



AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE PALMILHAS EM ARGAMASSAS À BASE DE CIMENTO PORTLAND

Karin Luise dos Santos– karinluise@feevale.br
Universidade Feevale
RS 239, n. 2755, Campus II
93525-075– Novo Hamburgo – RS

Francielli Spindler da Cruz– fraan.spindler@hotmail.com
Universidade Feevale

Natália Feistauer Gomes– naty.nfg@hotmail.com
Universidade Feevale

Alexandre Silva de Vargas– alexandrev@feevale.br
Universidade Feevale

Vanusca Dalosto Jahno– vanusca@feevale.br
Universidade Feevale

Resumo: O estado do Rio Grande do Sul continua sendo um dos maiores produtores de calçados do Brasil. Esta atividade industrial é geradora de grandes volumes de resíduos sólidos de difícil tratamento, principalmente em função da variedade de materiais que são empregados no processo produtivo das indústrias calçadistas, como as palmilhas de montagem de não-tecido impregnado, por exemplo. Com isso, temos então uma problemática em torno dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias calçadistas do vale do Rio dos Sinos, uma vez que podem causar impactos ambientais diversos, quando dispostos indevidamente. O presente estudo buscou incorporar resíduos de palmilha de montagem em argamassas para a construção civil. Para tanto, foram realizadas formulações adicionando-se 5%, 7,5%, 10% e 15% pelo resíduo de palmilhas em argamassas com traço 1:3, com relação água-cimento fixa 0,48. Após, as amostras foram submetidas a ensaios de avaliação da resistência à compressão contendo os diferentes teores de resíduos de palmilhas, determinação da absorção de água das argamassas com e sem resíduos de palmilhas e a sua caracterização microestrutural. Assim, foram feitas argamassa com e sem resíduos de palmilha. Também foi realizada análise granulométrica e a determinação da massa específica referente ao resíduo puro. Para as argamassas preparadas, foram realizados ensaios de resistência à compressão e análises de microestruturas. Através dos resultados dos ensaios, verificou-se que é possível que resíduos de palmilhas impregnadas em forma micronizada sejam incorporados à composição de argamassas à base de cimento Portland, de forma que ainda contribuem para o aumento de sua resistência à compressão.

Palavras-chave: Construção Civil; Indústria Calçadista; Resíduos Sólidos; Reuso.



EVALUATION OF THE ADDITION THE INSOLES WASTE IN CEMENT MORTAR PORTLAND

Abstract: *The state of Rio Grande do Sul remains one of the largest producers of footwear in Brazil. This industrial activity generates large volumes of solid waste treatment difficult, mainly due to the variety of materials that are used in the production process of the footwear industries, such as non-woven fabric impregnated with mounting insoles, for example. With that, then we have a problem around the solid waste generated by the footwear industries of the Sinos River Valley, since they can cause various environmental impacts when disposed improperly. This study sought to incorporate insole waste in mortars for the construction industry. For this, formulations were made up by adding 5%, 7.5%, 10% and 15% by insoles residue mortars with trace 1:3, fixed water-cement ratio 0.48. After the samples were subjected to compressive strength tests to assess containing different levels of insoles waste, determination of water absorption of the mortar insoles with and without waste and its microstructural characterization. So they were made mortar with and without waste insole. Levels were assessed in 5, 10 and 15% 7,5 addition in the formulation. Particle size analysis was also carried out and determination of the specific mass concerning the pure residue. To the prepared mortars were performed to compression strength tests and microstructure analysis Through the test results , it was found that it is possible insoles waste impregnated in micronized form are incorporated into the composition of cement-based mortars Portland, so that also contribute to the increase of its resistance to compression .*

Keywords: *Construction; Footwear industry; Solid Waste; Reuse.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria de produção de calçados no Brasil é um setor com relevante importância econômica devido ao seu grande volume de produção, sua expressiva participação nas exportações e elevada geração de empregos (FILHO, FERNANDES E LIMA, 2009). Dados da ABICALÇADOS (2015) informam que o Brasil produz cerca de 900 milhões de pares por ano, contando com um parque calçadista formado por mais de oito mil empresas, que empregaram diretamente, entre janeiro e abril de 2015, mais de 322 mil pessoas. Deste total, o Rio Grande do sul possui a maior participação, ficando com 33% dos empregos gerados no setor. Além disso, de janeiro a maio de 2015, o Brasil exportou 47.802.175 pares de calçados. O principal país importador de calçados brasileiros é os Estados Unidos, seguido pela França e Bolívia.

