

## DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ABSORÇÃO SONORA DE BLOCOS CERÂMICOS ACÚSTICOS INCORPORADOS COM LODO DE LAVANDERIA INDUSTRIAL

P. H. S. Almeida<sup>1</sup>, M. A. S. Pinheiro<sup>2</sup>, C. R. G. Tavares<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá - UEM

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

CEP: 87030-140 e-mail: [phsoal@yahoo.com.br](mailto:phsoal@yahoo.com.br)

### RESUMO

*As lavanderias industriais têxteis, durante o tratamento de seus efluentes, geram quantidades consideráveis de lodo. Outro grave problema ambiental está relacionado com o ruído gerado pelo tráfego de veículos principalmente no meio urbano. O objetivo deste trabalho é estudar a incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais na atenuação do ruído gerado pelo tráfego de veículos. Foram produzidas amostras de blocos cerâmicos, em escala real, utilizando formulação com 20% de lodo, na massa de argila cerâmica. Os blocos acústicos foram analisados em câmara reverberante, onde foram obtidos os coeficientes de absorção sonora e os índices de redução sonora. No ensaio acústico, os blocos cerâmicos foram capazes de absorver o som em frequências específicas, e foram dimensionados com o objetivo de reduzir os Níveis de Pressão Sonora (NPS) nas baixas frequências, em especial entre 125 e 250 Hertz.*

**Palavras-chave:** Lavanderias industriais, blocos acústicos, absorção sonora.

### INTRODUÇÃO

As lavanderias industriais geram efluentes líquidos que, após tratamento primário por decantação da matéria em suspensão, bem como após tratamento secundário, geram um resíduo sólido conhecido como “lodo”. Este resíduo, de um modo geral, contém uma diversidade de compostos, entre os quais se podem

mencionar: tensoativos, amaciantes, alvejantes, tinturas, fibras de tecidos, enzimas, gomas e contaminantes diversos (MENEZES, 2005).

Com o crescimento desordenado das cidades e o surgimento das grandes indústrias, as pessoas passaram a conviver com a poluição ambiental. Nesse cenário, outro tipo de poluição que não pode ser visto e com o qual as pessoas de certa forma se acostumaram pode ser considerado um dos maiores problemas da vida moderna: a poluição sonora (BISTAFA, 2006).

A poluição sonora se dá através do ruído, que é o som indesejado, sendo considerada uma das formas mais graves de agressão ao homem e ao ambiente. O ruído de trânsito de veículos automotores é o que mais contribui na poluição sonora e cresce muito nas grandes cidades brasileiras, agravando a situação (PAIXÃO, 2002).

Segundo Lisot (2008) é interessante realizar intervenções no ambiente, com o intuito de diminuir a intensidade dos sons que atingem o ser humano. A utilização de barreiras acústicas tem se difundido como uma alternativa para o controle de ruído.

Um dos materiais cerâmicos que atualmente vêm sendo bastante estudados e que atuam como barreira acústica, são os blocos cerâmicos acústicos, chamados de ressoadores de Helmholtz. Segundo Santos (2005) o ressoador de Helmholtz é um sistema absorvedor baseado na propriedade de dissipar energia em torno de uma frequência de ressonância, a qual é função das características geométricas do sistema.

## **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho foi estudar a incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais na atenuação do ruído gerado pelo tráfego de veículos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A caracterização acústica dos blocos cerâmicos em escala real foi realizada por meio da determinação do Coeficiente de Absorção Sonora de Sabine e do Índice de Redução Sonora (R).

Para a determinação do coeficiente de absorção sonora de Sabine dos blocos acústicos em escala real realizou-se ensaios em câmara reverberante seguindo procedimentos da norma ISO 354:2003 - *Acoustics - Measurement of sound*

*absorption in a reverberation room*. O ensaio foi realizado em câmara reverberante, a qual tem as superfícies construídas de forma a maximizar o som refletido, com o intuito de gerar um campo difuso (SANTOS e BEROLI, 2008).

Os blocos foram dispostos sobre o piso da câmara reverberante, formando um painel com 12 m<sup>2</sup> de área.

