

Estudo em subsistemas de frenagem metroviária na Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A.: análise das propriedades tribológicas das estruturas metálicas contidas nos discos de freio, para com aplicações em Espuma de Alumínio.

Marcos Augusto Toassa Fontealba

Larissa Ferreira Barbosa



AEAMESP



RESUMO

- Painéis em sanduíches compostos são constituídos por uma estrutura de alumínio altamente porosa, um núcleo de espuma e por folhas de rosto à base de alumínio, e, são fabricados pela ligação de enrolamento de chapas de ligas de alumínio, para que, junto a uma densidade na mistura de pós de metais - geralmente Al-Si ou Al-Si-Cu, ligas essas com 6-8% Si e 3-10% Cu - e, hidreto de titânio (TiH_2), e, o resultado disto é uma espuma formando uma estrutura de três camadas, por meio de um processo de tratamento térmico específico para realizar essa tarefa.

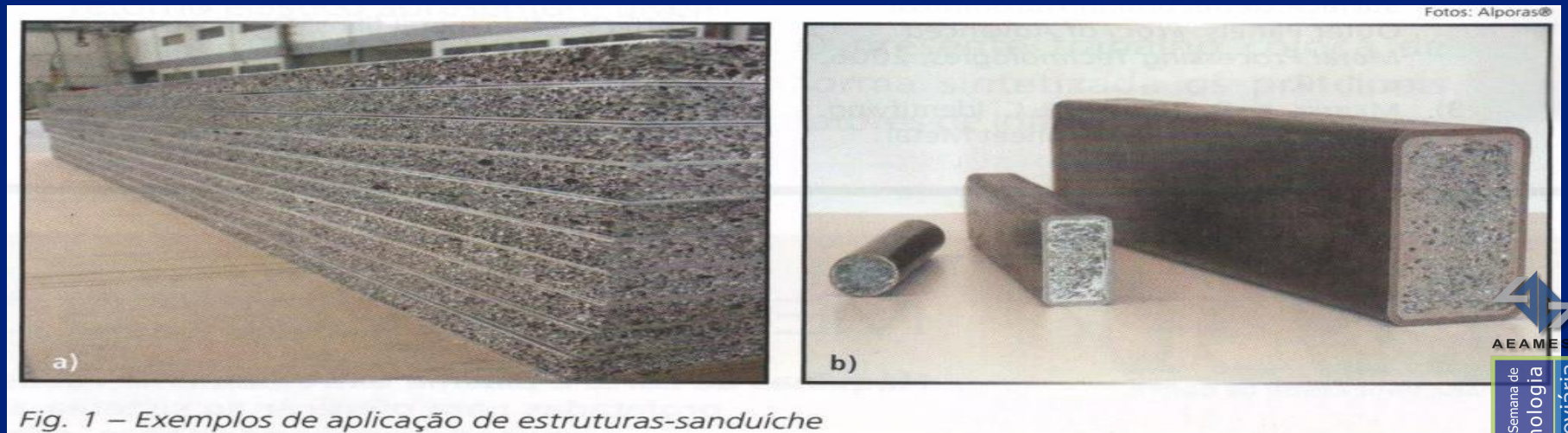


Fig. 1 – Exemplos de aplicação de estruturas-sanduiche

Fonte: < BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Estruturas leves do tipo chapas-sanduiches com espuma de alumínio. REVISTA CORTE & CONFORMAÇÃO DE METAIS, ARANDA EDITORA, Ano VI, n. 65, p.92-97, Set. 2010.>.

INFORMAÇÕES SOBRE A ESPUMA DE ALUMÍNIO

ESPUMA DE ALUMÍNIO - (Al-Si₀₆-Cu₀₇ + TiH₂) :

- Liga ternária de alumínio quase eutética, rígida e altamente leve, possui uma característica peculiar, que é poder suportar uma elevadíssima absorção de energia do meio aonde estiver interagindo.
- Excelente resistência mecânica após 750,75 °C (1383,35 °F)
- Escolha favorável para aplicações em produtos de desenvolvimento tecnológico, bem como, novos materiais para aplicações especiais, tais como: dispositivos de blindagem militar, indústria automotiva, indústria aeroespacial, indústria off-shore de exploração, prospecção e perfuração de petróleo e gás natural, e, operações sob condições de ambientes críticos e severos