Contudo, ao longo de todo o processo produtivo da indústria calçadista, para se chegar aos formatos dos calçados, obtêm-se inevitavelmente sobras e retalhos. Constitui, portanto, característica típica dessa atividade industrial, a geração de grande quantidade de resíduo, potencializada ainda pela ampla variedade de materiais que formam o calçado, especialmente em função das exigências da moda.

O aumento da oferta e consumo destes materiais no mercado calçadista altera significativamente o perfil de geração de resíduos das empresas deste segmento, o que traz por consequência a exigência de novas tecnologias para classificá-los, reciclá-los ou reutilizá-los. Em muitos casos, a destinação tecnicamente adequada envolve custos elevados, o que acaba inviabilizando as ações decorrentes. Ou ainda, para muitos destes materiais alternativos, não foi desenvolvida nenhuma técnica de reaproveitamento ou reciclagem, o que acaba fazendo com que muitas empresas do setor apenas os encaminhem para aterros sanitários/industriais ou, infelizmente, os disponham de forma irregular.

Dentre os diversos resíduos gerados pela indústria calçadista, podem ser destacadas as palmilhas de montagem. Os resíduos deste material não possuem valor agregado, visto que os processos de recuperação e reintrodução deste material ao processo produtivo da mesma cadeia requerem alto investimento tecnológico e operacional, o que acaba inviabilizando a sua utilização e fazendo com que grande parte das indústrias os remeta para centros de armazenamento permanente.

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES

As palmilhas de montagem são um importante componente de calçados, que se localiza na parte inferior do mesmo. Elas possuem a função de estrutura-lo, fazendo a união entre a parte inferior (pré-fabricado) e superior (cabedal) do calçado. Além disso, ela também possui a finalidade de manter o formato da superfície da planta do pé. Podem ser confeccionadas de diversos materiais, como couro, celulose, não-tecido, papelão de reforço, termoplástico, entre outros. A definição e escolha destes dependem do tipo de calçado em que a palmilha será aplicada e de suas exigências técnicas (CTCCA, 2002).

Este presente estudo avaliou apenas as palmilhas de não-tecido (*non woven*) – impregnado. O não-tecido ou *non woven*, é um material obtido através de fibras com filamentos curtos ou contínuos que podem ser processados através de diversas técnicas, mas em geral são fabricados por agulhagem. Para produção das palmilhas, este *non woven* é impregnado com resinas poliméricas. O produto final desta técnica produtiva está em ascendência no mercado, pois além de possuir boas características de aplicação e desempenho, o seu custo está próximo ao da palmilha fabricada a partir da celulose. As principais propriedades relacionadas à palmilha de não-tecido impregnado são a flexão, delaminação, comportamento à água (absorção e desorção), resistência ao rasgamento e a estabilidade dimensional (CTCCA, 2002). Neste sentido, evidencia-se a possibilidade de incorporar resíduos deste material como função de agregado de construção civil.

Diversos estudos realizados mundialmente apontam a reutilização dos resíduos da indústria calçadista como potencial insumo para a construção civil. Concorrem para isto a necessidade de redução do custo da construção, a grande quantidade de matéria-prima e a diversidade de materiais empregados na produção, ampliando as opções de uso de resíduos com diferentes funções na edificação (CINCOTTO, 1988).

Garlet e Grave (1998), Bezerra (2002), Melo et al (2002), Polari Filho (2005) e Pimentel (2005), demonstraram a viabilidade em usar resíduos de EVA oriundos da indústria calçadista como agregado leve na construção de blocos vazados de vedação, baseados em compostos cimentícios. Kern (1999), concluiu em seu trabalho que é possível adicionar resíduos de contrafortes termoplásticos impregnados e laminados em matriz de gesso para a construção civil.

O índice de reaproveitamento de resíduos do setor coureiro-calçadista ainda é muito baixo quando comparado ao elevado volume gerado anualmente. A falta de segregação dos resíduos no estabelecimento gerador é uma das principais causas para este resultado não satisfatório. Outro aspecto é que mesmo nas situações em que os materiais podem ser reciclados, a tributação sobre produtos originados de reciclagem é maior do que o dos materiais virgens (GODINHO, 2006).