As medidas do tempo de reverberação envolveram duas situações: sala com painel de ressoadores com vedação das juntas e sala vazia. Foram montados dois painéis, sendo um painel formado somente com blocos acústicos controle (fabricados exclusivamente com argila) e outro painel somente com blocos cerâmicos com incorporação de 20% de lodo.

O software de avaliação acústica de salas, DIRAC<sup>®</sup> da Brüel & Kjaer foi utilizado para a determinação do tempo de reverberação na câmara em frequências de 1/3 de oitava, em hertz.

Para o ensaio utilizou-se 2 posições de fonte com 6 posições de microfone cada, dando um total de 12 pontos de medição. A medição foi realizada com diferentes posições de microfone que estão pelo menos 1,5 m de distância entre si, 2 m de qualquer fonte de som e 1 m de qualquer superfície da sala e do corpo de prova.

A determinação do Índice de Redução Sonora dos blocos acústicos em escala real foi realizado de acordo com a Norma ISO 140-3:1995 - *Acoustics - Measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements - Part 3: Laboratory measurements airborne sound insulation of buildings elements*.

Todos os ensaios foram realizados com duas posições de fonte e um microfone rotativo para cada posição de fonte. O Medidor de Nível de Pressão Sonora (MNPS) utilizado foi do modelo 2270 da marca B&K. A posição do microfone rotativo manteve-se pelo menos 1,5 m afastada das paredes. A altura mínima do microfone rotativo foi igual a 1m. A altura da fonte foi igual a 1,5m para todas as medições.

Durante todos os ensaios realizados na câmara reverberante, foram determinadas as condições de temperatura e umidade por meio de um termo higrômetro modelo MT-241 da marca Minipa.

Foi construída uma parede de alvenaria com blocos cerâmicos acústicos nas dimensões de 4,10 metros de largura e 3,20 metros de altura, na separação das duas câmaras reverberantes, para a execução dos ensaios acústicos. As juntas verticais e horizontais foram preenchidas com argamassa. Para assentamento dos

blocos foi utilizada uma argamassa industrializada com traço 1:3:12 (cimento:cal:areia), em juntas de 1 cm, rendimento de aproximadamente 47 kg de argamassa por metro quadrado.

A norma ISO 717-1:1996 leva a obtenção de um número único, denominado  $R_w$ , que expressa, de maneira simplificada, o resultado obtido em bandas de frequências. Esse número é determinado por meio da comparação da curva do espectro de frequências do material avaliado, a uma curva de referência na frequência de 500 Hz.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Coefficiente de absorção sonora de Sabine

A Tabela 1 apresenta as médias dos tempos de reverberação obtidos na câmara reverberante para os blocos acústicos em escala real, com e sem os painéis de blocos cerâmicos.

Tabela 1 - Tempos de reverberação dos blocos acústicos em escala real medidos na câmara reverberante.

Tempo de reverberação médio (s)			
Frequência (Hz)	Com painel de blocos controle ( $T_{60}$ )	Com painel de blocos com incorporação de 20% de lodo ( $T_{60}$ )	Sem painel ( $T'_{60}$ )
100	8,17	9,47	15,57
125	7,76	9,62	14,91
160	6,44	9,04	18,27
200	5,11	6,92	16,49
250	4,85	5,06	16,55
315	7,17	6,17	16,88
400	7,74	6,52	14,76
500	7,68	6,15	13,79
630	4,4	4,62	12,41
800	6,0	5,77	11,39
1000	6,83	6,09	9,93
1250	5,59	4,6	8,76

1600	5,36	4,37	8,08
2000	5,27	4,31	7,21
2500	4,8	4,17	6,27
3150	4,25	3,73	5,31
4000	3,61	3,38	4,42
5000	3,01	2,91	3,63

Calculou-se o coeficiente de absorção sonora de Sabine aplicando a Equação (A) aos valores de tempo de reverberação da Tabela 1. A Equação (A) é apresentada a seguir:

$$\alpha_{Sab} = 0,161 \frac{V}{S} \left( \frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T'_{60}} \right) (A)$$

