação das respectivas ligas (binária, terciária e quaternária) [6].

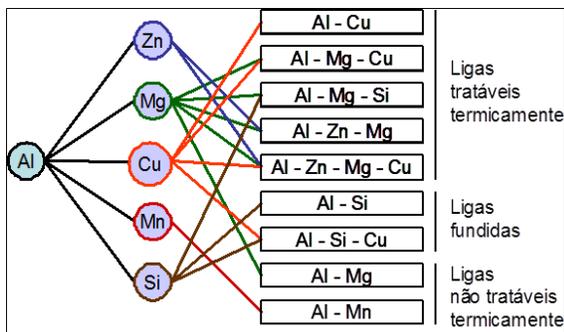


Figura 1: Ligas de alumínio (binária, terciária e quaternária) formadas com os principais elementos de ligas comerciais [6].

Além dos elementos formadores das principais ligas de alumínio referidos na figura, outros elementos como níquel, cobalto, cromo, titânio e zircônio são geralmente adicionados às ligas de alumínio com finalidades específicas, enquanto que as impurezas como o ferro e o chumbo são considerados elementos indesejáveis [6].

De uma maneira geral, os elementos de liga adicionados ao alumínio apresentam as seguintes características:

Zinco

Aumenta de forma acentuada a resistência mecânica do alumínio ao proporcionar o endurecimento por precipitação natural e artificial da liga. Porém, tem pouco efeito e não contribui para o endurecimento por deformação quando presente em solução sólida [7].

Aplicação em peças sujeitas aos mais elevados esforços mecânicos em indústria aeronáutica, militar, máquinas e equipamentos, moldes para injeção de plásticos e gabaritos [5].

Magnésio

Reduz a temperatura de fusão, aumenta a capacidade de endurecimento por deformação e a resistência à corrosão da liga [7].

Aplicação em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, calas, forros, construção civil, fachadas, embarcações [5].

Cobre

Aumenta a resistência mecânica e propicia o endurecimento por deformação natural, porém, diminui a resistência à corrosão, a ductilidade e soldabilidade da liga [7].

Aplicação em peças forjadas, indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos [5].

Manganês

Aumenta a resistência mecânica do alumínio comercialmente puro com pequena redução da ductilidade, e melhora a resistência à corrosão [8].

Aplicação em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, reboques, utensílios domésticos, equipamentos para indústrias químicas e alimentícias, telhas, cumeeiras, rufos, calas, forros, construção civil, fachadas, embarcações [5].

Silício

Diminui a temperatura de fusão, aumenta a capacidade de fluidez da liga, aumenta a resistência mecânica e melhora a ductilidade [7].

O silício quando adicionado com o magnésio propicia o endurecimento por precipitação da liga. Aplicação em carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, calas, forros, construção civil, fachadas, embarcações [5].

Chumbo

Insolúvel no alumínio e forma uma fase eutética abaixo de 658°C. Em virtude de trabalho mecânico a quente das ligas de alumínio serem realizado sempre acima da temperatura de fusão do chumbo como, por exemplo, a laminação a quente, o teor de chumbo deve ser mantido baixo, a quantidade máxima de chumbo permitida na composição química da liga utilizada na fabricação do corpo das latas para bebidas é de apenas 90ppm ou 0,009% (em peso) [7].

Outros elementos

Aumenta a resistência da liga em altas temperaturas; o titânio diminui o tamanho do grão; o zircônio é um elemento considerado estabilizador, que influencia nos mecanismos de precipitação; o cromo aumenta a resistência à corrosão sob tensão e o ferro aumenta a resistência do alumínio puro, formando uma fase eutética, quando presente em baixas porcentagens [7].

V. PROCESSAMENTO DE ALUMÍNIO E DE SUAS LIGAS: USINAGEM MECÂNICA E QUÍMICA

Usinagem Mecânica

A usinagem mecânica é uma forma de processamento de materiais metálicos utilizada para criar objetos de metal. Durante este processo cortam-se materiais para se alterar a aparência e a forma de um produto, conforme requisito previamente estabelecido. Pode ser utilizada para fabricação de parafusos de aço para peças de metal, bem como para objetos maiores, como para ferramentas manuais e componentes automotivos [9].

Esta técnica geralmente é dividida em quatro categorias, perfuração, moldagem, fresagem e moagem, e pode ser utilizada em conjunto para produzir um único produto [9].