Desta forma, o presente estudo irá avaliar a reutilização de resíduos de palmilhas de montagem, oriundos das indústrias calçadistas e de aterros industriais da região do Vale do Rio dos Sinos como agregado leve para obtenção de argamassas leves (cimento Portland, tipo V ARI) para uso na construção civil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização dos ensaios foram utilizados resíduos de palmilha impregnada, Figura 1, de uma indústria de componentes para calçados, localizados no Vale do Rio dos Sinos.

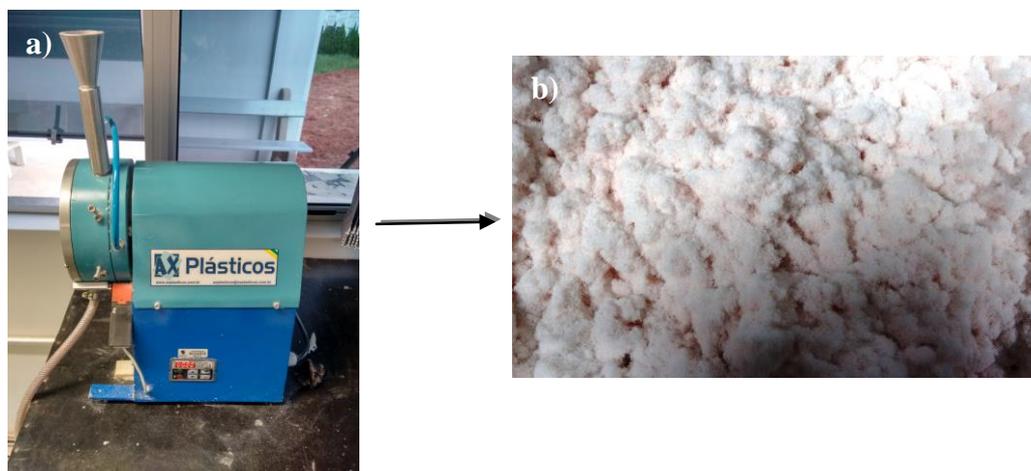
Figura 1: Foto do resíduo de palmilha de não-tecido impregnado



2.1. Preparo do resíduo

Após a coleta, os resíduos foram cominuídos em uma micronizador de bancada, marca AX Plásticos, com a finalidade de reduzir o seu formato, de forma homogênea. Contudo, como é possível observar na Figura 2, o material aumentou seu volume, devido ao rompimento das fibras de não-tecido que o compõe e ainda formou certos aglomerados, não estando assim, com características de formato padrão.

Figura 2- Fotos do a) Micronizador; b) Resíduo de palmilha micronizada



Fonte: Do autor

A Tabela 1 apresenta a caracterização granulométrica do resíduo após o processo de micronização. Os ensaios foram realizados conforme a norma ABNT NBR 07217.

Tabela 1- Distribuição granulométrica do resíduo de palmilha impregnada micronizada

Malha (mm)	Retido (%)	Retido Acumulado (%)
4.8	0,33	0,16
2.4	0,50	0,41
1.2	0,88	0,84
0.6	21,39	11,32
0.3	9,46	15,95
0.15	30,60	30,95
FUNDO	36,84	48,99

De acordo com a Tabela 1, pode-se verificar que o tamanho máximo do material já micronizada é de 0,15 mm. Também foi realizado ensaio de massa específica, de acordo com a norma ABNT NBR NM 52, onde foi encontrado o valor de 0,9913259 g/m³ para o resíduo de palmilha impregnada moída.

Foram realizadas ainda, análises morfológicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) a fim de verificar se os resíduos podem apresentar características que possam influenciar no desempenho das argamassas, após aplicação. Para estes ensaios, as amostras foram dispostas sob “stubs” e recobertas com uma fina camada de ouro, conforme procedimento padrão do laboratório de Estudos Avançados de Materiais da Universidade Feevale. Para a obtenção das micrografias foi aplicada um voltagem de 15kV.

