

Jefferson Villela Ferreira

O conforto acústico proporcionado pela manta asfáltica,
autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado,
sobre telhas trapezoidais de alumínio.

Condicionantes para projeto obtidos por ensaio laboratorial.

Rio de Janeiro

2003

I

Jefferson Villela Ferreira

O conforto acústico proporcionado pela manta asfáltica,
autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado,
sobre telhas trapezoidais de alumínio.

Condicionantes para projeto obtidos por ensaio laboratorial.

Dissertação de mestrado, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau
de Mestre em ciência em Arquitetura.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal
do Rio de Janeiro.

Área de Concentração- Conforto Ambiental e Eficiência Energética

Professor orientador: Jules Ghislain Slama, D.Sc.

Rio de Janeiro

2003

II

Jefferson Villela Ferreira

O conforto acústico proporcionado pela manta asfáltica,
autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado,
sobre telhas trapezoidais de alumínio.

Condicionantes para projeto obtidos por ensaio laboratorial.

Aprovado por:

Profº Jules G. Slama, D.Sc.
(Orientador)

Profº Aldo Moura Gonçalves, D.Sc.

Profº Aristóteles Tarcisio de Souza, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Setembro de 2003

Ao meu filho João Pedro

”Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos. A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo tempo a fora. Lembraria os erros que foram cometidos para que não mais se repetissem. A capacidade de escolher novos rumos. Deixaria para você, se pudesse, o respeito aquilo que é indispensável. Além do pão, o trabalho. Além do trabalho, a ação. E, quando tudo mais faltasse, um segredo: o de buscar no interior de si mesmo a resposta e a força para encontrar a saída. ”

Mahatma Gandhi

Filho, para finalizar:

”Somos o que fazemos, mas somos, principalmente,
o que fazemos para mudar o que somos.”

Eduardo Galeano

Dedico esta dissertação aos meus pais Domingos (1930-1999) e Nely,
e ao meu filho João Pedro
com todo amor e carinho.

À minha família, razão do meu viver.

Agradeço

Aos amigos
Aimar Cunha e Ronaldo Cunha,
sem eles seria impossível
realizar esta dissertação.

A TEXSA BRASILEIRA LTDA
e a todos os amigos que
contribuíram neste trabalho.

O conforto acústico proporcionado pela manta asfáltica, autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado, sobre telhas trapezoidais de alumínio.

Resumo

Este trabalho visa informar aos arquitetos, engenheiros e técnicos o excelente desempenho da manta asfáltica⁽¹⁾, instalada sobre telhas⁽²⁾, como material capaz de promover um amortecimento do impacto das chuvas e de diminuir a vibração das telhas, portanto, capaz de reduzir a geração do ruído⁽³⁾ para o interior das edificações e propiciar um conforto acústico ao usuário.

O material é utilizado desde a década de 70, de forma técnica, pelos profissionais como material impermeabilizante e isolante térmico, no entanto, passa “despercebida” a sua capacidade de amortecer e de atenuar a passagem dos ruídos causados por impactos, principalmente o das chuvas.

A manta asfáltica não foi inventada para esta finalidade e não tem uma literatura específica, levantando questões a respeito da promoção do conforto acústico, nem sequer, as fichas técnicas do material indicam sua eficiência acústica.

A aplicação da manta, em função do seu custo e benefício, tem sido utilizada por alguns profissionais de forma “empírica” sob o aspecto do conforto acústico, faltava somente um aprofundamento maior quanto à parte técnica, com resultados e gráficos comparativos capazes de elucidar a indicação técnica do material.

Após a realização de ensaios no Instituto de pesquisas tecnológicas – IPT/SP, obtive resultados realmente expressivos os quais comprovam a capacidade da manta, com uma considerável redução em decibels. Os resultados obtidos podem ser usados como parâmetros e condicionantes para futuros projetos ou reformas.

Acho importante a divulgação deste trabalho, não como uma invenção ou inovação, por realmente não o ser, e sim como um complemento técnico a esta criatividade dos profissionais.

(1)- autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado

(2)- de alumínio ou metálicas

(3)- Definição Subjetiva : Ruído é toda sensação auditiva desagradável ou insalubre.

Proportionate the acoustic comfort for the asphalt blanket, autoprotected by aluminum blade carefully kneaded (shrunk), on trapezoidal aluminum roofing tiles.

ABSTRACT

This work aims at to inform the architects, engineers and technician the excellent performance of the asphalt blanket⁽¹⁾, installed on roofing tiles⁽²⁾, as material capable to promote a damping of the impact of rains and to diminish the vibration of the roofing tiles, therefore, capable to reduce the generation of the noise⁽³⁾ for the interior of the constructions and to propitiate an acoustic comfort to the user.

The material is used since the decade of 70, form technique, for the professionals as material waterproof and isolating thermal, however, it passes disregarded its capacity to cushion and to attenuate the entrance of the noises caused for impacts, mainly of rains.

The asphalt blanket was not invented for this purpose and it does not have a specific literature, raising questions the respect to promotion an acoustic comfort, without even, the technical guide of the material indicate its efficiency acoustics.

The application of the blanket, in function of its cost and benefit, has been used for some professionals of empirical method under the aspect of the acoustic comfort, it only lacked to a bigger deepening how much to the part technique, with results and comparative graphs capable to elucidate the indication technique of the material.

After the accomplishment of assays in the Institute of technological research - IPT/SP, I got resulted really expressives which prove the capacity of the blanket, with a considerable reduction in decibels.

The gotten results can be used as references and parameters for future projects or reforms. I find the spreading of this work important, not as an invention or innovation, for really it not to be, and yes as a complement technician to this creativity of the professionals.