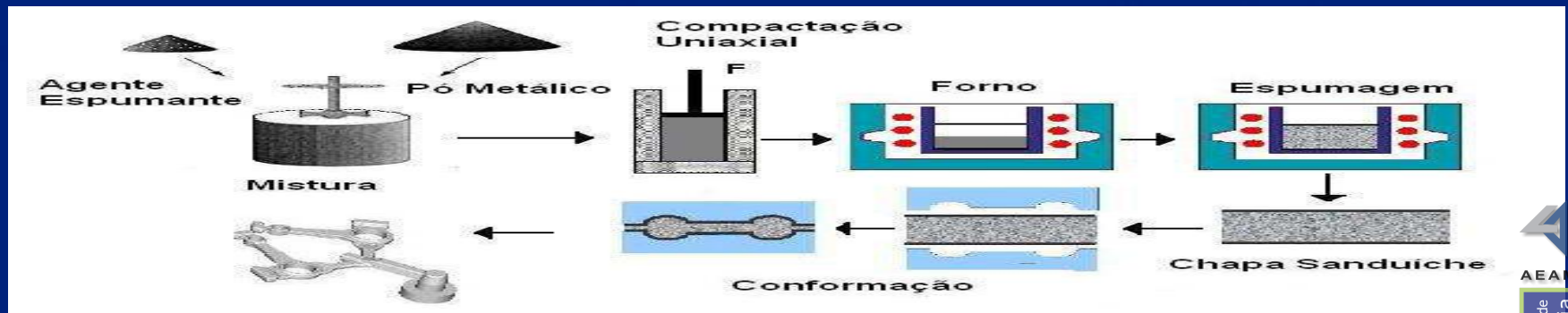


Figura 2: Esquema do processo de obtenção de estruturas-sanduíche de espuma de alumínio.

Fonte: < BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais. :ABM, 2010. p.677-687. 3, JUL. 2010.>.

OBJETIVO

- Caracterizar, inferir, analisar, observar e mensurar os resultados do uso e aplicações mecânicas e metalúrgicas, bem como, posteriores ensaios laboratoriais, de Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio - AFS.
- Análise das variáveis de controle nos processos mecânicos e metalúrgicos envolvendo os AFS – Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio, e, confrontando-se esses resultados existentes, avalia-se qual é a ZTA (Zona Térmica Afetada) deste material, observando suas características e possíveis alterações em ambas as estruturas.



Figura 3: Amostra de um corpo de prova de espuma de alumínio obtida no LdTM – Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS.

Fonte: < BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais. :ABM, 2010. p.677-687. 3, JUL. 2010.>.

METODOLOGIA

- Conhecimento em Processos de Metalurgia do Pó;
- Técnicas em Processos de Espumagem;
- Ensaio de Absorção de Energia:

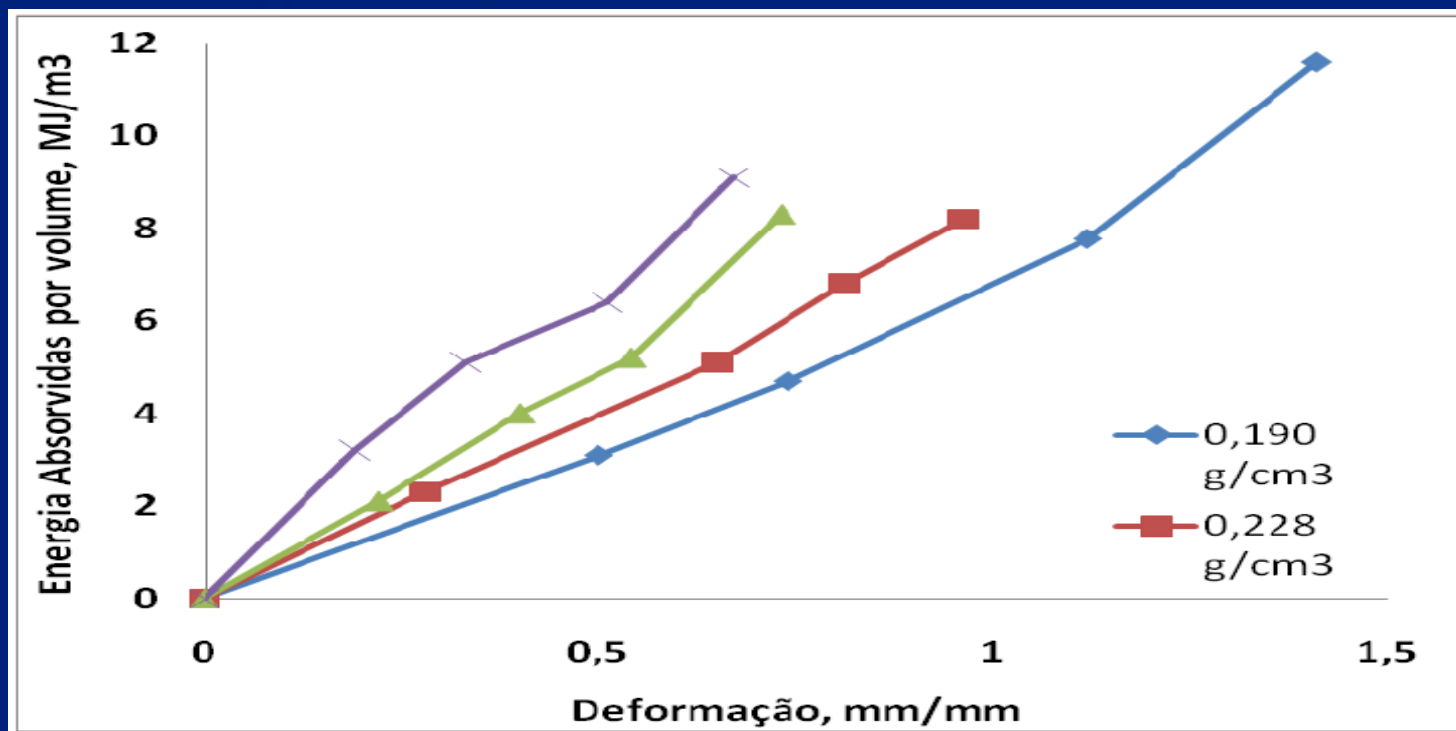


Figura 4: Resultado de energia absorvida pelas amostras de espumas metálicas de alumínio.