2.2. Preparo das argamassas

Foram preparadas argamassas com traço 1:3 (cimento-areia) – referência com relação água-cimento (a/c) fixa 0,48. Para o preparo utilizou-se cimento Portland CP5 ARI e areia média. Na Tabela 2 são apresentadas as composições utilizadas. Foi adotada a *flow table* com diâmetro de 15 cm +/-1 cm.

Tabela 2- Composições das argamassas

Componente	Percentual de resíduo				
	0%	5%	7,50%	10%	15%
Cimento (g)	500	500	500	500	500
Areia (g)	1500	1500	1500	1500	1500
Água (mL)	240	245	245	265	270
Resíduo (g)	0	25	37,5	50	75

Após a determinação do índice de consistência, as argamassas foram lançadas em moldes cilíndricos de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, de acordo com a Norma NBR 7215:1997 em quatro camadas, sendo necessária em cada camada e aplicação de 30 golpes para o correto adensamento da mesma. Os moldes foram previamente preparados com aplicação de um agente desmoldante para impedir a aderência dos corpos-de-prova (CP's) às paredes dos mesmos. As amostras foram curadas em temperatura ambiente para serem ensaiadas nas idades de 7 e 28.

Ensaio de resistência à compressão axial foram realizados na idade de 7 e 28 dias, no Laboratório de Técnicas Construtivas da Universidade Feevale, de acordo com a ABNT NBR 7215:1996, utilizando a Máquina Universal de Ensaio, eletromecânica e microprocessada EMIC PC 200 I – modelo 7416, para todos os teores de resíduo de palmilha utilizados nas argamassas. Para cada argamassa foram ensaiados 4 CP's.

Após a realização destes ensaios, alguns fragmentos (pequenas amostras com tamanho inferior a 4 mm) foram e serão coletados dos corpos-de-prova e submetidos a análises de microestrutura no Laboratório de Estudos Avançados em Materiais da Universidade Feevale, em um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Modelo JSM-6510LV, Marca JEOL, marca *Thermo Scientific*, na idade de 7 e 28 dias, para as argamassas com todos os teores aplicados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de resistência a compressão realizados na idade de 7 dias estão compilados na Tabela 3.

Tabela 3- Resultados dos ensaios de resistência à compressão para idade de 7 dias

Percentual de resíduo	CP 1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
0%	14,56	14,05	13,96	18,19	15,19	2,02
5%	14,19	12,42	12,62	15,84	13,77	1,59
7,50%	14,04	13,72	14,02	12,36	13,54	0,80
10%	8,3	12,63	11,36	12,76	11,26	2,07
15%	17,69	18,49	18,01	18,64	18,21	0,44

É possível verificar que as argamassas preparadas com 15% de resíduo de palmilha micronizada em sua composição obtiveram resultados superiores à moldagem realizada com a argamassa padrão de 0%, tendo um desempenho superior de aproximadamente 16,58%, embora os teores de 5, 7,5 e 10% tenham apresentado resultados inferiores. Contudo, aplicando-se o desvio padrão sobre os resultados encontrados, observou-se uma oscilação bastante alta entre os resultados, estando em até 2,07 MPa nas moldagens realizadas com teor de 10% de resíduo.

Já a Tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios de compressão realizados para a idade de 28 dias.

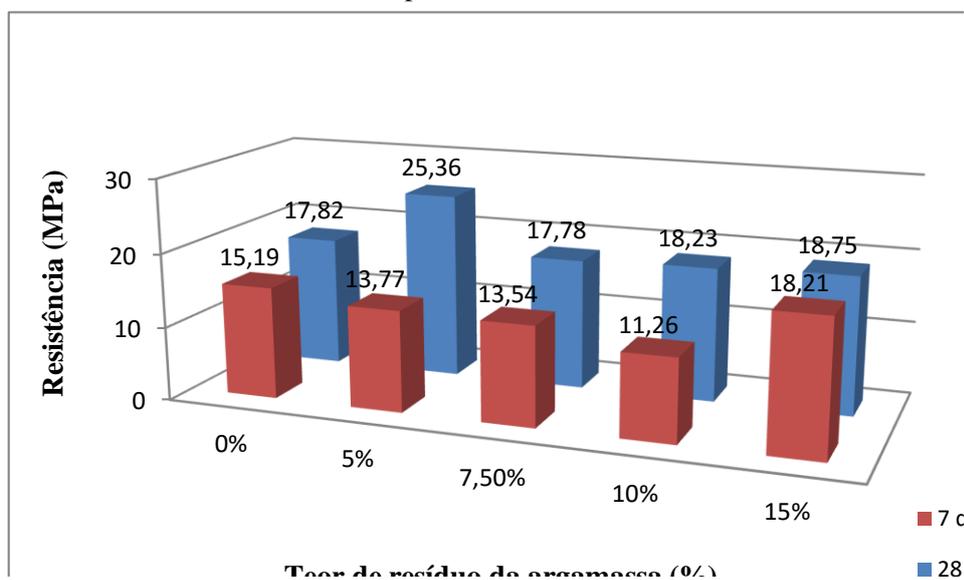
Tabela 4- Resultados dos ensaios de resistência à compressão para idade de 28 dias