(1)- Auto protected for carefully kneaded (shrunk) metallic aluminum

(2)- aluminum blade

(3)- Subjective Definition: Noise is all disagreeable or unhealthy auditory sensation

SUMÁRIO

Introdução	01
Histórico sobre acústica	03
Capítulo 1 – Descrição dos Materiais e seus métodos de Instalação	05
1 - Manta asfáltica autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado	06
- Morter Plas Alumínio N/S 3 mm (c/plástico descartável)	
2 - Telha trapezoidal de alumínio	08
3 - Adesivo asfáltico	10
4 - Método de instalação do conjunto	12
Capítulo 2 - Parâmetros de conforto acústico	13
2.1 - Níveis de ruído para conforto acústico	14
2.2 - Efeito do ruído no organismo humano	16
2.3 - Avaliação dos efeitos do ruído sobre o homem	17
Capítulo 3 - Ensaio laboratorial	20
3.1 - Câmara de medição e estrutura auxiliar - fotos e descrições	21
3.2 - Equipamentos de medição - fotos e descrições	22
3.3 - Descrição do ensaio e fórmula	24
3.4 - Montagem dos materiais - fotos e descrições	25
3.5 - Gráfico comparativo - chuva natural e chuva artificial	29
3.6 - Resultado dos ensaios	30
3.7 - Tabela final	33
3.8 - Gráfico final	34
3.9 - Nível de potência sonora emitida pelo telhado	34
3.10 - Nível de pressão sonora no local	35
3.11- Tabela comparativa	35
Capítulo 4 – Conclusão	36
4.1 - Considerações finais	37
4.2 - Fotos de obra executada – exemplo	38
Anexos	40
Cronograma da dissertação	41
Embasamento técnico	42
Ensaio IPT - Orçamento e Relatório técnico IPT N° 69.827 / Março 2004	49
Normas	61
Referências bibliográficas	62

INTRODUÇÃO

Na busca pelo conforto acústico arquitetônico foram desenvolvidos diversos materiais que efetivamente, demonstram total desempenho frente ao isolamento ou amortecimento do som ou ruído. Os materiais utilizados para a obtenção do conforto acústico, são idealizados e fabricados com a mais alta tecnologia, sendo submetidos a rigorosos testes em diversos níveis de exigência; no entanto, cresce a cada dia um número infinito de soluções criativas e improvisadas, com diferentes materiais, para a obtenção de resultados positivos e favoráveis ao isolamento, amortecimento ou absorção dos ruídos, levando em consideração, sempre, a relação do custo /benefício. Como exemplo, cito a manta asfáltica autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado, aplicada sobre telhas trapezoidais de alumínio, que hoje em dia podem ser vistas aplicadas em diversas coberturas, com a expectativa de reduzir a geração e a transmissão do ruído provocado pelas chuvas, para dentro dos compartimentos da edificação.

Relembrando o histórico do material citado, digo a manta, vimos que inicialmente foi inventada para dar impermeabilidade à molécula da água, para impedir a difusão dos gases e refletir os raios do sol, assim diminuindo a condutância térmica para os compartimentos defendidos. Levando em consideração o que foi relatado, percebemos que em nenhum momento foi citado ou tornou-se claro o desenvolvimento de estudos para a aplicação da manta visando o conforto acústico. Minha questão principal vem contribuir para o levantamento de dados técnicos laboratoriais e resultados expressivos sobre a eficiência da manta, asfáltica autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado, como material capaz de promover a atenuação na passagem do ruído e um considerável conforto acústico.

Objetivos

- Obter resultados expressivos sobre a eficiência da redução na transmissão do ruído, provocado pelo impacto das chuvas, utilizando a manta asfáltica autoprotégida por lâmina de alumínio gofrado sobre telhas trapezoidais de alumínio, através de ensaio laboratorial.
- Obter informação sobre o desempenho acústico do material, digo a manta, visto que esta informação não é obtida junto aos fabricantes, nacionais e internacionais, nem tampouco nas normas elaboradas para o material.

Metodologia

- **Levantamento Bibliográfico** - Compilação de livros, apostilas, normas, artigos, periódicos, dissertações e teses que sejam pertinentes ao tema da dissertação.
- **Ensaio laboratorial** - Metodologia do ensaios laboratorial, desenvolvimento da montagem dos materiais, equipamentos e levantamento fotográfico.
- **Resultados e Conclusão** - Compilação e inferência dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, parte textual conclusiva com tabelas e gráficos comparativos.

Justificativa

Este trabalho contribui com a obtenção de condicionantes, dados expressivos e informações, para projetos, por meio de ensaio laboratorial do material, cito a manta asfáltica autoprottegida por lâmina de alumínio gofrado, material utilizado como meio prático e técnico na redução da transmissão do ruído em projetos de coberturas com telhas trapezoidais de alumínio. Torna-se importante o trabalho, devido ao fato de que o material não foi inventado ou idealizado para esta finalidade, portanto, por não haverem pesquisas aprofundadas neste tipo de utilização, por parte dos fabricantes a nível mundial.

Histórico sobre acústica

Historicamente, o estudo do som relaciona-se com a Música, arte exercida pelos hindus, egípcios, chineses e japoneses, desde 4.000 a.C..

Pitágoras (569-500 a.C.), cerca de 2.500 anos atrás, dedicou-se ao estudo dos intervalos musicais e suas relações, fazendo com que surgissem os conceitos de consonância e dissonância. Além de estabelecer a relação entre frequência e comprimento de onda, utilizando um monocórdio em suas pesquisas.

Pitágoras abriu as portas para especulações filosóficas e matemáticas no estudo do som, que durante muitos séculos continuou a ser visto como uma fusão mística entre a Aritmética e a Música.

Em 130 a.C., Ptolomeu construiu um diagrama geométrico pretendendo estabelecer relações harmônicas entre as cores e os tons musicais. E mesmo Newton, no século XVII, procurou mostrar relações numéricas entre as cores do arco-íris e as notas de um acorde musical.

Aristóteles (384-332 a.C.), também ocupou-se do estudo do som relacionado à Música, deixando uma coletânea de artigos que expõem modelos sobre a propagação das ondas sonoras no ar.

A influência de Aristóteles prosseguiu até a segunda metade do século XVII, quando surgiu uma nova era de investigações científicas, com Galileu Galilei (1564-1642). Nessa época os experimentos com o som começaram a ser feitos sem que, necessariamente, estivessem relacionados à Música.

Galileu descobriu o fenômeno da ressonância, antecipando a idéia de que cada corpo vibra em sua frequência natural, tendo publicado uma obra sobre consonância, dissonância e ressonância.

Galileu deduziu as leis completas sobre as cordas vibrantes, embora alguns autores atribuam essa descoberta a Mersenne (1558-1648), responsável pelos primeiros estudos experimentais sobre a velocidade do som.

O cientista inglês Robert Boyle, em 1660, demonstrou a necessidade de um meio para a transmissão do som .

Os experimentos que determinaram a velocidade do som no ar floresceram no século XVIII, evidenciando sua diferença em meios sólidos, líquidos e gasosos. A partir de estudos realizado pelo matemático francês Marin Mersenne (1640), pesquisadores italianos Borelli e Viviani e o inglês Derham chegaram ao valor de 340 metros por segundo a uma temperatura de 20° centígrados.

No que se refere às sensações provocadas pelo som, Robert Hooke (1681), matemático inglês e secretário da Royal Society of London, foi o primeiro cientista a procurar a relação entre a frequência objetiva de um som e a altura subjetiva em que o mesmo é ouvido. Entretanto, em 1937, psicofísicos da Universidade de Harvard

iniciaram uma série de experiências para mostrar que a relação entre a altura e a frequência não é direta.