Fonte: < BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, LÍRIO. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais. :ABM, 2010. p.677-687. 3, JUL. 2010.>.

PROCESSO DE FORMAÇÃO DAS LIGAS METÁLICAS NA ESPUMA DE ALUMÍNIO

- Existem, principalmente, três grupos de ligas metálicas, pelas quais estão sendo utilizados atualmente, na formação de Painéis-Sanduíches de Espuma de Alumínio - AFS, e, são elas:
- Ligas 3000, sem tratamento térmico, principalmente a Liga 3103 ($AlMn_1$);
- Ligas 5000, sem tratamento térmico, dentre as quais, as seguintes Ligas Metálicas: 5083 ($AlMg_{4.5}Mn$), 5754 ($AlMg_3$) ou 5005 ($AlMg_1$);
- Família de Ligas 6000, com Tratamento Térmico: 6016, 6060 ou 6082 (Sistema de Agrupamento: Al-Mg-Si);
- Atualmente a Liga $AlSi_6Cu_7$ é a preferida para ser utilizada no processo de fabricação e desenvolvimento da espuma de alumínio, devido a sua baixa temperatura, e, por possuir um excelente comportamento espumante.

Ensaio de Compressão em AFS – Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio

-Com uma maior densidade, obtém-se um valor de tensão de escoamento maior, porém, apenas resulta numa pequena redução na deformação total da amostra.

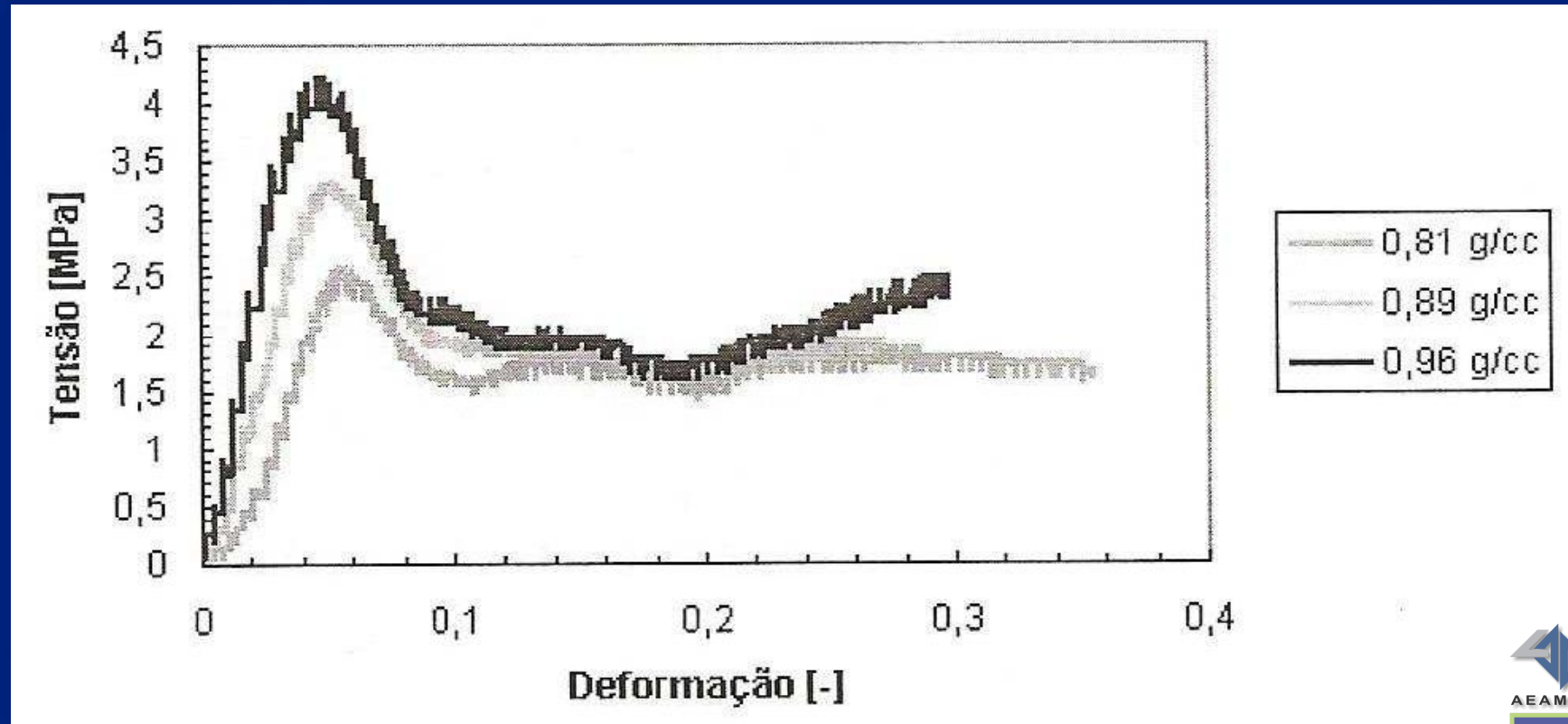


Figura 5: Ensaio de compressão da espuma metálica de alumínio.