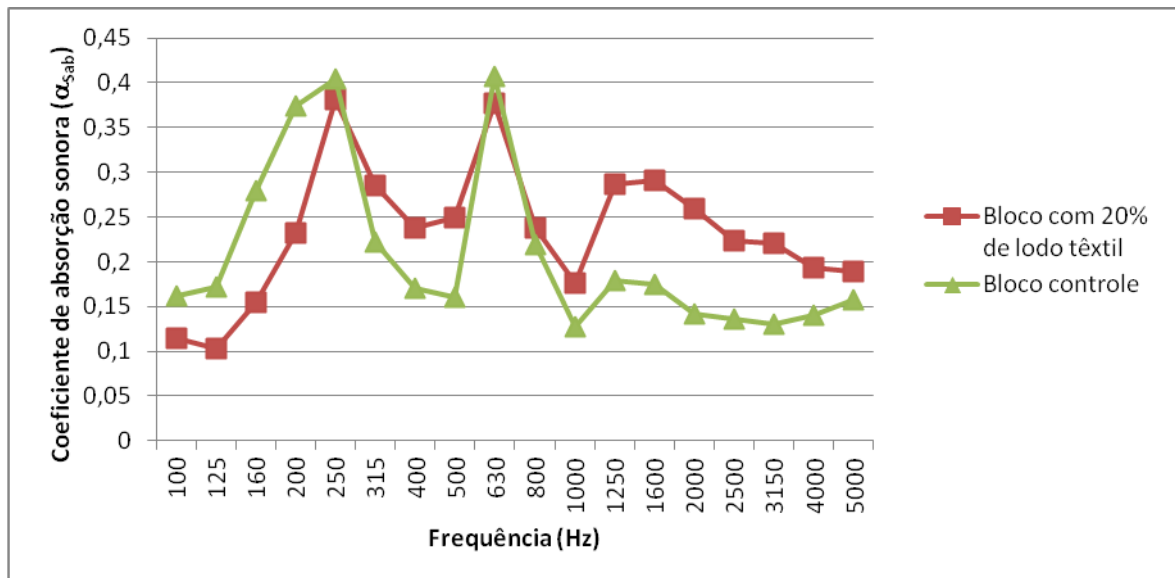
Levando-se em consideração o volume (V) de 207 m<sup>3</sup> da câmara reverberante e a área superficial (S) de 11,97 m<sup>2</sup>, têm-se na Tabela 2 os coeficientes de absorção sonora da Sabine dos blocos acústicos produzidos somente com argila (controle) e dos blocos acústicos com a incorporação de 20% de lodo, ambos em escala real.

Tabela 2 - Coeficientes de absorção sonora de Sabine dos blocos acústicos em escala real.

Coeficiente de absorção sonora de Sabine ( $\alpha_{Sab}$ )		
Frequência (Hz)	Painel de blocos controle ( $T_{60}$ )	Painel de blocos com incorporação de 20% de lodo ( $T_{60}$ )
100	0,161401	0,114783
125	0,171456	0,102327
160	0,278962	0,155053
200	0,374702	0,232686
250	0,404419	0,380677
315	0,222594	0,28531
400	0,170488	0,237563
500	0,160067	0,249942
630	0,406999	0,376972
800	0,218826	0,237259

1000	0,126817	0,176177
1250	0,179609	0,286429
1600	0,174252	0,291519
2000	0,141658	0,258923
2500	0,135517	0,222844
3150	0,130319	0,221329
4000	0,140845	0,193143
5000	0,157436	0,189112

A Figura 1 ilustra com maior clareza os coeficientes de absorção sonora de Sabine para os blocos cerâmicos acústicos em escala real.



**Figura 1.** Gráfico dos coeficientes de absorção sonora de Sabine dos blocos acústicos em escala real.

Verificou-se que de forma geral os blocos cerâmicos acústicos produzidos com a incorporação de 20% de lodo apresentaram valores maiores dos coeficientes de absorção sonora de Sabine para frequências acima de 250 Hz, este fato provavelmente está associado a uma maior presença de poros nestes blocos. Os poros foram formados pela volatilização durante o processo de queima da matéria orgânica e da umidade que estavam presentes no bloco cerâmico passado pelo processo de extrusão.

No dimensionamento do bloco, Lisot (2008) buscou formar um conjunto de uma passagem de ar suficientemente longa associada a um volume de ar interno que atendesse a necessidade citada anteriormente.

