

CARACTERIZAÇÃO METALOGRÁFICA DE GRÃOS EM UMA CHAPA DE ALUMÍNIO NA LIGA AA8006 PRODUZIDA PELO PROCESSO *TWIN ROLL CASTING*¹

Miguel Borodiak²
Alex Sandro Felipe de Moraes²
Ivan Menegueço²
Rodrigo Camargo Campana³

Resumo

As ligas de alumínio que apresentam elevado teor de ferro como as da série AA8XXX produzidas pelo processo *Twin Roll Casting* evidenciam dificuldades para revelar a estrutura granular na microscopia ótica em campo claro por reagentes ácidos. A caracterização metalográfica de chapa caster de alumínio liga AA8006 foi realizada através de metalografia convencional e metalografia colorida por meio de microscopia ótica. As amostras foram tratadas termicamente a 600°C por 8 horas e a 500°C por 12 horas. Após preparação de metalografia padrão, as amostras foram atacadas separadamente com soluções convencionais de Keller e Tucker e com reagente Barker que proporciona a deposição de filme anódico sobre a face catódica do alumínio. As amostras de alumínio no estado bruto de fundição e produto acabado com espessura final 0,650 mm também foram atacadas. O ataque com reagente Barker revelou a orientação dos grãos característicos deste processo. O método de polarização foi utilizado na observação dos cristais, pois, estruturas opticamente anisotrópica evidenciam suas características de cor.

Palavras-chave: Metalografia; TRC; Polarização.

GRAIN CHARACTERIZATION OF AA8006 SHEET FROM TWIN ROLL CASTING

Abstract

Aluminum alloys with high iron content, such as AA8006 manufactured by Twin Roll Casting (TRC) process, reveal problems to develop grain structure using acid agent in bright field in optical metallographic studies. The characterization of AA8006 caster sheet was done using coloured and traditional optical metallographic techniques. The mentioned samples were heat treated by 600°C for 8 hours and at 500°C for 12 hours. After the standard metallographic technique, the samples were attacked using Keller, Tucker and Barker agent. This last one allowed the anodic film deposition over the aluminum cathodic side. The as cast and finished aluminum samples with 0,650mm of thickness were attacked with those agents. The Barker agent revealed the characteristics grain orientation of the TRC process. The polarization method, here mentioned, was used to develop anisotropic structures with their characteristic colours.

Key words: Metallography; TRC; Polarization

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Técnico Metalógrafo da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)*

³ *Engenheiro de Processo do Departamento de Extrusão da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) e Mestre pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.*

1 INTRODUÇÃO

A produção direta de chapas bobinadas, pelo processo denominado *Twin Roll Casting* (TRC), tornou-se uma prática comum na indústria de alumínio. A grande vantagem do caster é converter o metal fundido diretamente em chapa bobinada, pronta para laminação a frio, eliminando assim as operações associadas ao tradicional método de vazamento de placas *Direct Chill* (DC), que necessita de posterior laminação a quente. O sistema de vazamento caster consiste na produção de chapas de alumínio a partir da passagem de metal líquido por dois cilindros refrigerados a água, combinando solidificação e laminação a quente em uma única operação e produzindo tiras que são facilmente bobinadas. A espessura da chapa pode variar de 2 mm a 20 mm, enquanto a largura pode ultrapassar os 2.150 mm.⁽¹⁾ As ligas de alumínio que apresentam elevado teor de ferro como as da série AA8XXX produzidas pelo processo *Twin Roll Casting* evidenciam dificuldades para revelar a estrutura granular na microscopia ótica em campo claro por reagentes ácidos. Utilizando a microscopia convencional e reagente de ataques comuns para revelar estrutura granular, tais como Keller e Tucker, a microestrutura revelada possui contraste em branco e preto no qual a distinção de grãos torna-se difícil e confusa.

A fim de melhor revelar os contornos de grãos e conseguir maior precisão na identificação destes, os metalógrafos utilizam métodos para obtenção de metalografias coloridas.