Fonte: < BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais. :ABM, 2010. p.677-687. 3, JUL. 2010.>.



AEAMESP



2013

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÕES

- **PROCESSAMENTO DE AFS – PAINÉIS SANDUÍCHE DE ESPUMA DE ALUMÍNIO**
- Estudo das etapas de processamento dos painéis-sanduíche de espuma de alumínio (AFS). Duas formas de processar, por meio de tratamento metalúrgico, os painéis-sanduíche de espuma de alumínio (AFS), são eles, os seguintes: o Forjamento e a Idade de Endurecimento (AGE-HARDENING).

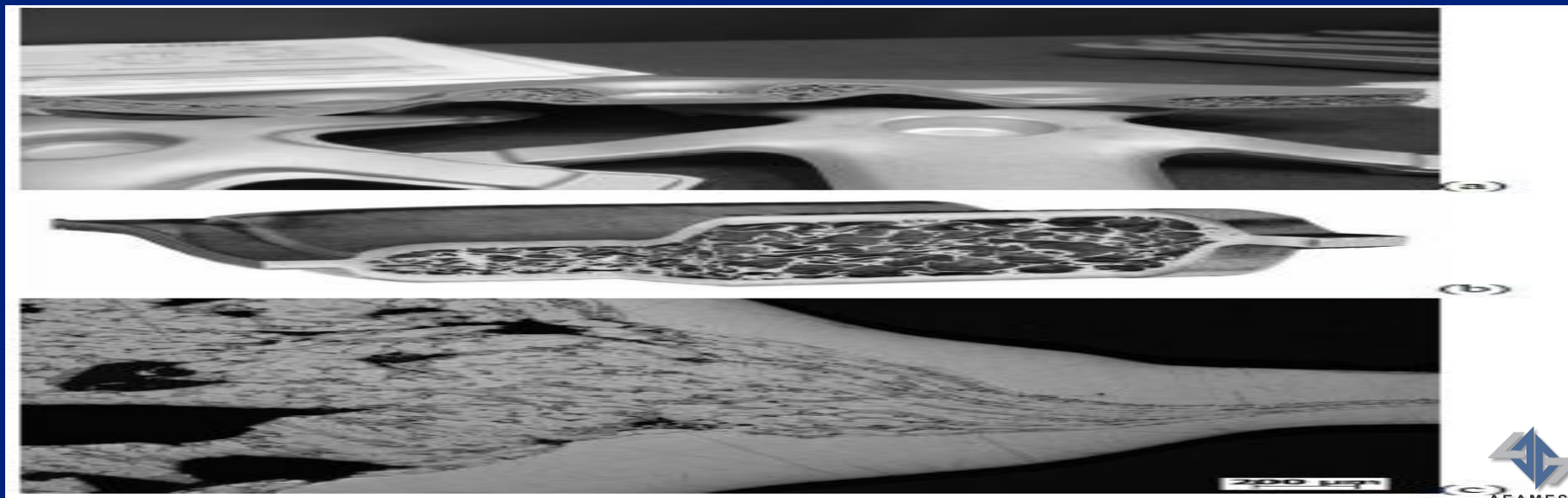


Figura 6: Estrutura de AFS – Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio – FORJADA, (a) parte e seção tomografia de interior (cortesia de F. García-Moreno), (c) micro estrutura densificada de células abertas espuma de alumínio, obtida por meio de MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura.

Fonte: < BANHART, J.; SEELIGER, H.W. Aluminium Foam Sandwich Panels: Metallurgy, Manufacture and Applications. International Conference on Porous Metals and Metallic Foams, 5., 2007, Montreal, Canadá. Proceedings. Montreal, Canadá: International Metal Foams Associations. 2007. p.03-06, SET. 2007.>



CARACTERIZAÇÕES E ASPECTOS CONTRUTIVOS DO DISCO DE FREIO – MODELO – A48 – FROTA F - LINHA 5 – LILÁS – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.–GMT/MTR/MRV/PCR–BLOCO A

- Desenvolvimento e implementação de discos de freios manufaturados com material de espumas metálicas, a ser inserido no sistema de frenagem, no conjunto da roda/sapata de freio, integrados na roda, presente no truck e sistemas de movimento dos carros, bem como, o acionamento do componente de freios, presente neste conjunto, podendo desta forma, analisar, e, correlacionar, quais são os índices de atrito, existente entre o disco de freio com material de espuma de alumínio com o ferro fundido do disco de freio, bem como, a roda acoplada, especificamente, nessa frota F de trens da linha 5 – Lilás.