Em 1851, Alfonso Corti descobriu o verdadeiro centro da audição e, examinando a cóclea com um poderoso microscópio, percebeu suas milhares células ciliadas.

Herman von Helmholtz (1821-1894), filósofo, anatomista, matemático e físico alemão supôs, seis anos mais tarde, que as estruturas internas do órgão de Corti ressoassem. Békésy, em 1928, estudava a adaptação mecânica e elétrica do equipamento telefônico às exigências do mecanismo auditivo e acabou por complementar a teoria de Helmholtz.

Nesta época os estudos do som se intensificaram resultando no que se tornaria a Acústica atual. Estudos acerca da sensibilidade do sistema auditivo ao som também contribuíram para consolidar as bases científicas da Acústica.

Ainda no século XIX, Sir Charles Wheatstone (1802-1875) fez vários experimentos relacionados à audição e utilizando algo semelhante a um estetoscópio inventou um aparelho que deu origem ao termo microfone.

Lord kelvin (1824-1907) construiu o primeiro analisador harmônico.

No final do século XIX os profissionais que trabalhavam em Eletricidade e Eletrônica passaram a interessar-se por Acústica.

Desse modo foram inventados o primeiro telefone, por Graham Bell (1861), e no ano seguinte o fonógrafo, por Edison, dando origem aos sistemas de gravação e reprodução.

O afundamento do navio Titanic, em 1912, levou investigadores a fazer várias tentativas para a detecção de objetos submersos, mas os primeiros resultados começaram a aparecer apenas ao final da I Guerra Mundial.

Sabine, em 1925, iniciou a época da Acústica Arquitetônica, medindo pela primeira vez a reverberação e preocupando-se especialmente com a inteligibilidade do som.

Na II Guerra Mundial, o uso do ultra-som para detecção de objetos submersos foi aperfeiçoado. A partir de então desenvolveram-se técnicas ultra-sônicas com aplicação também na Medicina e Engenharia.

Como causa e efeito do próprio desenvolvimento, a partir dos anos 30 diferenciaram-se as diversas especialidades da Acústica, como a Acústica Fisiológica ou Psicoacústica, a Acústica Arquitetônica, a Acústica Ambiental e a Fonética Acústica.

Pesquisadores deram continuidade aos importantes trabalhos realizados por Helmholtz. Além dele, nomes como Fletcher, Munson, Békésy e Weber também garantiram a continuidade de estudos nessa área, apresentando dados perfeitamente válidos ainda nos dias de hoje.

Capítulo 1 – Materiais e Instalação

1 - Manta asfáltica autoprottegida por lâmina de alumínio gofrado

1.1 - Morter Plas Alumínio

1.1.1 - Definição

1.1.2 - Características da manta

1.1.3 - Características Gerais

1.1.4 - Aplicações

1.1.5 - Modo de Aplicar

1.1.6 - Armazenamento

1.1.7 - Embalagem

2 - Telha trapezoidal de alumínio

2.1 - Definição

2.2 - Composição

2.3 - Aplicação

3 - Adesivo asfáltico

3.1 - Plastipegante

3.1.1 - Definição

3.1.2 - Características

3.1.3 - Aplicações

3.1.4 - Modo de usar

3.1.5 - Rendimento

3.1.6 - Embalagem

4 - método de instalação do conjunto

1. - Manta asfáltica autoprottegida por lâmina de alumínio gofrado

1.1- MORTER PLAS ALUMÍNIO

1.1.1 - DEFINIÇÃO

MORTER-PLAS ALUMÍNIO é uma manta plástico-asfáltica polimerizada com SBS (estireno - butadieno - estireno), impermeável, flexível e auto-adesiva, produzida industrialmente por processo contínuo. É constituída por duas camadas de asfalto polimérico, que formam o berço e o amortecimento em relação ao filme central de polietileno, para ser aplicada numa só operação, como monocapa. Uma das suas faces é revestida com uma lâmina de alumínio gofrado, para permitir o alongamento do material, e a outra face é revestida com um filme descartável, que quando removido facilita o trabalho de aderência ao suporte.

MORTER-PLAS ALUMÍNIO é capaz de amoldar-se ao substrato e de absorver as deformações próprias das estruturas, sem se romper.

O perfeito desempenho das mantas MORTER-PLAS ALUMÍNIO é comprovado em muitos milhares de m² impermeabilizados em todo o mundo, além dos inúmeros atestados de obras, laudos técnicos e análises, nos principais laboratórios nacionais e estrangeiros.

1.1.2 - CARACTERÍSTICAS DA MANTA

Produto industrialmente fabricado, fornecido em bobinas:

Largura:	1,10 m
Comprimento:	10,00 m
Espessura:	3,00 mm
Espessura da lâmina de alumínio:	0,05 mm
Largura da lâmina de alumínio:	1,00 m

1.1.3 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

Permeabilidade à água:

Totalmente impermeável, com a máxima garantia.

Flexibilidade:

Passam pelo ensaio de flexibilidade à temperatura de 0 °C.

Absorção da água:

Nula.

Em local sujeito a atmosfera poluída e agressiva ao alumínio, deve-se pintar a manta MORTER-PLAS ALUMÍNIO com o revestimento TEXTON "L" 9000, para preservação da lâmina de alumínio gofrado.

1.1.4 - APLICAÇÕES

Como impermeabilizante:

- Em telhados de fibrocimento, de madeira, metálicos etc.
- Em lajes técnicas
- Em lajes de cobertura que tenham necessidade de serem impermeabilizadas e que não suportem um acréscimo de carga estática.
- Como impermeabilizante decorativo, dispensando outros acabamentos.
- Como impermeabilizante de cobertura de trânsito ocasional, o que somente ocorre com o trajeto de pessoas para a limpeza e a manutenção.
- Como impermeabilizante para reservatórios, calhas, vigas, paramentos, bordas e outros arremates.

1.1.5 - MODO DE APLICAR

– Preparo da superfície suporte:

As superfícies precisam estar regularizadas, isentas de protuberâncias, brocas, arestas contundentes; deve-se eliminar a poeira, o pó ou outros interferentes, varrendo-se a superfície antes da aplicação da manta MORTER-PLAS ALUMÍNIO. O caimento deve ser feito em direção aos pontos de escoamento da água.

Os tubos de queda e ralos devem ser tratados com MORPLAVA 2 mm auto-adesiva.