Um dos reagentes utilizados é o Barker, que consiste na deposição de um filme de interferência com espessura entre 40 nm e 500 nm, que são formados pela reação química entre a superfície da amostra e um reagente metalográfico adequado. Este método apresenta excelentes resultados na coloração seletiva dos grãos e pode ser realizado a temperaturas ambiente. Os raios de luz ao atingirem a amostra coberta pelo filme são refletidos da superfície do filme e da superfície do metal.⁽²⁾ A coloração da microestrutura é uma consequência da reflexão da luz pela amostra e pelo filme e é controlada pela espessura do filme. Estes fenômenos estão apresentados na Figura 1. Conforme a espessura do filme aumenta, a interferência produz diferentes cores como: amarela, vermelha, violeta, azul e verde, nesta ordem.

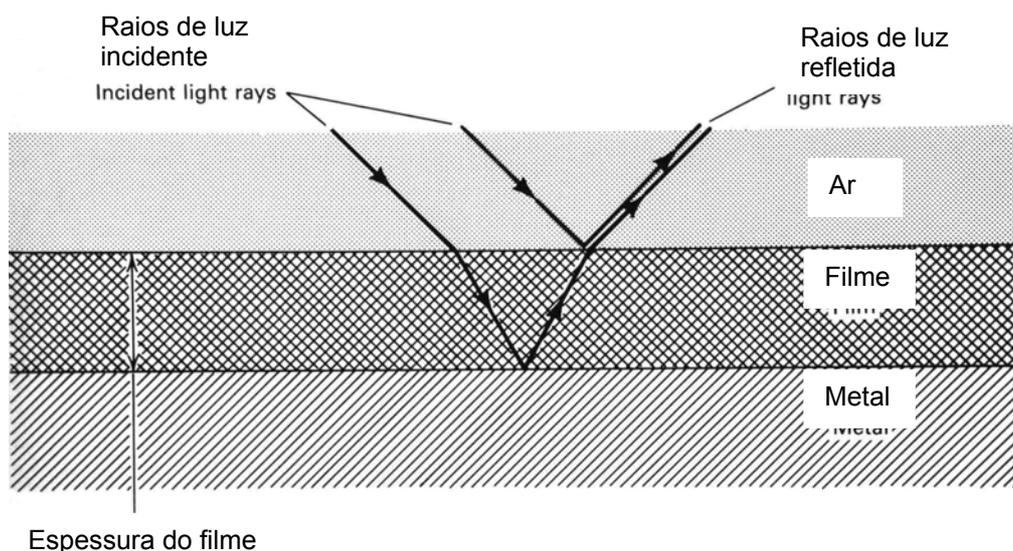


Figura 1: Representação esquemática do efeito da interferência ar-filme-metal (amostra).⁽²⁾

Os reagentes que proporcionam ataques coloridos depositam filmes de interferência sobre a face anódica ou catódica. Porém, a maioria deles colore as faces catódicas e são geralmente soluções ácidas diluídas em água ou álcool. Assim, o filme produzido sobre a face da amostra pode variar sua espessura em função da orientação cristalográfica, adquirindo colorações variadas. Os reagentes são equilibrados quimicamente para que o filme produzido na superfície da amostra seja estável, diferentemente do que ocorre com os reagentes Keller e Tucker onde os produtos da corrosão são dissolvidos na solução durante o ataque.⁽³⁾

2 OBJETIVOS

O presente trabalho buscou a caracterização metalográfica da estrutura de grãos do alumínio na forma de chapas caster bruta de fundição, homogeneizada e laminadas encruado e recozido na liga AA8006 com soluções convencionais de Keller e Tucker e com solução de Barker

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas amostras de chapas caster com 7 mm de espessura e produto laminado com 0,650 mm de espessura, ambas na liga de alumínio AA8006 cuja composição química está apresentada na Tabela 1. O caster utilizado no vazamento é do tipo horizontal, marca Pechiney, com largura de 2000 mm da Companhia Brasileira de Alumínio, (CBA-Alumínio-SP-Brasil), apresentada na Figura 2.

As amostras de 7 mm de espessura foram homogeneizadas a 600°C por 8 horas e 500°C por 12 horas e resfriadas a temperatura ambiente. As amostras de 0,650 mm de espessura foram recozidas a 400°C por 9 horas e resfriadas a temperatura ambiente. Após embutimento em baquelite as amostras foram lixadas com lixas d'água na seqüência de grana 220, 400, 600 e 800 e polidas com pasta de diamante utilizando politriz/lixadeira Metaserv 2000. O polimento final utilizou a Minimet 1000 com suspensão de sílica coloidal. Na seqüência foram atacadas com os reagentes apresentados na Tabela 2.