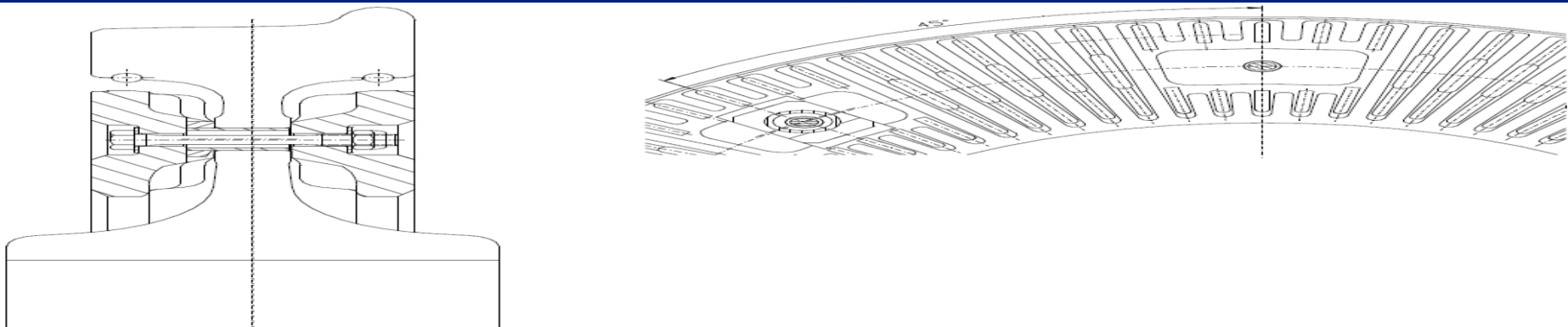


Figura 7: DESENHO ESQUEMÁTICO DO DISCO DE FREIO - R 680 G, UTILIZADO NESTE TRABALHO.

- **Fonte:** < **CONSÓRCIO SISTREM/ALSTOM – CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos S.A. MANUAL DE MANUTENÇÃO TÉCNICA – TRENS METROPOLITANOS S.A. MODELO: (A48) – Linha 5 - Lilás. In: Material do Acervo Técnico da Companhia do Metrô de São Paulo, 2002. p.507-518. 6, MAIO. 2002.>**

CARACTERIZAÇÕES E ASPECTOS CONTRUTIVOS DO DISCO DE FREIO – MODELO – A48 – FROTA F - LINHA 5 – LILÁS – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.–GMT/MTR/MRV/PCR-BLOCO A

- Importância de se estudar as suas respectivas variáveis de controle nestes processos, mensurar os resultados do uso e aplicações mecânicas, metalúrgicas e tribológicas, envolvendo os painéis "sanduíche" de espuma de alumínio, quando puderem estar presentes em ensaios destrutivos e não destrutivo, e, confrontar esses resultados existentes e avaliar qual o melhor coeficiente de atrito do material de espuma de alumínio presente nos discos de freios, observando suas características e possíveis alterações em ambas as estruturas.
- Como exemplo visual, podemos claramente ver, conforme a figura abaixo, o modelo de disco de freio a ser pesquisado, que é semelhante em alguns aspectos, com o que é mostrado abaixo:



- **Figura 8** - Disco de freio tipo "montado na roda", construído em Alumínio Laminado. Fonte: <Romano, S. J. - Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga. Orientador: Prof. Auteliano Antunes dos Santos Junior. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2013.

CARACTERIZAÇÕES E ASPECTOS CONTRUTIVOS DO DISCO DE FREIO – MODELO – A48 – FROTA F - LINHA 5 – LILÁS – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.–GMT/MTR/MRV/PCR-BLOCO A

DISCO DE FREIO R 680 G – DESCRIÇÃO

Características Técnicas:

- Disco de Freio
- Fabricante: SAB WABCO
- Peça Número:..... 62860000
- Diâmetro Externo:..... 680 mm
- Largura da Montagem:135mm
- Peso s/ roda:.....127 Kg
- Limite de Desgaste: 14 mm

Princípio de Funcionamento - (CONFORME FIGURA 9)

- O Disco de Freio R 680 G é embutido na roda do veículo, e é composto por dois anéis de frenagem (1)
- dispostos em ambos os lados da roda e presos entre si por parafusos (3) através da alma da roda.
- A conexão dos pinos com o rasgo de chavetas assegura uma livre dilatação dos discos ao esquentar.
- Para uma refrigeração adequada dos discos, estes são providos de aletas de refrigeração, dispostas radialmente entre as superfícies de atrito.
- Estas aletas transportam pela força centrífuga uma corrente de ar de refrigeração do centro da roda para as bordas.