– Colocação das mantas MORTER-PLAS ALUMÍNIO

- Produtos auxiliares:

Adesivo asfáltico PREJUNTER e PLASTIPEGANTE

- Sistema aderido:

As mantas MORTER-PLAS ALUMÍNIO deverão ser totalmente aderidas ao substrato, por intermédio de produtos auxiliares. Em ambientes arejados pode ser utilizado o adesivo asfáltico PREJUNTER ou PLASTIPEGANTE; em locais fechados deve ser utilizado somente o adesivo asfáltico PLASTIPEGANTE.

Nas emendas, as bordas de alumínio serão levantadas 0,5 cm e as mantas serão transpassadas 10 cm no sentido do caimento, aderidas por contato e auto-adesividade.

As bordas de alumínio serão rebaixadas dando um perfeito acabamento.

1.1.6 – ARMAZENAMENTO

Recomenda-se que a manta MORTER-PLAS ALUMÍNIO não permaneça estocada por um prazo excessivamente longo, principalmente em canteiros de obras. Em condições normais de armazenamento as bobinas deverão ser dispostas, horizontalmente, em pilhas de no máximo 3 (três) rolos de altura.

1.1.7 – EMBALAGEM

ROLO - Espessura = 3 mm - Comprimento = 10 m - Largura = 1,10 m

Área total = 11m²

Peso Bruto = ± 45,1kg



Foto 1

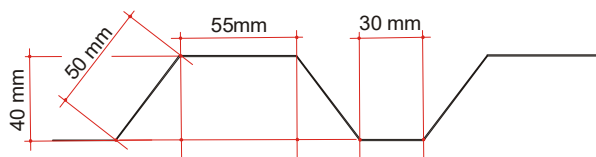
Manta asfáltica, adesivo asfáltico e acessórios para corte.

2 - Telha trapezoidal de alumínio

2.1 - Definição

Telhas de alumínio trapezoidais: são telhas fabricadas a partir de chapas de uma liga de metais com seção transversal similar a uma seqüência de trapézios.

Espessura (mm)	Peso unitário (kg/m)	Peso (kg/m ² útil)		Momento de inércia J(cm ² /m)	Módulo de resistência W(cm ³ /m)
		Recobrimento			
		Simplex (990mm)	Duplo (825mm)		
0,40	1,35	1,36	1,64	10,50	4,90
0,50	1,69	1,70	2,05	13,10	6,10
0,60	2,03	2,05	2,45	15,80	7,40
0,70	2,36	2,39	2,86	18,40	8,60
0,80	2,70	2,73	3,27	21,00	9,80
1,00	3,38	3,41	4,09	26,30	12,30



-Resistência

Produzidas em ligas estruturais de alumínio aliadas ao perfil da telha, permitem obter maior resistência mecânica do material para suportar uma sobrecarga incidental de ventos, num maior espaçamento entre apoios, diminuindo a quantidade de elementos estruturais utilizados, propiciando, conseqüentemente, menor custo por metro quadrado de construção.

Sua elevada resistência mecânica permite o uso de chapas muito finas e econômicas na confecção das telhas. Devida à sua facilidade de conformação, pode-se obter perfis variados e eficientes, com alto desempenho estrutural. Através da conformação em perfiladeiras contínuas, obtêm-se formatos com elevados momentos de inércia e módulos de resistência.

Essas características permitem maior espaçamento entre terças do telhado, com economia de estrutura e elementos de fixação.

As telhas de alumínio são dimensionadas para resistir às maiores cargas de vento prescritas pelas normas brasileiras.

-Durabilidade

O alumínio é um material com excepcional resistência físico-química à ação de agentes atmosféricos. A vida útil e a beleza do alumínio são comprovadas dia a dia, em obras que o utilizaram e principalmente nas localizadas em ambientes agressivos, tais como zonas industriais e orla marítima.

-Refletividade

Devido ao alto brilho do metal, os raios solares são refletidos em maior intensidade, fazendo com que haja um equilíbrio de temperatura de ambiente, tornando o interior do edifício mais agradável e com melhores condições de trabalho.

-Economia

Devido à não-porosidade do material e ao comprimento fabricado de acordo com a necessidade da obra, cobrindo-a do beiral até a cumeeira com uma única peça, consegue-se projetar coberturas com inclinações pequenas e sem sobreposições, diminuindo a quantidade final de telhas, bem como os conjuntos de fixação e os elementos de vedação.

-Leveza

Devido ao baixo peso específico do alumínio ($2,7\text{kg/dm}^3$), as telhas podem ser facilmente transportadas, manuseadas e instaladas, economizando também no frete e mão-de-obra.

Menor carga permanente sobre a estrutura de sustentação.

Maior facilidade de transporte, manuseio e montagem.

-Manutenção

A aplicação correta, seguindo-se as orientações contidas em catálogos fornecidos pelos fabricantes e pelo Depto. Técnico da CBA, elimina mão-de-obra de manutenção no decorrer da vida útil do produto.

2.2 – Composição

Características das telhas				Acabamento	
Liga 5005 Têmpera H19				Liso (comum)	
Propriedades físicas				O acabamento liso é o mais empregado para aplicações gerais e de fechamento lateral.	
Módulo de elasticidade	7.000kgf/mm ²				
Peso específico	2,70 g/cm ³				
Condutividade térmica	0,48 cal/cm x seg x °C				
Propriedades mecânicas				Lavrado Stucco	
Tensão de ruptura (L.R.T)	16 kgf/mm ²			Esse tipo de acabamento é empregado onde o brilho do alumínio precisa ser atenuado, como em edificações próximas a aeroportos	
Tensão de escoamento (L.E.)	14 kgf/mm ²				
Composição química					
Al 97,30	Si 0,40	Fe 0,70	Mn 0,20		
Mg 0,50-1,10	Cu 0,20	Zn 0,25	Outros 0,15		

2.3 – Aplicação e dimensionamento da instalação

As telhas de alumínio são utilizadas na construção de telhados e fechamentos laterais, constituindo-se em elementos estruturais e de acabamento de edificações em geral. Devem ter bordas uniformes, permitindo encaixe com sobreposição exata, e os canais devem ser retilíneos e paralelos às bordas longitudinais.

Flecha	Carga Distribuída (kgf/m ²)	Espessura (mm)		
		0,5		
		Número de vãos		
		1	2	3
L/90	150	1,31	1,31	1,46
	125	1,43	1,43	1,60
	100	1,60	1,60	1,79
	75	1,85	1,85	2,07
	50	2,26	2,26	2,53

3. - Adesivo asfáltico

3.1 - PLASTIPEGANTE

3.1.1 - DEFINIÇÃO

É um adesivo líquido de cor castanha para ser aplicado como pintura, à base de asfalto e elastômeros em emulsão do tipo óleo em água.