Figura 2: Caster horizontal da marca Pechiney com produção de chapa de alumínio de 750 a 2100 mm de largura da Companhia Brasileira de Alumínio

Tabela 1: Composição Química (%peso) da liga AA8006 NBR 6834:2006.⁽⁴⁾

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
0,40	1,2-2,0	0,30	0,30-1,0	0,10	-	-	0,10	-

Tabela 2: Métodos utilizados para ataque de amostras.

Reagente	Composição	Tempo (s)	Tensão (V)
Keller's	1,0 mL de HF, 2,5 mL HNO ₃ , 1,5 mL HCl e 95,0 mL de H ₂ O.	60	-
Tucker's 1:2	5,0 mL HF, 5,0 mL HNO ₃ , 15 mL HCl e 75 mL de H ₂ O	5	-
Barker 1,8%	1,8 mL de HBF e 98,5 mL de H ₂ O.	240	20

Nos ataques realizados com Keller e Tucker as amostras foram imersas nas soluções com a face voltada para cima. Quando atacadas com Barker as amostras foram imersas na solução, sendo a amostra o catodo e uma chapa de alumínio comercialmente puro como anodo.⁽²⁾ Após ataque, as amostras foram lavadas com água e secas com ar frio forçado. Em seguida as amostras foram observadas em um microscópio óptico OLYMPUS BX-51RF com câmera para captura de imagens e digitalizadas através do programa IMAGE PRO-PLUS.

As Figuras 3 e 4 ilustram o local de retirada das amostras para análise metalográfica.

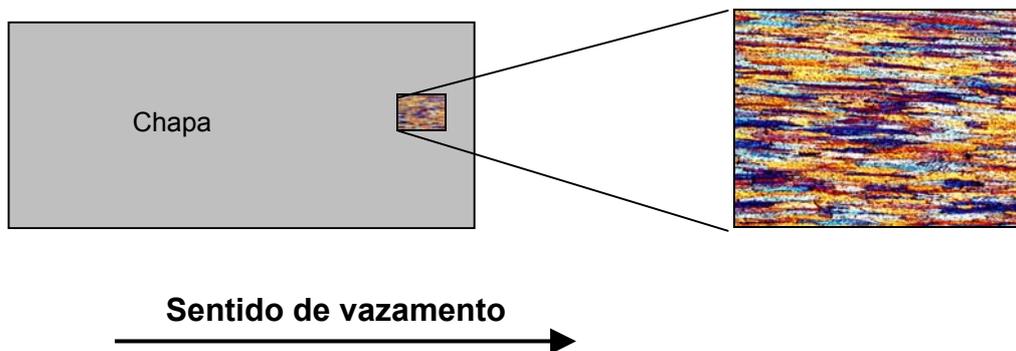


Figura 3: Ilustração do local de retirada das amostras para análise metalográfica chapa bruta de fundição e homogeneizada com 7mm de espessura referente às Figuras 5 e 6.