Percentual de resíduo	CP 1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
0%	16,86	13,56	17,78	23,08	17,82	3,95
5%	26,34	24,24	25,31	25,53	25,36	0,87
7,50%	17,28	16,25	18,9	18,68	17,78	1,25
10%	16,1	18,7	19,69	18,42	18,23	1,52
15%	17,52	17,48	18,01	21,99	18,75	2,17

Foi possível observar que para esta idade, as argamassas preparadas com o teor de 5% de resíduo de palmita micronizada apresentaram os maiores desempenhos de resistência à compressão. Porém, para esta idade, os desvios padrões encontrados foram ainda maiores do que para a idade de 7 dias.

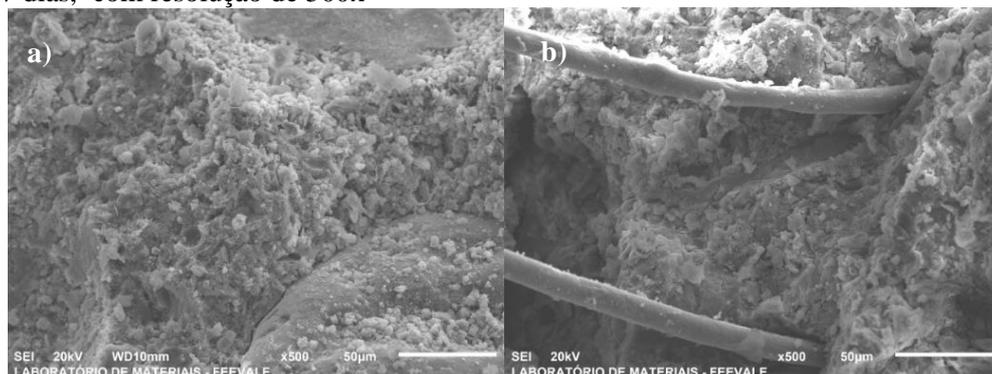
Ao comparar as médias dos resultados de resistência a compressão nos teores de 0%, 5%, 7,5%, 10% e 15%, nas idades de 7 e 28 dias, como mostra a Figura 3, fica evidente que aos 28 dias obteve-se maiores desempenhos. Ou seja, com o passar do tempo, a argamassa aumenta a sua resistência.

Figura 3- Comparativo entre os resultados de resistência à compressão para as argamassas com teores de 0, 5, 7,5, 10 e 15% de resíduo de palmita micronizado, nas idades de 7 e 28 dias



As análises de microscopia realizadas a partir das amostras coletadas dos ensaios de compressão para os diversos teores preparados foram possíveis destacar a boa incorporação do resíduo de palmita moído, em até 15%, comparando-o com a argamassa padrão, conforme Figura 4.