Levando-se em consideração que Lisot (2008) adotou a forma do ressoador de Helmholtz (bloco cerâmico acústico) tendo em vista a necessidade de, no cálculo da frequência de oscilação, atingir-se um valor entre 125 e 250 Hz, pode-se verificar que o objetivo foi atingido, uma vez que este importante fato está relacionado aos picos dos valores do coeficiente de absorção sonora na frequência de 250 Hz atingindo valores de 0,404419 e 0,380677, para o painel de blocos cerâmicos controle e de blocos cerâmicos com incorporação de 20% de lodo têxtil, respectivamente.

Chama-se a atenção para um acréscimo de absorção sonora dos ressoadores nas frequências em torno de 630 Hz. Acredita-se que este acréscimo deva-se à formação de um segundo volume na região do ressoador análoga ao “comprimento do gargalo” e, conseqüentemente, verificou-se uma segunda frequência de oscilação do sistema.

### **Índice de Redução Sonora**

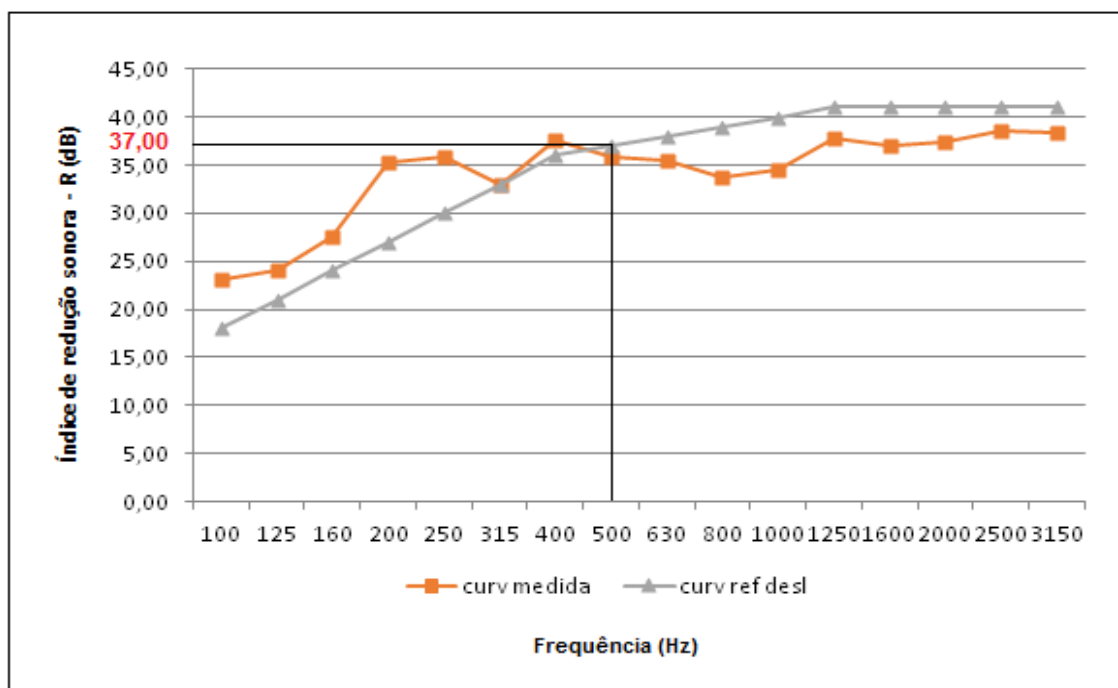
A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos dos índices de redução sonora dos blocos acústicos fabricados somente com argila (controle) e dos blocos acústicos com incorporação de 20% de lodo têxtil, respectivamente.

Tabela 3 - Índice de redução sonora dos blocos acústicos em escala real.