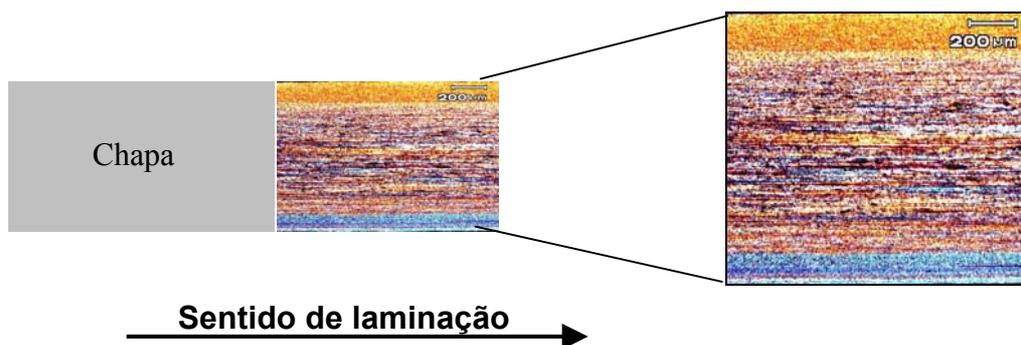


Figura 4: Ilustração do local da retirada das amostras para análise metalográfica chapa encruada e recozida com 0,650mm de espessura referente às Figuras 7 e 8.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 apresenta a microestrutura no centro da chapa após ataque realizado com os reagentes Keller, Tucker e Barker no estado bruto de fundição na espessura de 7mm. De modo geral, as chapas produzidas pelo processo TRC na liga AA8006 apresentam massiva presença de finos compostos ricos em Al-Fe-Mn e Al-Fe-Mn-Si,^(5,6) dificultando ou impossibilitando o contraste de grãos ou a observação dos contornos dos mesmos através de ataques químicos conforme observamos nas imagens (a) e (b). Este problema não ocorre utilizando-se o reagente Barker, na imagem (c) onde é possível observar grãos alongados coloridos em uma seção longitudinal através de luz polarizada.

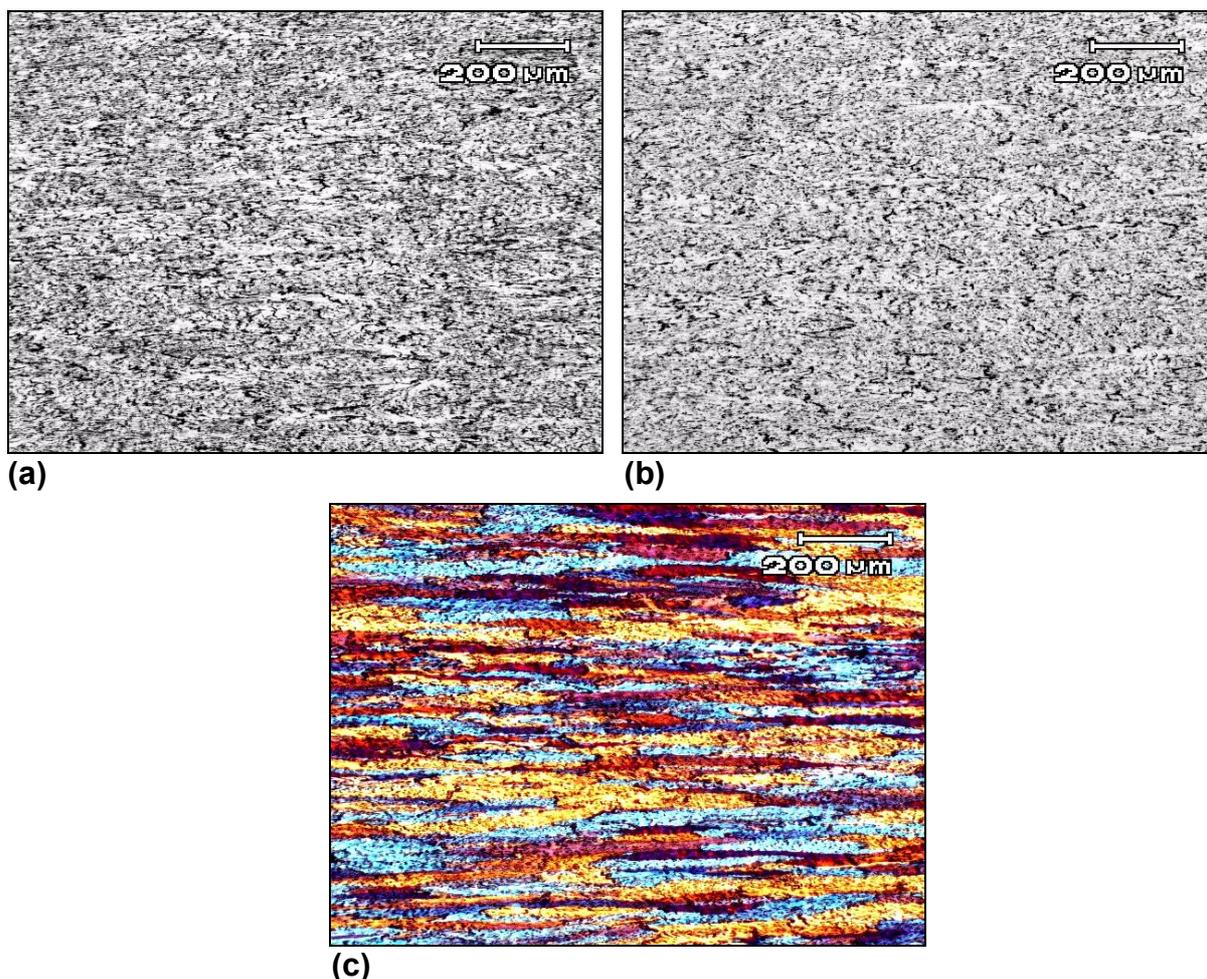


Figura 5: Micrografia ótica 50X da liga AA8006 bruto de fundição atacado com os reagentes: (a) Keller; (b) Tucker e (c) Barker.