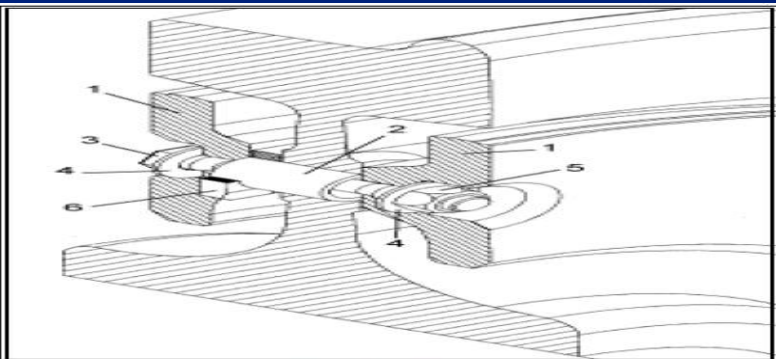


Figura 9

Pos.	Descrição	Qty.
1	Disco de Freio R 680 G	2
2	Pino Elástico	2
3	Parafuso M16x1.5x110	8
4	Arruela A 35,5	16
5	Porca M16x1.5	8
6	Chaveta	8



AEAMESP



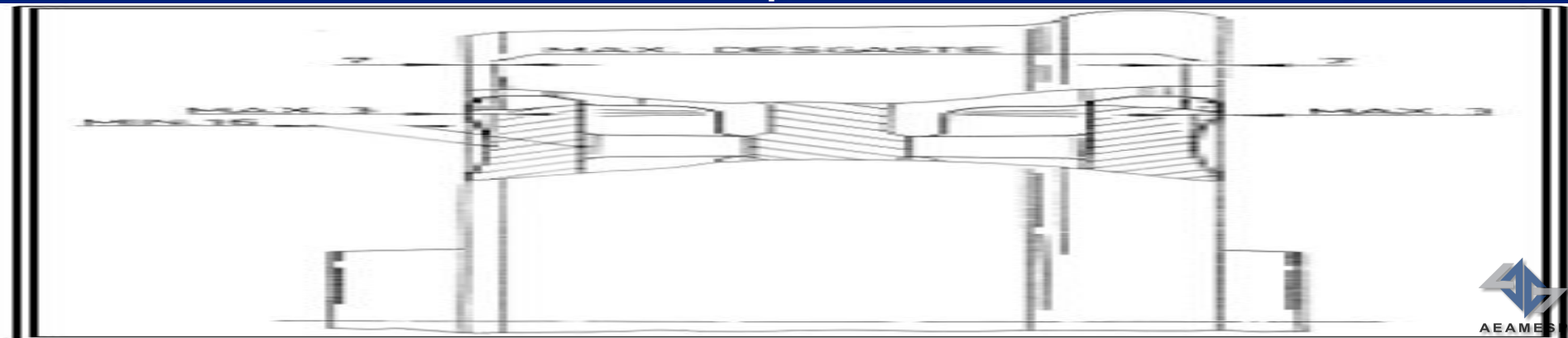
2013

- Fonte: < CONSÓRCIO SISTREM/ALSTOM – CPTM – Companhia Paulista de Metropolitanos S.A. MANUAL DE MANUTENÇÃO TÉCNICA – TRENS – MODELO: (A48) – 5 - Lilás. In: Material do Acervo Técnico – GMT/MTT/EPR., 2010, SÃO PAULO COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2002. p.507-518. 6, MAIO. 2002.>

CARACTERIZAÇÕES E ASPECTOS CONTRUTIVOS DO DISCO DE FREIO – MODELO – A48 – FROTA F - LINHA 5 – LILÁS – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.–GMT/MTR/MRV/PCR-BLOCO A DISCO DE FREIO R 680 G – INSPEÇÃO / AJUSTE / TESTE

Para ser realizado a devida inspeção/ajuste/teste no disco de freio, deve-se verificar as seguintes condições:

- O desgaste máximo permitido por disco de freio é de 7mm e a espessura mínima da face de frenagem é de 16 mm (Conforme a figura 10).**
- Medir a profundidade de desgaste de cada disco de freio com um medidor de profundidade.**
- É necessário retificar o Disco de Freio quando a profundidade média alcançar 3 mm no máximo.**
- Não é necessário eliminar defeitos com profundidades inferiores a 1 mm.**



- Fonte: <CONSÓRCIO SISTREM/ALSTOM – CPTM – Companhia Paulista de Metropolitanos S.A. MANUAL DE MANUTENÇÃO TÉCNICA – TRENS – MODELO: (A Linha 5 - Lilás. In: Material do Acervo Técnico – GMT/MTT/EPR., 2010, PAULO/SP. COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2002. p.507-511 MAIO. 2002.>**



RESUMO DAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS UTILIZADAS ATUALMENTE NO MUNDO QUE PODERÃO VIABILIZAR A DEVIDA CONSECUÇÃO DESTE PROJETO EM SEU ESCOPO, NUM FUTURO PRÓXIMO, DESMONSTRANDO ASSIM, SUA REAL VIABILIDADE TÉCNICA/FINANCEIRA NO CONTEXTO DA GMT/MTT/EPR – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A. – METRÔ – SÃO PAULO/SP.