Índice de Redução Sonora (R)		
Frequência (Hz)	Painel de blocos controle	Painel de blocos com incorporação de 20% de lodo
100	23,20	23,71
125	24,35	24,58
160	28,24	28,02
200	35,46	35,55
250	36,09	35,38
315	33,19	33,38
400	37,56	36,71

500	35,50	35,10
630	35,44	35,33
800	33,62	33,06
1000	34,47	33,08
1250	37,84	36,54
1600	36,97	36,38
2000	37,31	36,64
2500	38,47	38,12
3150	38,20	37,86

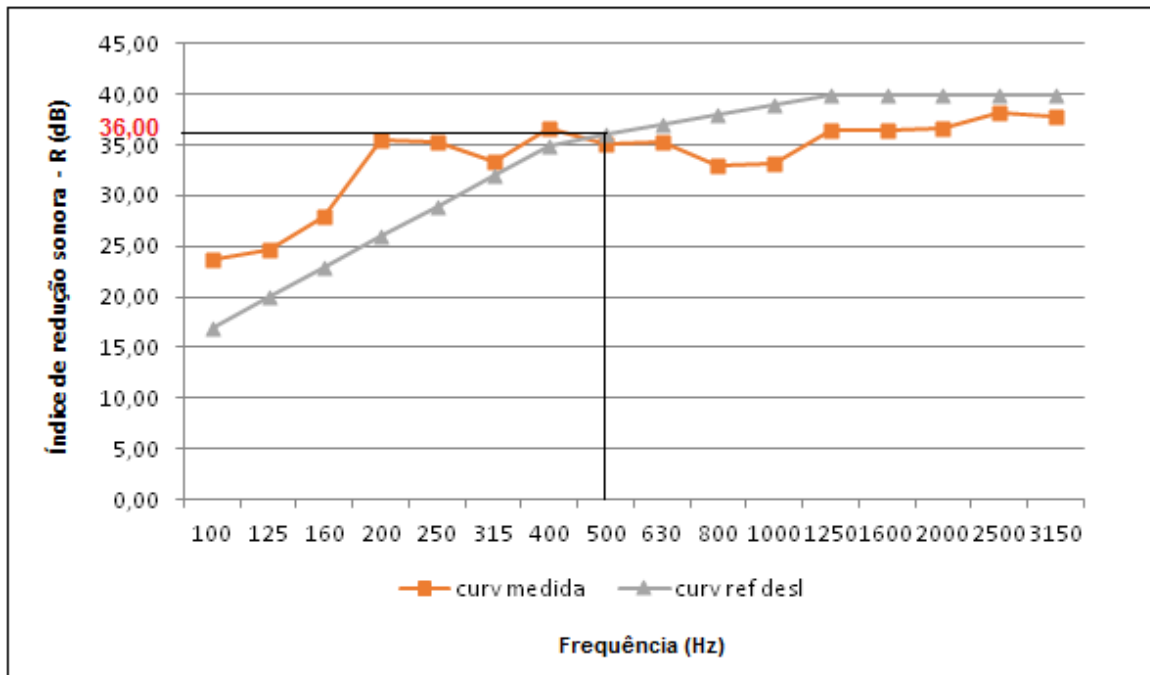
As Figuras 2 e 3 ilustram com maior clareza os índices de redução sonora dos blocos acústicos fabricados somente com argila (controle) e dos blocos acústicos com incorporação de 20% de lodo têxtil, respectivamente.



**Figura 2.** Gráfico dos índices de redução sonora dos blocos cerâmicos controle em escala real.

Comparando a curva do espectro de frequências do material avaliado, a uma curva de referência, o valor do número único,  $R_w$ , da curva de referência na frequência de 500 Hz, foi de 37 dB. A temperatura na câmara reverberante durante o ensaio foi de 21,8°C e a umidade relativa ficou em torno de 80%.





**Figura 3.** Gráfico dos índices de redução sonora dos blocos cerâmicos com incorporação de 20% de lodo têxtil em escala real.

Comparando a curva do espectro de frequências do material avaliado, a uma curva padrão, o valor do número único,  $R_w$ , da curva de referência na frequência de 500 Hz, foi de 36 dB. A temperatura na câmara reverberante durante o ensaio foi de 21,8°C e a umidade relativa ficou em torno de 60%.

Blocos acústicos apresentam valores do índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ ) próximo ao dos blocos estruturais, em torno de 36,0 a 38,0 dB. A incorporação de lodo de lavanderia industrial na fabricação do bloco acústico alterou ligeiramente a rigidez deste uma vez que a matéria orgânica presente no resíduo volatiliza durante o processo de queima.