A Figura 6 apresenta a microestrutura no centro da chapa após ataque realizado com os reagentes Keller, Tucker e Barker no estado homogeneizada na espessura de 7 mm. A estrutura é formada por finos compostos ricos em Al-Fe-Mn e Al-Fe-Mn-Si esferoidizados pelo tratamento de homogeneização, porém, ainda dificultando o contraste de grãos ou a observação dos contornos dos mesmos com os reagentes de Keller e Tucker conforme observamos nas imagens (a) e (b).^(5,6) Utilizando-se o reagente Barker, imagem (c) observa-se grãos alongados coloridos através de luz polarizada, com uma dimensão maior que a da bruta de fundição, em uma seção longitudinal.

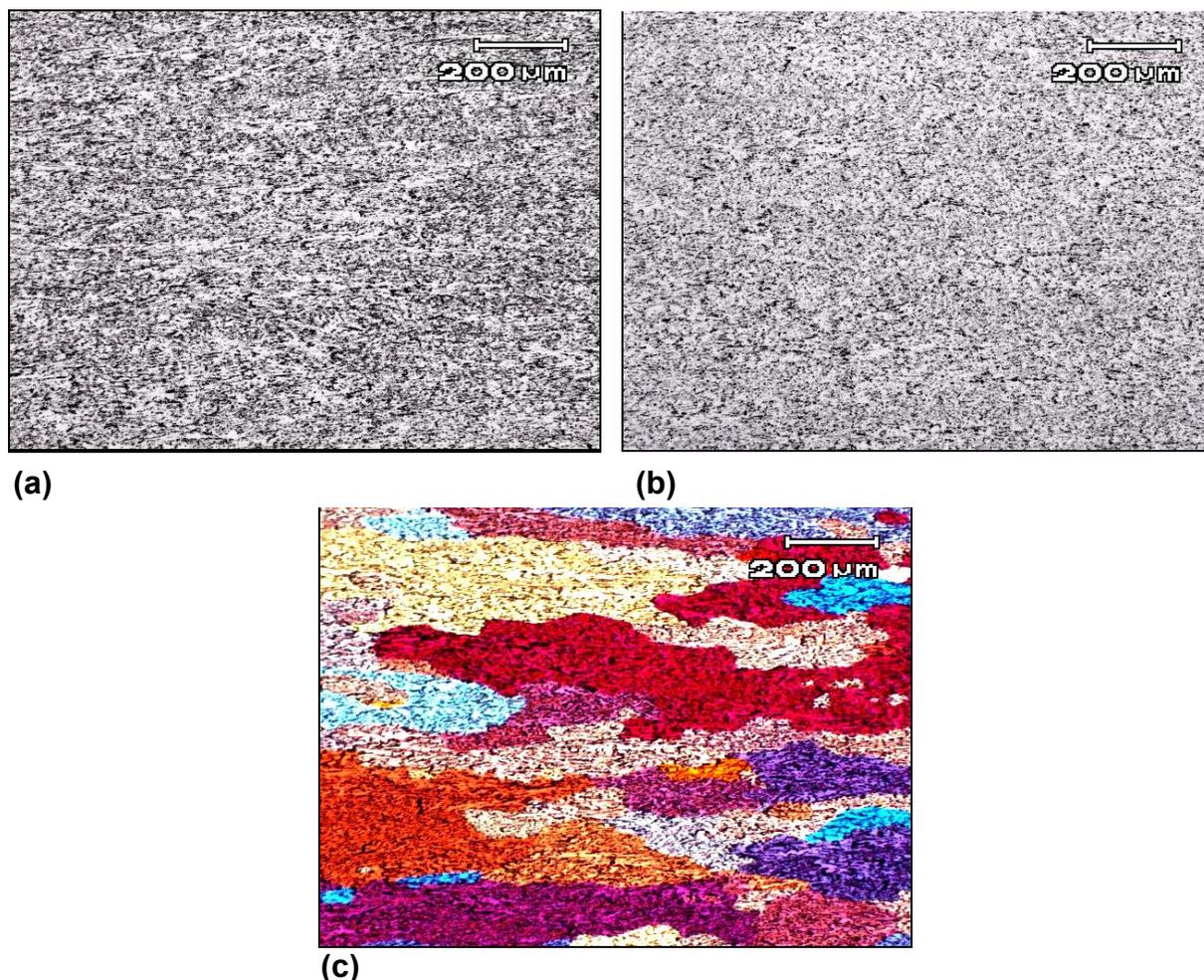


Figura 6: Micrografia ótica 50X da liga AA8006 homogeneizado atacado com os seguintes reagentes: (a) Keller; (b) Tucker e (c) Barker.

A figura 7 apresenta a microestrutura na chapa após ataque realizado com os reagentes Keller, Tucker e Barker no estado encruado na espessura de 0,650 mm. A estrutura é formada por finos compostos ricos em Al-Fe-Mn e Al-Fe-Mn-Si, fragmentados pelo processo de laminação a frio.^(5,6) O encruamento proporcionado pela deformação a frio dificulta ainda mais o contraste de grãos ou a observação dos contornos dos mesmos com os reagentes de Keller e Tucker conforme observamos nas imagens (a) e (b), o reagente Barker, imagem (c), revela estrutura de grãos coloridos e alongados sob luz polarizada no sentido da laminação, nas periferias há presença de grãos grosseiros resultantes do tratamento térmico de homogeneização realizado na chapa de 0,650 mm.