A perfuração é um dos tipos mais básicos de usinagem mecânica. Durante o processo de perfuração geralmente são utilizadas brocas de um material com dureza superior a do material a ser usinado para realizar a perfuração [9].

Moldar através do torno é outra forma utilizada para dar formas a um determinado metal. Durante o torneamento, é colocado o material sobre uma peça de equipamento conhecido como torno. O torno gira o metal de modo que ele possa ser moldado ou cortado utilizando ferramentas manuais ou kits especiais, este processo pode ser manual ou automático [9].

Durante a fresagem, utiliza-se uma peça de equipamento conhecido como máquina de fresa, ou fresadora. Este equipamento utiliza dispositivos de metal para cortar outro material metálico fora da superfície ou na face de um determinado objeto. A ferramenta é fixada no lugar determinado e de forma correta para que se possa operar em segurança, e a máquina orienta o metal em torno destas ferramentas de corte para realizar a operação desejada [9].

A moagem é a última categoria de técnicas de usinagem. Este processo relativamente simples envolve o uso de uma roda de pedra de moagem para moldar uma peça de metal [9].

Usinagem Química

A usinagem química por vezes denominada como “Chemilling”, “Contorno de Maquinagem” ou “Gravura” é principalmente usada para produzir formas por remoção seletiva ou total de material em peças de metal a partir

de áreas de superfície relativamente grandes. O objetivo principal é produzir cavidades rasas com perfis complexos em chapas, folhas e peças forjadas. Usinagem química inclui quatro etapas importantes, limpeza, mascaramento, gravura e des-mascaramento [10].

As tensões nas partes, ou seja, a pressão exercida no material ao suspender, deve ser aliviada a fim de evitar deformação após a gravura. As superfícies são desengorduradas e cuidadosamente limpas para assegurar tanto a boa adesão do material de máscara e de remoção de material uniforme [10].

Em seguida, o material de máscara é aplicado com fitas ou tintas (maskants), embora elastômeros (borracha de neopreno) e plásticos (cloreto de polivinilo, polietileno, poliestireno) são também utilizados [10].

O material previamente limpo e envolvido por maskant pode ter regiões específicas a ser gravada, sendo retirada pela técnica de recorte e remoção da máscara [10].

A Figura 2 abaixo mostra um esquema que ilustra o sistema de gravura, que consiste em um tanque ou recipiente com condicionadores, tais como hidróxido de sódio. Onde as superfícies expostas são imersa no sistema e usinadas quimicamente. O controle de temperatura e agitação durante a reação química é importante a fim de obter uma profundidade uniforme a partir do material removido [10].

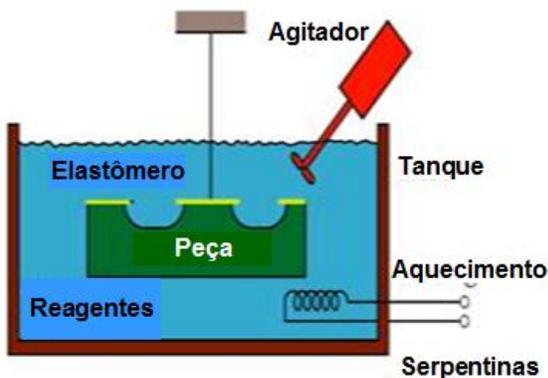


Figura 2: Esquema ilustrativo do sistema de gravura [10].

A Figura 3 abaixo mostra um esquema que ilustra o controle de remoção do material, que se dá pelo tempo de exposição aos condicionadores, o número de imersão no sistema de gravura e a remoção escalonada da

máscara permitindo que seja feita a forma ou removido a quantidade necessária [10].

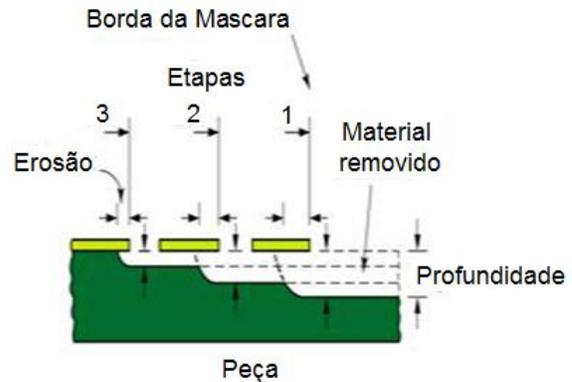


Figura 3: Esquema ilustrativo do controle de remoção do material [10].