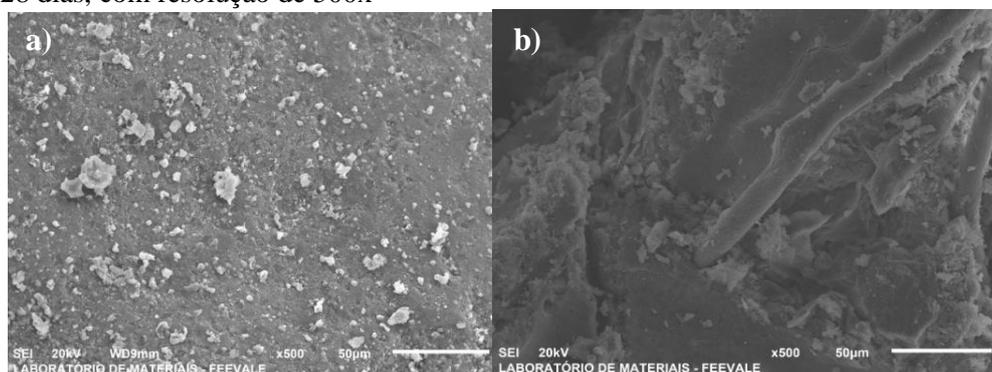
Figura 4- Micrografias de a) Argamassa com 0% de resíduo de palmilha micronizada, na idade de 7 dias, com resolução de 500 x; b) Argamassa com 15% de resíduo de palmilha micronizada na idade de 7 dias, com resolução de 500x



Nas microscopias realizadas nas argamassas com idade de 28 dias, conforme demonstra a

Figura 5.

Figura 5- Micrografias de a) Argamassa com 0% de resíduo de palmilha micronizada, na idade de 28 dias, com resolução de 500 x; b) Argamassa com 15% de resíduo de palmilha micronizada na idade de 28 dias, com resolução de 500x



Ficou evidente que o número de vazios diminuiu significativamente, fato que pode estar relacionado ao aumento da resistência à compressão nesta idade. Também foi possível observar que em todos os teores obteve-se uma boa incorporação do resíduo à matriz cimentícia.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo verificou-se que é possível que resíduos de palmilhas impregnadas em forma micronizada sejam incorporados à composição de argamassas à base de cimento Portland, de forma que ainda contribuem para o aumento de sua resistência à compressão.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, RS, e à CAPES, por todo o suporte para a realização deste projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADO, Associação brasileira das indústrias de calçados. **Exportações Brasileiras de Calçado**. Disponível em: < <http://www.abicalcados.com.br/site/inteligencia.php?cat=1>>. Acesso em 28 jun. 15.



ABICALÇADO, Associação brasileira das indústrias de calçados. **Evolução do emprego na indústria da calçados por região.** Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/site/inteligencia.php?cat=2>>. Acesso em 28 jun. 15.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica e da Massa Específica Aparente,** Rio de Janeiro; 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: cimento Portland – determinação da resistência à compressão,** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 7500-1:2004: Máquina de Ensaio de Tração e Compressão – Verificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos - classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos.** Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm . Acesso em: 08 jun. 2015.

BEZERRA, A.J.V. **Utilização dos resíduos da indústria de calçados (EVA- Etileno acetato de Vinila) como agregado leve na produção de blocos vazados de concreto para alvenaria sem função estrutural.** Dissertação de mestrado, UFPB/CCT, Paraíba, 2002.

CINCOTTO, M. A. **Utilização dos subprodutos e resíduos na indústria da construção civil.** In: Tecnologia das edificações. São Paulo, PINI, 1988.

CTCCA. **Materiais para calçados: Solados e Palmilhas de montagem.** Série Literatura Técnica Básica em Calçados, v. 1. Novo Hamburgo - RS, 2002.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/temas-ambientais/ver-todos/residuos-solidos>>. Acesso em 03 jan. 2015.

GARLET, G. & GREVEN, H. A. **Aproveitamento de resíduos de E.V.A. da indústria calçadista na construção civil.** Anais do Workshop sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção civil. ANTAC - PCC /USP, São Paulo, 1996.

GODINHO, M. **Gaseificação e combustão combinadas de resíduos sólidos da indústria coureiro – calçadista.** Tese (doutorado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

KERN, Andrea P. **Estudo da viabilidade da incorporação de resíduos de contrafortes de calçados em matriz de gesso para uso como material de construção civil.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, RS. 1999.

PIMENTEL, U.H.O. **Utilização de resíduos da indústria de calçados em blocos de vedação com novas geometrias – Bloco EVANG.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade federal da Paraíba, Paraíba, 2005.

POLARI FILHO, R.S. **Contribuição ao processo de reciclagem de resíduos da indústria de calçados na construção civil: Bloco EVA – uma alternativa as alvenarias das construções.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2005.