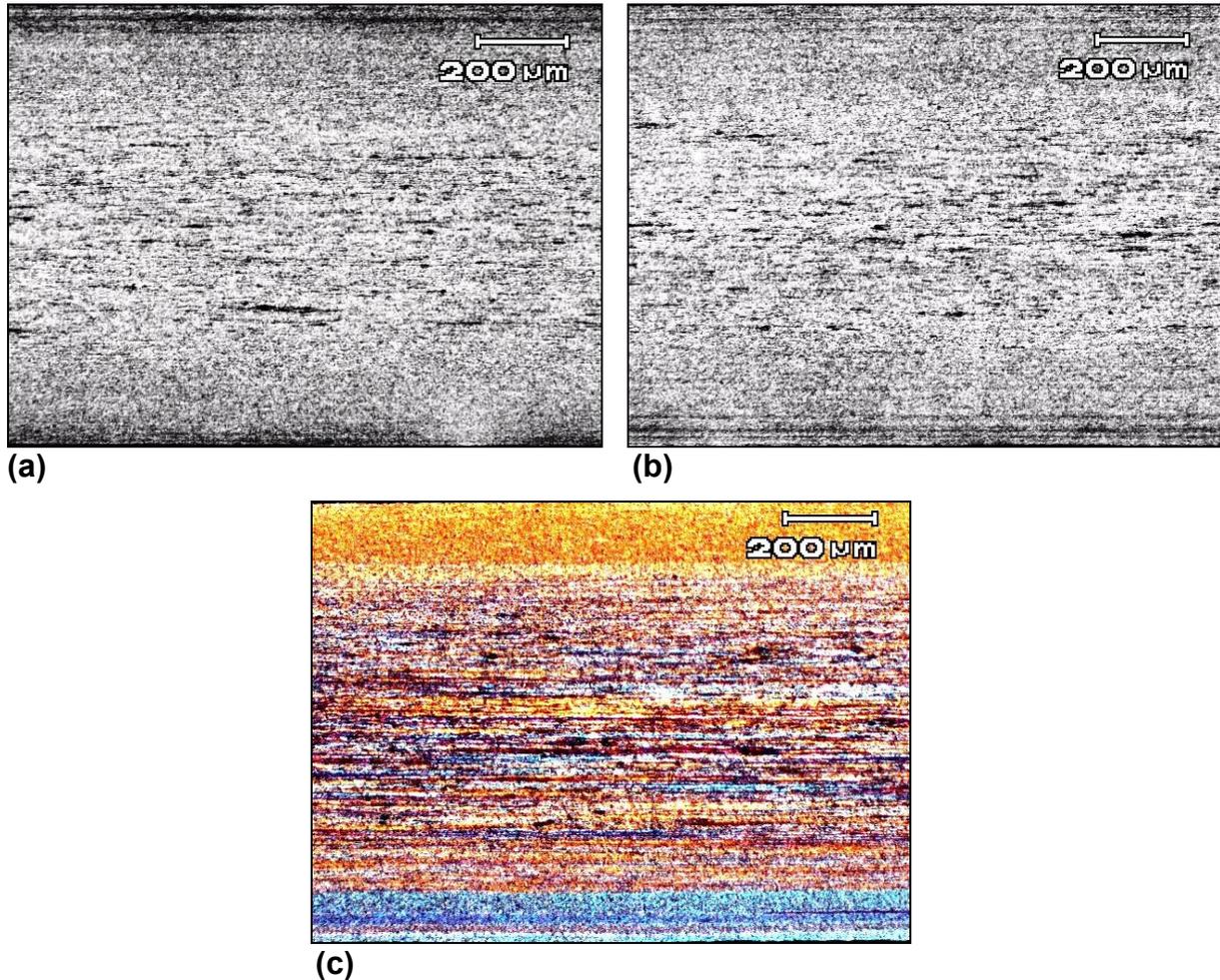


Figura 7: Micrografia ótica 50X da liga AA8006 encruado atacado com os seguintes reagentes: (a) Keller; (b) Tucker e (c) Barker.

A Figura 8 apresenta a microestrutura na chapa após ataque realizado com os reagentes Keller, Tucker e Barker no estado recozido na espessura de 0,650 mm. A estrutura se mantém formada por finos compostos ricos em Al-Fe-Mn e Al-Fe-Mn-Si.^(5,6) O recozimento proporciona a recristalização dos grãos, mas não se observa o contraste destes ou seus contornos através dos reagentes de Keller e Tucker conforme observamos nas imagens (a) e (b), o reagente Barker, imagem (c) revela estrutura de grãos recristalizados coloridos sob luz polarizada, e nas periferias há presença de grãos grosseiros recristalizados resultantes do tratamento térmico de recozimento realizado na chapa de 0,650 mm.