- **As propriedades únicas de espumas compósitas de APM – Morfologia Avançada dos Poros, poderá torná-la uma alternativa atraente como uso de um material de construção com usos específicos, tais como um reforço estrutural na absorção e rigidez presente nas estruturas compósitas de baixo custo e de fácil aplicação, utilizando-se para isso da tecnologia de Compósitos Híbridos Poliméricos.**
- **A estrutura celular de espumas metálicas com Compósitos Híbridos Poliméricos, utilizando-se de APM – Morfologia Avançada dos Poros, também pode atenuar a vibração, o ruído e o calor.**
- **Como exemplo, podemos mostrar que equipar uma roda dentada de uma engrenagem de aço, com os componentes de espuma de alumínio com Compósitos Híbridos Poliméricos, segundo a Figura 11, abaixo representada, permitindo desta forma reduzir a emissão de ruído de 10 dB, bem como a total transmissão de binário e velocidade de rotação, em comparação com uma parte de aço de referência, além de dissipar bem o calor gerado no atrito com os outros materiais que se interfaceariam com esses dentes destas engrenagens. Além disso, o peso das rodas de engrenagem é reduzido de 25%. Além do que, o volume denso de aço leve, é substituído pela espuma de alumínio com compósito híbridos poliméricos, conforme fonte citada abaixo, após a figura.**



- **Fonte: < Stöbener K, Baumeister J, Rausch G (2005). Aluminiumschäume für die industrielle Produktion, ATZ, 107. Jahrgang, Januar. In.: J Mater Sci (2009) 44:1506–1511. 10.1007/s10853-008-2786-8. SYNTACTIC AND COMPOSITE FOAMS. Aluminium foam-polymer composites: processing and characteristics.. Karsten Stöbener & Gerald Rausch. Received: 20 October 2007 / Accepted: 6 June 2008 / Published online: 13 August 2008. Springer Science+Business Media, LLC 2008>**



RESULTADOS E DISCUSSÃO DESTE TRABALHO TÉCNICO

Com o estudo das características das propriedades tribológicas, aplicadas sobre sistemas de frenagem metrolviária, pode mostrar-nos que, embora se trate de um material leve, podendo levar a redução de peso em estruturas em geral ganhado mais eficiência na absorção de energia em caso de impacto, o mesmo, segundo o trabalho apresentado pela Prof.^a Dr.^a Maria Helena Robert, intitulado: "ESPUMAS E ESPONJAS DE Al: FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES", apresentado no V - Congresso Internacional do Alumínio – 24 a 26 de abril de 2012 – São Paulo/SP, na página 2, quando no tópico 2. Propriedades de Metais Celulares, a mesma explica que, "uma das principais propriedades dos metais porosos é a sua elevada capacidade de deformação em compressão, o que os tornam excelentes candidatos a aplicações em componentes absorvedores de impactos, particularmente no setor automotivo. Em princípio, a limitada ação restritiva das finas paredes metálicas das células à deformações, dado o grande volume ocupado por vazios, resulta na elevada capacidade de absorção de energia e elevadas deformações plásticas a reduzidas tensões, que este material apresenta" – (Robert, M. H., 2012), e com isso, o seu coeficiente de atrito do disco de freio, frente à sapata, e, a roda, integrados, em um só conjunto, NÃO se MOSTRA muito eficientes, pois conforme nos diz, (Romano, S.J., 2003), na sua Dissertação de MESTRADO, com o Título: "Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito tipo sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga", a partir da página 7 até a página 12, e, posterior página 30, nos diz que: "No projeto dos sistemas de freio, especial atenção deve ser dada ao comportamento dos pares de atrito com relação à variação do coeficiente de atrito em função da temperatura. O objetivo é manter o valor da temperatura abaixo da condição limite que os materiais construtivos dos componentes suportam, garantindo assim a integridade dos elementos envolvidos na frenagem, quando submetidos a condições severas de aquecimento. Deve-se também manter o valor da força de atrito abaixo do valor limite da condição de aderência entre roda e trilho, assegurando-se o não deslizamento das rodas sobre os trilhos, o que acarreta diminuição da capacidade de frenagem pela mudança da condição de atrito estático para atrito dinâmico, além de comprometer a integridade das rodas pelo aparecimento de defeitos na superfície de rolamento".

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tecnologia de AFS – Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio, permite a fabricação de diversos produtos tecnológicos especiais, contribuindo para uma maior especificidade, tanto em seu núcleo, como nas demais regiões do material, e torná-los cada vez mais complexos, em suas células de componentes fechadas, por meio do processo de Forjamento.

Se fosse aplicado tal material – ESPUMA DE ALUMÍNIO, o mesmo, não contribuiria para uma melhor análise e disposições para a realização de manutenções corretivas e preventivas, nesses trens da frota F, da Linha 5 – Lilás, conforme assim se esperava.

Algumas novas abordagens para a tomada de decisão, processo de análise e de estudo precursor na utilização AFS – Painéis Sanduíche de Espuma de Alumínio, com o objetivo de utilizar o processo de Metalurgia do Pó, têm sido propostas.