Após a usinagem, as partes devem ser lavadas para prevenir reações adicionais ou exposição a quaisquer resíduos de produto corrosivo. O resto do material de máscara é removido e a peça é limpa e inspecionada [10].

Operações adicionais de acabamento podem ser realizadas sobre peças quimicamente usinadas. Esta sequência de operações pode ser repetida para produzir cavidades escalonadas e contornos diferentes [10].

VI. PROCESSO

No processamento do alumínio por usinagem química podemos observar que o sistema se trata da remoção de alumínio em solução de hidróxido de sódio, trietanolamina e sulfeto de sódio, onde se observa a interação na reação entre os reagentes citados e o alumínio [11].

O processo pode consistir de hidróxido de sódio e água apenas, mas são inclusos aditivos como trietanolamina e sulfeto de sódio para melhorar o acabamento superficial [11].

Adições de sucata de alumínio e aditivos irá melhorar o acabamento na saída de processo. Em geral, a criar condicionadores que produzem acabamentos superficiais finos, eliminando, assim, os processos pós- reação como acabamentos manuais [11].

A solução é aplicável a virtualmente todas as ligas de alumínio com pouca modificação necessária (Tabela 1) [11].

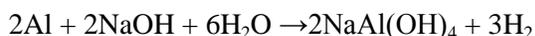
Tabela 1: Reagentes constituintes, concentrações, faixa de temperatura e taxa de corrosão [11].

Constituintes	Concentrações
Hidroxido de Sódio g/l	136 - 280
Gluconato de Sódio g/l	0.3 - 3
Enxofre g/l	7 - 8
Sulfeto de Sódio g/l	8 - 9
Trietanolamina g/l	20 - 60
Polisulfeto de Sódio g/l	51 - 77
Faixa	
Temperatura °F	160 - 225
Taxa de corrosão min./superfície	0.5 - 3.0

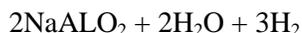
Assim, de alumínio que entra em solução em áreas catódicas, enquanto as áreas anódicas da peça emitem electros e reduzira a água, hidrogênio e hidróxidos. As superfícies catódicas e anódicas devem ser aproximadamente iguais e movendo-se rapidamente sobre a superfície da peça a produzir [11].

Introdução as possíveis reações do alumínio e hidróxido de sódio

Alumínio + Hidróxido de sódio em meio aquoso.



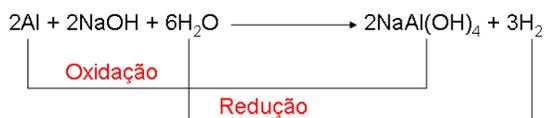
ou



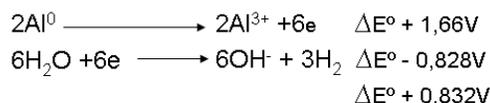
O alumínio dissolve em solução aquosa com hidróxido de sódio, formando aluminato de sódio e hidrogênio [12].

Características do hidróxido de sódio com metal

Observa se na reação abaixo supostamente a reação de oxidação – redução.



Uma oxidação implica na retirada de elétrons de um átomo enquanto uma redução envolve a adição de elétrons num átomo [13].



Conforme o balanceio energético acima o potencial de oxidação desloca a reação do reagente para o produto, obtendo aluminato de sódio e liberação de hidrogênio na forma gasosa [13].

Portanto supõe que ha um potencial de oxidação, já que ocorre a adição de elétrons ao produto [13].

Introdução as possíveis reações da trietanolamina

A trietanolamina tem a seguinte fórmula: C₆H₁₅NO₃.

Utilizada como complexante na reação, fazendo a interação com o aluminato após a reação [14].

Características da trietanolamina com metal

A trietanolamina se agrega ao metal, tendo a função de remoção do aluminato da superfície do alumínio, permitindo que a reação do hidróxido de sódio seja homogenia na superfície do material [14].

As possíveis reações do sulfeto de sódio

Sulfeto de sódio em meio aquoso (Na₂S):



Pressupõe que o sulfeto de sódio tem a função de precipitação na redução do material livre ou em mistura em reação [11].