3.1.2 - CARACTERÍSTICAS

- Aderência inicial:

De 15 a 20 minutos após a aplicação.

- Elasticidade:

A película aplicada possui uma elasticidade superior a 300%.

- Estabilidade à água:

Após seco, é totalmente estável.

- Estanqueidade ao vapor d'água:

Boa.

- Impermeabilidade:

Total à água.

- Inocuidade:

Inodoro, atóxico e incombustível.

3.1.3 – APLICAÇÕES

Especialmente recomendado para ser usado em ambientes fechados ou com pouca ventilação para:

- Colagem de isopor, eucatex, poliuretano expandido, madeira, pisos plásticos, tapetes e carpetes.

- Colagem de filmes plásticos de P.V.C., poliestireno, polietileno e outros.

- Colagem de mantas asfálticas.

3.1.4 - MODO DE USAR

1º - A superfície de aderência deve estar plana, seca, desengordurada e isenta de impurezas soltas, como pó e areia.

2º- Aplica-se como pintura, com broxa, trincha ou rodo, passando-se uma camada bem fina em ambas as faces a serem unidas.

3º- Deve-se aguardar de 15 a 20 minutos antes de serem unidas às partes para que a película esteja com a máxima pegajosidade.

Em locais pouco arejados que dificultam a evaporação da água, é necessário aguardar no mínimo de 1/2 a 1 hora. Após a junção, apertar bem as duas partes de forma a permitir o perfeito contato das superfícies.

3.1.5 - RENDIMENTO

Semelhante ao de um adesivo de boa qualidade, variando conforme a superfície. Consome aproximadamente de 0,150 a 0,300 kg/m² (cálculo para a aplicação de ambas as faces).

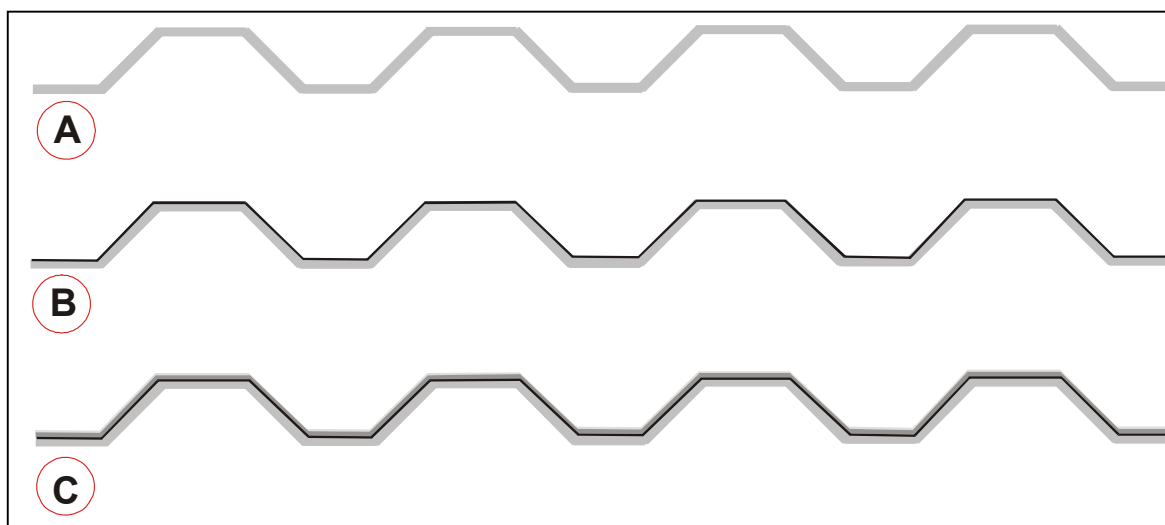
3.1.6 - EMBALAGEM

Galão: 3,6 L - 3,4 kg líquidos

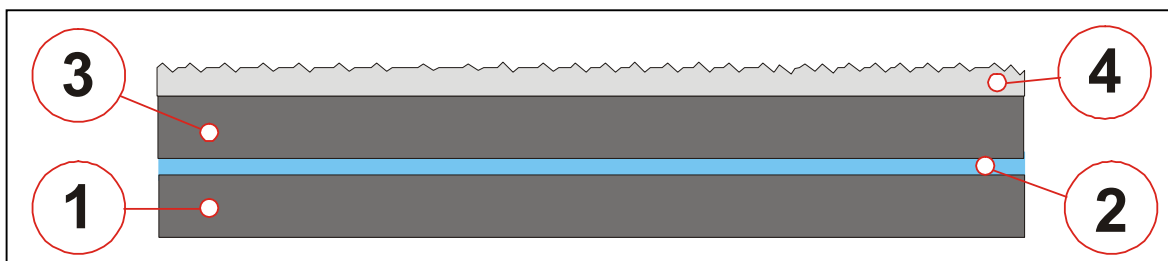
Balde: 18 L - 18 kg líquidos.

Tambor: 200 L - 170 kg líquidos.

4 - Método de instalação do conjunto



- A- Telha trapezoidal de alumínio.
- B- Aplicação por pintura do adesivo asfáltico para íntima ligação entre a manta asfáltica e a telha.
- C- Instalação da manta asfáltica totalmente aderida, no adesivo asfáltico, sobre a telha.



Composição da manta asfáltica autoprotetida por lâmina de alumínio gofrado.

- 1 - Asfalto polimerizado com SBS auto-adesivo
- 2 - Estrutura central em filme de polietileno
- 3 - Asfalto polimerizado com SBS auto-adesivo
- 4 - Lâmina de alumínio gofrado.

Capítulo 2 - Parâmetros de conforto acústico

2.1- Níveis de ruído para conforto acústico

2.2 - Efeito do ruído no organismo

2.3 - Avaliação dos efeitos do ruído sobre o homem

2.3.1 - Efeitos sobre a saúde e bem estar das pessoas

2.3.2 - Efeitos sobre o aparelho auditivo

2.3.3 - Fatores que influem na perda auditiva

2.1- Níveis de ruído para conforto acústico. NBR 10152 (NB-95)