FONTES CONSULTADAS

- 1. Banhart, J. 2001. Prog. Mat. Sci. 46: 559–632
- 2. Banhart, J and Baumeister J. 1998. J. Mater. Sci. 33: 1431–1440
- 3. Ashby, MF et al. 2000. Metal Foams – A Design Guide. Boston: Butterworth-Heinemann
- 4. Gibson L.J. and Ashby, MF 1997. Cellular Solids, Cambridge: Cambridge University Press
- 5. Yu, C.-J, Eifert, H.H., Banhart, J, Baumeister J. 1998. Mat. Res. Innovat. 2:181–188
- 6. Baumeister, J, Banhart, J. and Weber, M. 1994 Process for manufacturing a metallic composite German Patent 44 26 627 C2
- 7. Banhart, J, Stanzick, H., Helfen, L., Baumbach, T., Nijhof, K. 2002. Adv. Eng. Mat 3: 407–411
- 8. Degischer, H.-P, Kriszt, B. 2002. Handbook of Cellular Metals, Weinheim: Wiley-VCH
- 9. Seeliger, H.-W. 2003. In ‘Cellular Metals’, J. Banhart, N.A. Fleck, A. Mortensen (eds), Berlin:MIT-Verlag, pp. 5-12
- 10. Matijasevic, B., Banhart, J, Fiechter, S., Görke, O., Wanderka, N. 2006. Acta Mater. 54: 503–508
- 11. Lehmhus, D. and Banhart J. 2003. Mater. Sci. Eng. A349: 98–110
- 12. Shabestari, S.G., Wanderka, N., Seeliger, H.W., Banhart, J. 2006. Materials Science Forum 519–521, 1221–1226
- 13. Schwingel, D., Seeliger, H.-W, Vecchionacci, C., Alwes, D., Dittrich, J. 2007. Acta Astro. 61: 326–330
- 14. Applied Light-weight Materials (alm), Saarbrücken Germany (www.alm-gmbh.de).
- 15. Alulight, Ranshofen, Austria (www.alulight.com)
- 16. AGS Taron, Boucherville, Canada (www.agstaron.com)
- 17. Robert, M. H. ESPUMAS E ESPONJAS DE Al: FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. Anais de Publicação Técnica do V - Congresso Internacional do Alumínio – 24 a 26 de abril de 2012. São Paulo, SP: [1-16], 2012.
- 18. FONTEALBA, M. A. T.; VASCONCELLOS NETO, L. C.. AFS - painéis sanduíche de espuma de alumínio: metalurgia, fabricação e aplicações. Anais do Seminário de Produção Acadêmica da Anhanguera, v. 02, cód. de acesso: 4088, 2012.
- 19. Romano, S. J. - Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito tipo sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga. Orientador: Prof.º Dr.º Auteliano Antunes dos Santos Junior. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP [s.n.], 2003.
- 20. BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais.: ABM, 2010. p. 677-687.3, JUL. 2010.



AGRADECIMENTOS

Em ESPECIAL, a TODOS os GESTORES da GOP – Gerência de Operações e GMT – Gerência de Manutenção – Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A. – METRÔ – São Paulo; que contribuíram para a Realização deste Trabalho Técnico.

Prof.º Dr.º L.D. Mário Batista D'ANA – Orientador deste Trabalho Técnico e do PIC – Programa de Iniciação Científica - 2013 – IPADE/SAIC - Anhanguera Educacional S/A - Coordenador do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Mecânica –Centro Universitário Anhanguera de São Paulo/SP. – CAMPUS: BRIGADEIRO.

Prof.º Dr.º Laurentino Corrêa de Vasconcellos Neto – Orientador do PIC – Programa de Iniciação Científica - 2011 – IPADE/SAIC - Anhanguera Educacional S/A - Coordenador dos Cursos Superiores de Bacharelado nas Engenharias –Faculdade Anhanguera de São José dos Campos/SP. - DCTA/IEAv. – Instituto de Estudos Avançados – Comando da Aeronáutica – Ministério da DEFESA - São José dos Campos/SP.

Prof.º Dr.º L.D. Auteliano Antunes dos Santos Junior – LaFer/DPM/FEM/UNICAMP- Laboratório Ferroviário/Departamento de Projeto Mecânico/Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade de Campinas – Campinas/SP – Contribuição Técnica em Consultoria e Análise de Viabilidade Tecnológica e de Aplicações em Discos de Freio do Modelo de TRENS Estudado – (A48) utilizadas no Artigo e na Apresentação.

Prof.ª Dr.ª L.D. Maria Helena Robert – LAMP/DEF/FEM/UNICAMP - Laboratory of Advanced Materials and Processing/Departamento de Engenharia de Fabricação/Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade de Campinas – Campinas/SP – Contribuição Técnica em Consultoria e Análise de Viabilidade Tecnológica e de Aplicações Especiais utilizando Espuma de Alumínio em Discos de Freio do Modelo de TRENS Estudado – (A48) utilizadas no Artigo e na Apresentação.

Prof.º Dr.º Patrick Bonaldi – LdTM/UFRGS- Laboratório de Transformação Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre/RS – Contribuição para com o Fornecimento das Referências Bibliografias utilizadas no Artigo e na Apresentação.

IPADE/SAIC- Instituto de Pesquisas Aplicadas Desenvolvimento Educacional/Sistema Anhanguera de Iniciação Científica – Anhanguera Educacional - S/A - Valinhos/SP.

Muito Obrigado !!!

E-Mail :

matfontealba@metrosp.com.br

marcos.fontealba@aedu.com

"AUGUSTO TOASSA" – GOP/OPE/CSU

**Gerência de Operações/Departamento de Operações
de Estações/Coordenadoria do Trecho SUL – Linha
Lilás.**