Características do sulfeto de sódio com metal

O sulfeto de sódio reage formando sulfeto de hidrogênio onde o enxofre precipita-zinco e elementos de liga de cobre a partir de solução e evita que os metais de plaqueamento de volta para a área substrato ou de erosão de alumínio, fazendo o controle e redução da erosão no material [11].

VII. PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES FINAIS

- (a) O alumínio é produzido comercialmente há cerca de 150 anos.
- (b) O alumínio permite que tenha uma diversa gama de aplicações, por isso, o metal é um dos mais utilizados no mundo todo.
- (c) O processo de redução de espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio é praticado por indústrias com objetivo de alívio de peso e conformação da matéria prima.
- (d) O processo pode consistir de hidróxido de sódio e água apenas, mas são inclusos aditivos como trietanolamina e sulfeto de sódio para melhorar o acabamento superficial.
- (e) O alumínio dissolve em solução aquosa com hidróxido de sódio, formando aluminato de sódio e hidrogênio.

AGRADECIMENTOS

Às Faculdades Integradas Regionais de Avaré, Fundação Regional Educacional de Avaré, São Paulo.

REFERÊNCIAS

1. Abal. (2007). Associação Brasileira do Alumínio. A indústria. Web: <<http://www.abal.org.br/industria/introducao.asp>>. Acesso em: 30 mar. 2012.
2. Abal. (2007). Associação Brasileira do Alumínio. O Alumínio. Web: <<http://www.abal.org.br/aluminio/introducao.asp>>. Acesso em: 30 mar. 2012.
3. Abal. (2007). Associação Brasileira do Alumínio. O Alumínio: Vantagens. Web:<<http://www.abal.org.br/aluminio/vantagens.asp>>. Acesso em: 30 mar. 2012.
4. Santos, J. (2007). Universidade do Algarve. O Alumínio. Web: <<http://w3.ualg.pt/~ealmeida/Semin%C3%A1rios/U.algarve-%20EST-EXTRUSAL.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2012.
5. Alcoa. (2007). Associação Brasileira do Alumínio. Fundamentos e Aplicação do Alumínio. Web:<http://www.alcoa.com/brazil/pt/alcoa_brazil/pdfs/fundamentos-Alum%C3%ADnio.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2012.
6. Dean, W. A. (1990). Effects of alloying elements and impurities on properties. In: HATCH, J. E. Aluminium: properties and physical metallurgy. Metals Park, Ohio: ASM. p. 200-241.
7. Mazzolani, F. M. (1995). Aluminum and its alloys. In:____. Aluminum alloys structures. London: FN Spon, p. 1-43.
8. Rios, P. R.; Padilha, A. F. (2003). Microstructural path of recrystallization in a commercial Al-Mn-Fe-Si (AA304) alloy. Materials Research, São Carlos, p. 605-613.
9. Gouveia, R. (2012). Mecânica industrial, O que é usinagem. Web: <http://www.mecanicaindustrial.com.br/cont_eudo/420-o-que-e-usinagem/>. Acesso em: 10 abr. 2012.
10. Vijayram, R. T. (2004). Aplicação da Fresagem Química, Química e Inibição de fotoquímica em indústrias metalúrgicas. Web:<http://www.themetallurgist.co.uk/articles/chemical_milling_chemical_blanking_and_ph>

otochemical_blanking.shtml>. Acesso em: 12 abr. 2012.

- 11.Griffin B. M. Aluminum Chemical Milling.
In: Totten G. E., Mackenzie, S. (2003).
Handbook of Aluminium: Physical
Metallurgy and Processes, FL: CRC Press, p.
1199-1209.
- 12.Lee, J.D. (1999). Os elementos do grupo 13.
In: ____. Química inorgânica não tão concisa.
5 ed. São Paulo: Edgard Blucher, p. 181-
201.
- 13.Lee, J.D. (1999). Propriedades gerais dos
elementos In: ____. Química inorgânica não tão
concisa. 5º ed. São Paulo: Edgard Blucher, p.
86-89.
- 14.Souza, D.A.R. (2010). Universidade Federal
de Santa Catarina, Eletrodeposição e
caracterização de camadas magnéticas de
magnetita. Web:
<<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/8215/287043.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 jul. 2012.