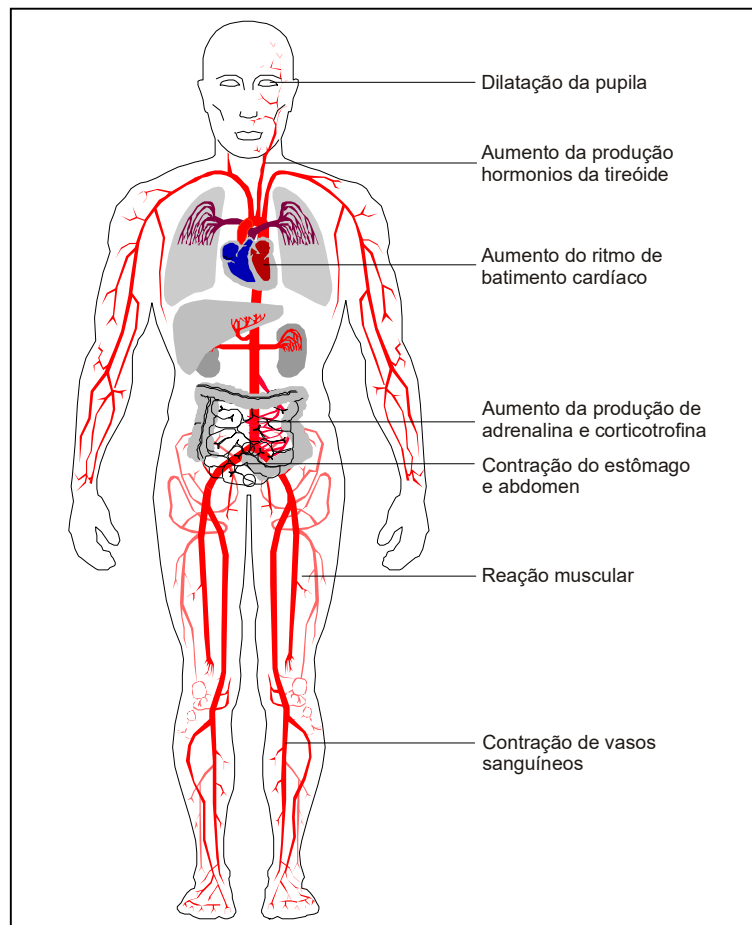
A norma fixa os limites de ruído para cada finalidade do ambiente. Feita de duas formas: pelo nível de ruído encontrado em medição normal (em dB(A)), ou com o uso das curvas NC ou NCB.

Níveis de som para conforto, segundo a NBR 10152

LOCAIS	dB(A)	Curvas NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35 -45	30 -40
Laboratórios, Áreas para uso público	40 - 50	35 -45
Serviços	45 -55	40 -50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 -45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 -50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
Hotéis		
Apartamentos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
Residências		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Auditórios		
Salas de concerto, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de Conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
Igrejas e Templos	40 - 50	35 - 45
Locais para esportes		
Pavilhões fechados para espetáculos e ativ. esportivas	45 - 60	40 - 55

Limite de utilização para várias atividades humanas em função das curvas NCB, estabelecidas por Beranek.

Curva NCB	Tipo de ambiente que pode conter como máximo ruído, os níveis da curva correspondente
10	Estúdios de gravação e de rádio (com uso de microfones à distância)
10 a 15	Sala de concertos, de óperas ou recitais (para ouvintes de baixos níveis sonoros)
20	Grandes auditórios, grandes teatros, grandes igrejas (para médios e grandes intensidades sonoras)
25	Estúdios de rádio, televisão, e de gravação (com uso de microfones próximos e captação direta)
30	Pequenos auditórios, teatros, igrejas, salas de ensaio, grandes salas para reuniões, encontros e conferências (até 50 pessoas), escritórios executivos.
25 a 40	Dormitórios, quartos de dormir, hospitais, residências, apartamentos, hotéis, motéis, etc. (ambientes para o sono, relaxamento e descanso).
30 a 40	Escritórios com privacidade, pequenas salas de conferências, salas de aulas, livrarias, bibliotecas, etc. (ambientes de boas condições de audição).
30 a 40	Salas de vivência, salas de desenho e projeto, salas de residências (ambientes de boas condições de conversação e audição de rádio e televisão).
35 a 45	Grandes escritórios, áreas de recepção, áreas de venda e depósito, salas de café, restaurantes, etc. (para condições de audição moderadamente boas).
40 a 50	Corredores, ambientes de trabalho em laboratórios, salas de engenharia, secretarias (para condições regulares de audição).
45 a 55	Locais de manutenção de lojas, salas de controle, salas de computadores, cozinhas, lavanderias (condições moderadas de audição).
50 a 60	Lojas, garagens, etc. (para condições de comunicações por voz ou telefone apenas aceitáveis). Níveis acima de NCB – 60 não são recomendadas para qualquer ambiente que exija comunicação humana.
55 a 70	Para áreas de trabalho onde não se exija comunicação oral ou por telefone, não havendo risco de dano auditivo.



2.2 - Efeito do ruído no organismo humano

2.3 - Avaliação dos Efeitos do Ruído sobre o Homem

Nos últimos anos, os altos níveis de ruído se transformaram em uma das formas de poluição que atinge maior número de pessoas.

Costuma-se dividir os efeitos do ruído sobre o homem em duas partes: Os que atuam sobre a **saúde e bem estar** das pessoas e os **efeitos sobre a audição**.

2.3.1 - Efeitos sobre a saúde e bem estar das pessoas

Quando uma pessoa é submetida a altos níveis de ruído, existe a reação de todo o organismo a esse estímulo.

As alterações na **resposta vegetativa** (involuntária ou inconsciente) são :

Principais alterações **fisiológicas reversíveis**

- Dilatação das pupilas
- Hipertensão sangüínea
- Mudanças gastro-intestinais
- Reação da musculatura do esqueleto
- Vaso-constricção das veias

Principais mudanças **bioquímicas**

- Mudanças na produção de cortisona
- Mudanças na produção de hormônio da tiróide
- Mudança na produção de adrenalina
- Fracionamento dos lipídios do sangue
- Mudança na glicose sangüínea
- Mudança na proteína do sangue

Os efeitos **cardio-vasculares**

- Aumento do nível de pressão sangüínea sistólico
- Aumento do nível de pressão sangüínea diastólico
- Hipertensão arterial

Quanto ao bem **estar das pessoas**, o ruído pode ser analisado de várias formas :

Exposição ao ruído **no ambiente comunitário**

- Níveis mais baixos que os ocupacionais
- Alto grau de incômodo - fator adicional de estresse
- Em ensaios com 1.000 pessoas as pessoas submetidas a níveis maiores que 70 - dB(A), houve alto índice de hipertensão arterial, grupo mais suscetível as pessoas entre 29 e 39 anos.

Efeito do ruído **durante o sono**

- Os efeitos dependem do estímulo sonoro, sua intensidade, da largura banda, duração, freqüência, como também da idade da pessoa.
- Como efeitos primários ocorrem : aumento da freqüência cardíaca, vasoconstricção periférica, movimentação do corpo.