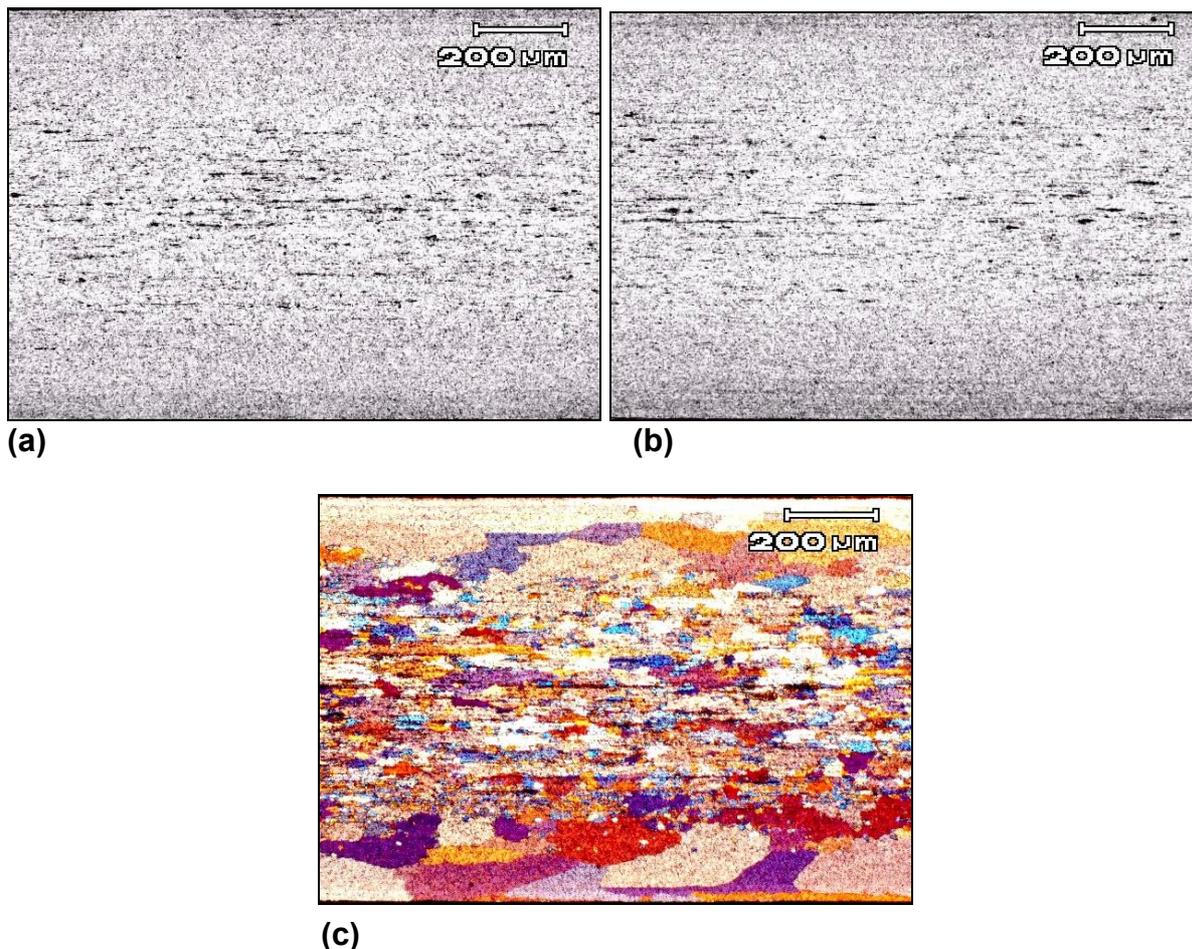


Figura 8: Micrografia ótica 50X da liga AA8006 recozido atacado com os seguintes reagentes: (a) Keller; (b) Tucker e (c) Barker.

5 CONCLUSÕES

Com base nas análises efetuadas a partir das amostras e técnicas empregadas, pode-se concluir que:

1) Na caracterização metalográfica com microscopia ótica realizada na liga AA8006 bruto de fundição e tratados termicamente, os reagentes Keller e Tucker não revelaram a estrutura granular. Isso ocorreu por que esta liga de alumínio apresenta grande quantidade de finos compostos intermetálicos de Al-Fe-Mn e Al-Fe-Mn-Si formados durante o processo Twin Roll Casting dificultando a revelação dos grãos ou de seus contornos a partir destes reagentes, independentemente da condição de fabricação (bruto, homogeneizado, encruado ou recozido).

2) Na caracterização metalográfica com microscopia ótica realizada na liga AA8006 bruto de fundição e tratados termicamente o ataque realizado com solução de Barker revelou de forma eficiente a estrutura de grãos e seus contornos com contraste colorido sob luz polarizada nas diversas condições de fabricação (bruto, homogeneizado, encruado ou recozido).

Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) pela oportunidade do desenvolvimento do trabalho e à sua equipe do Departamento de Extrusão. Agradecimentos especiais para o Eng. Renato Brito de Moura – Diretor Industrial - pelo apoio à pesquisa na área produtiva.

REFERÊNCIAS

- 1 GUPTA, M., COOK, D. P., SAHAI, Y. Strip casting of aluminum using twin roll casters. **Light Metals**, p. 925-930, 1999.
- 2 METALS HANDBOOK. **Metallography and Microstructures**. ed. 9 Materials Park, USA, v.9, 1985, p. 136 - 161.
- 3 FAZANO, C. A. T. V. **A Prática Metalográfica**. Ed. Hemus-Livraria Editora Ltda São Paulo, Brasil, 1980, p. 143-146.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alumínio e suas ligas – Classificação: NBR6834**, Rio de Janeiro, 2006, p. 25.
- 5 PAES, M; IARTELLI, A. Produção e caracterização de chapas 3mm da liga AA8006 por Continuous Casting Between Cylinders (3CM). In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO, 40º., 2003, Vitória. **Anais...** São Paulo: ABM, 2003, p. 597-605.
- 6 MONDOLFO, L. F.; **Manganese in Aluminium Alloys**. Ed. The Manganese Centre. Neuilly sur Seine, França, 1978, p. 3 – 10.