De Marco (1982) esclarece que uma onda de pressão sonora ao encontrar um obstáculo, produz um choque das moléculas, fazendo com que parte de sua energia volte em forma de onda de pressão refletida e o restante produza uma vibração das moléculas do novo meio, como se o obstáculo “absorvesse” parte do som incidente. Parte dessa energia de vibração das moléculas do obstáculo será dissipada como calor, devido a atritos que as moléculas enfrentam no seu movimento ondulatório; outra parte voltará ao primeiro meio, somando-se com a onda refletida, o resto da energia contida na vibração do próprio obstáculo produzirá a vibração do ar do lado

oposto, funcionando esse obstáculo como uma nova fonte sonora que criará uma onda no terceiro meio.

O aumento da porosidade do bloco influenciou na densidade da aérea da parede, uma vez que as moléculas não estão próximas umas das outras. A onda de pressão sonora produziu uma menor vibração das moléculas da parede. Uma menor parte dessa energia de vibração das moléculas do obstáculo foi dissipada como calor, como se o obstáculo “absorvesse menos” parte do som incidente. Assim, o aumento da porosidade influenciou na diminuição do isolamento acústico.

## CONCLUSÕES

Foram determinados os coeficientes de absorção sonora de Sabine e os índices de redução sonora dos blocos acústicos em escala real no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por meio dos quais se notou que a incorporação de 20% de lodo na massa de argila, resultou de uma maneira geral em coeficientes de absorção sonora maiores para frequências acima de 250 Hz com relação aos coeficientes de absorção sonora dos blocos controle. Como já citado anteriormente, o fato de uma maior quantidade e variedade de poros terem sido formados durante a queima dos blocos com incorporação do lodo, contribuiu para obtenção de coeficientes de absorção sonora maiores.

Blocos acústicos apresentaram valores do índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ ) próximo ao dos blocos estruturais, em torno de 36,0 a 38,0 dB. A aplicação do preenchimento dos ressoadores influenciou no aumento do isolamento acústico. De maneira geral, os blocos cerâmicos produzidos são aplicáveis no isolamento sonoro de ambientes.

## REFERÊNCIAS

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo. Edgard Blucher, 2006, 368p.

DE MARCO, C. S. **Elementos de acústica arquitetônica**. 1 ed. São Paulo, SP. Ed. Nobel, 1982.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 354**. Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room, 2003.

\_\_\_\_\_. **ISO 140**. Acoustics - Measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements. 1995.

\_\_\_\_\_. **ISO 140-3**. Acoustics - Measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements - Part 3: Laboratory measurements airborne sound insulation of buildings elements. 1995.

\_\_\_\_\_. **ISO 717-1**. Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. 1996.

LISOT, A. **Ressoadores de Helmholtz em barreiras acústicas: Avaliação do desempenho na atenuação do ruído de tráfego**. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

MENEZES, J. C. S. dos S. **Tratamento e Reciclagem do Efluente de uma Lavanderia Industrial**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SANTOS, C.; BEROLI, S. R. **Construção de câmara reverberante em escala para realização de ensaios acústicos**. In: VI Congresso Iberoamericano de Acústica - FIA. Buenos Aires, 2008.

SANTOS, J. L. P. dos. **Estudo do potencial tecnológico de materiais alternativos em absorção sonora**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005.

PAIXÃO, D. X. da. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando Análise Estatística de Energia (SEA)**. 2002. 182f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

## **DETERMINATION OF SOUND ABSORPTION COEFFICIENTS OF ACOUSTIC PACK CERAMIC WITH EMBEDDED SLUDGE INDUSTRIAL LAUNDRY**

### **ABSTRACT**

*The textile industrial laundries, while treating its effluents, produce considerable amounts of silt. Another serious environmental problem associated with the noise generated by the traffic mainly in urban areas. The objective of this study is to incorporate the sludge of textile industrial laundries in ceramic blocks or structural sealing in attenuation of noise generated by vehicular traffic. Samples of ceramic blocks were produced in full scale using a formulation with 20% sludge, the mass of ceramic clay. The blocks were analyzed acoustic reverberation chamber where sound absorption coefficients and noise reduction indexes were obtained. The*

*acoustic test, the ceramic blocks were able to absorb sound at specific frequencies, and were sized with the objective of reducing the sound pressure levels (SPL) in the low frequencies, especially between 125 and 250 Hertz.*

**Key-words:** Industrial laundries, acoustic blocks, sound absorption.