- Com o aumento do nível de ruído, nota-se que acima de 39 dB(A) há uma diminuição do sono;
- Como efeitos secundários ocorrem: mudança na disposição, mudança no rendimento, perda da eficiência, queda de atenção, aumento do risco de acidentes.

Quanto aos **efeitos sociológicos**

Em relação à **reação da comunidade** :

- Irritação geral e incômodo
- Perturbação na comunicação conversação, telefone, rádio, televisão
- Prejudica o repouso e o relaxamento dentro e fora da residência
- Perturbação do sono
- Prejudica a concentração e performance
- Sensação de vibração
- Associação do medo e ansiedade
- Mudança na conduta social

Tipos de **reação das pessoas** :

- Longo tempo de exposição **não** habitua ao incômodo
- Conforme o tipo do ruído o grau do incômodo é diferente
- Conforme a sensibilidade, o grau de incômodo difere para vários tipos de ruído.

2.3.2 - Efeitos sobre o aparelho auditivo

Os efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo são os únicos reconhecidos pela legislação brasileira, e podem ser divididos em 3 fases :

mudança temporária do limiar auditivo (TTS): é um efeito a curto prazo que representa uma mudança da sensibilidade da audição, dependendo da suscetibilidade individual, do tempo de exposição, da intensidade do ruído. Essa queda do limiar retorna gradualmente ao normal depois de cessada a exposição. Eis alguns dados sobre o TTS :

- Os ruído de alta frequência produzem mais TTS;
- A banda de 2.000 a 6.000 Hz produzem mais TTS;
- Para a maioria das pessoas, os níveis acima de 60 a 80dB(A) provocam mudança no limiar auditivo;
- A recuperação dos limiares normais se dá proporcional ao logaritmo do tempo;
- A maior parte do TTS se recupera nas primeiras 2 ou 3 horas.

mudança permanente do limiar auditivo : é decorrente de um acúmulo de exposições ao ruído. Inicia-se com zumbido, cefaléia, fadiga e tontura. A seguir o indivíduo tem dificuldade em escutar os sons agudos como, o tique-taque do relógio, as últimas palavras de uma conversação, o barulho da chuva, além de confundir os sons em ambientes ruidosos. Numa última fase, o déficit auditivo interfere diretamente na comunicação oral, tornando-a difícil ou praticamente impossível. Pode aparecer também um zumbido permanente que piora as condições auditivas e perturba o repouso. Alguns autores afirmam que a mudança permanente do limiar auditivo é o resultado de repetidas mudanças temporárias de limiar.

trauma acústico : é definido como uma perda súbita da audição, decorrente de uma única exposição ao ruído muito intenso. Geralmente aparece o zumbido, podendo haver o rompimento da membrana timpânica.

2.3.3 - Fatores que influem na perda auditiva

São 4 os fatores que contribuem para a perda auditiva :

- O nível de intensidade sonora NIS;
- O tempo de exposição;
- A frequência do ruído;
- A susceptividade individual.

Os 3 primeiros itens são conhecidos e fáceis de se medir. O 4º item (susceptividade individual) é bastante interessante, pois indivíduos que se encontram num mesmo local ruidoso podem reagir de maneiras diferentes: alguns são extremamente sensíveis ao ruído, enquanto outros parecem não ser atingidos pelo mesmo.

Capítulo 3 - Ensaio laboratorial

- 3.1 - Câmara de medição e estrutura auxiliar - fotos e descrições
- 3.2 - Equipamentos de medição - fotos e descrições
- 3.3 - Descrição do ensaio e fórmula
- 3.4 - Montagem dos materiais - fotos e descrições
- 3.5 - Gráfico comparativo - chuva natural e chuva artificial
- 3.6 - Dados do ensaio, nível de potência sonora e tabela final comparativa
- 3.7 - Tabela comparativa entre materiais diversos

3.1 - Câmara de medição e estrutura auxiliar - fotos e descrições



Foto 1

Estrutura metálica com sistema de tubos de PVC – alinhados e paralelos – perfurados com 100 furos de 1 mm – acima do telhado – 3,5 metros de altura sob compartimento com área de telhado de 15,97m², piso de 12m², volume de 38,5 m³ e um total de superfícies de 73,5 m².



Foto 2

Para promover a chuva artificial – 2 reservatórios com capacidade de 500 Litros de água, cada. Pressão da bomba de 80 Kpa para uma chuva artificial de aproximados 80mm/h.

3.2 - Equipamentos de medição - fotos e descrições



Foto 1
Equipamento Analisador sonoro



Foto 2
Microfone

Foram usados os seguintes equipamentos de medição:

- a)- **Analizador Sonoro** - Norsonic 840, Número de Patrimônio 36232;
Certificado de Calibração: INMETRO DIMCI 1324/2003 de 12/09/2003;
calibração válida até 12/09/2005.

- b)- **Microfone** - Brüel & Kjaer Tipo 4166, Número de Série 1201247;
Certificado de Calibração: INMETRO DIMCI 1282/2003; de 04/09/2003;
calibração válida até 04/09/2005.

- c)- **Pré-amplificador** - Brüel & Kjaer Tipo 2939, Número de Série 1606145;
Certificado de Calibração: INMETRO DIMCI 1338/2003; de 05/09/2003;
calibração válida até 05/09/2005.

- d)- **Calibrador Acústico** - Brüel & Kjaer Tipo 4230, Número de Série 753471;
Certificado de Calibração, INMETRO DIMCI 1284/2003 de 08/09/2003;
calibração válida até 08/09/2005.

- e)- **Amplificador de Potência** - Brüel & Kjaer Tipo 2706, Número de Patrimônio 34279.

3.3 - Descrição do ensaio e fórmula

Determinação dos níveis de ruído provocado pelo impacto de chuva em telhados, níveis esses determinados pelo parâmetro *Nível de Potência Sonora do Ruído de Impacto de Chuva por Área de Telhado*, conforme método desenvolvido pelo IPT. Este ensaio fornece somente dados comparativos, ou seja, o desempenho acústico de um material relativo a outro material.

Fórmula

$$L_R = \bar{L}_P - 10 \log_{10} \frac{T}{T_0} + 10 \log_{10} \frac{V}{V_0} + 10 \log_{10} \left(1 + \frac{S\lambda}{8V}\right) + 10 \log_{10} \left(1 + \frac{B}{1000}\right) - 14 - 10 \log_{10} \left(\frac{S_R}{S_0}\right)$$

L_R = Nível de potência sonora por m² de telha.

\bar{L}_P = Média espacial e temporal do nível de pressão sonora dentro da câmara.

$-10 \log_{10} \frac{T}{T_0}$ = Parâmetro para corrigir o efeito do tempo de reverberação.

$10 \log_{10} \frac{V}{V_0}$ = Parâmetro para corrigir o efeito do volume da câmara.

$10 \log_{10} \left(1 + \frac{S\lambda}{8V}\right)$ = Termo de correção da absorção sonora do ar.

$10 \log_{10} \left(1 + \frac{B}{1000}\right)$ = Termo de correção da pressão atmosférica.

$10 \log_{10} \left(\frac{S_R}{S_0}\right)$ = Termo de correção para a área do telhado.

Onde: T_0 = Tempo inicial - referência (= 1s); V_0 = volume inicial - referência (= 1m³)
 S_0 = área – referência (= 1m²); λ = 1/3 oitava (m);
 B = Pressão atmosférica em milibar

3.4 - Montagem dos materiais - fotos e descrições



Foto 1

Instalação das telhas trapezoidais de alumínio



Foto 2

Fixação dos grampos e aperto final



Foto 3
Vista lateral com as telhas instaladas



Foto 4
Vista geral do conjunto de telhas e estrutura para a realização do ensaio



Foto 5

Pintura do adesivo asfáltico para a instalação da manta asfáltica



Foto 6

Instalação da manta asfáltica



Foto 7

Continuação da instalação da manta asfáltica

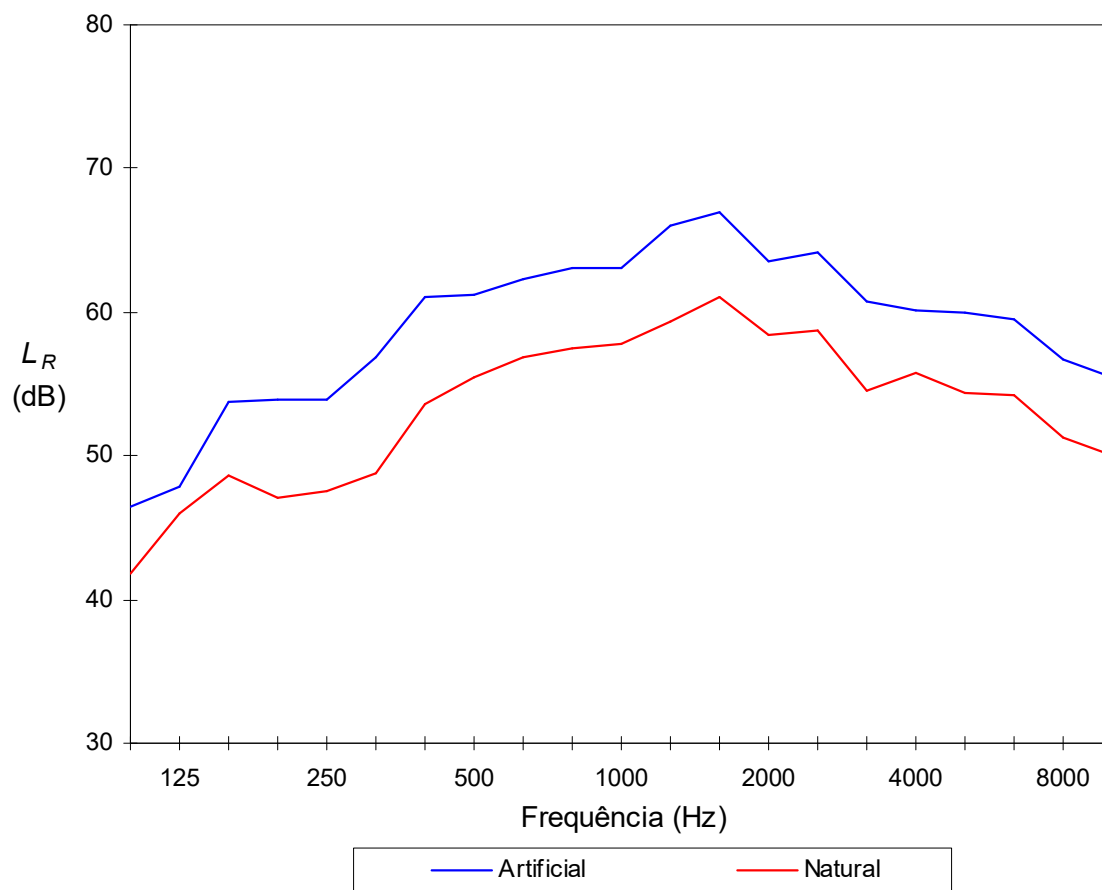


Foto 8

Vista geral da manta totalmente instalada sobre as telhas

3.5 - Gráfico comparativo: chuva natural e chuva artificial

Este gráfico exemplifica a validade da utilização da chuva gerada artificialmente, por meio da semelhança entre os espectros do ruído gerado pelas chuvas artificial e natural.



3.6 – Resultados dos ensaios.



Foto 1

Chuva artificial sobre as telhas trapezoidais de alumínio



Foto 2

Chuva artificial sobre o conjunto de telhas com as mantas

Resultado do ensaio - Telha de alumínio

Ruído de chuva

Frequência	Lr	Lp(corr)	Lp	T	lambda	Whcorr
100	46,3	56,2	56,7	2,8	3,45	2,5
125	47,4	58,0	59,2	3,0	2,76	2,1
160	53,3	61,6	61,7	1,6	2,16	1,7
200	53,6	63,5	63,6	2,2	1,73	1,4
250	53,5	64,4	64,5	2,6	1,38	1,2
315	56,6	67,3	67,4	2,3	1,10	1,0
400	60,7	70,8	70,8	2,0	0,86	0,8
500	60,6	70,4	70,4	1,7	0,69	0,6
630	61,7	71,6	71,6	1,7	0,55	0,5
800	62,5	72,8	72,8	1,9	0,43	0,4
1000	62,7	73,7	73,7	2,2	0,35	0,3
1250	65,6	76,4	76,4	2,0	0,28	0,3
1600	66,5	77,2	77,2	2,0	0,22	0,2
2000	63,0	73,8	73,8	2,0	0,17	0,2
2500	63,6	74,2	74,2	1,9	0,14	0,1
3150	60,2	71,0	71,0	2,0	0,11	0,1
4000	59,4	70,1	70,1	1,9	0,09	0,1
5000	59,4	69,6	69,6	1,7	0,07	0,1
6300	58,8	68,3	68,3	1,4	0,05	0,1
8000	56,0	64,9	64,9	1,2	0,04	0,0
10000	54,9	63,0	63,0	1,0	0,03	0,0
A	74,1					

Ruído de fundo

Frequência	L
100	47,1
125	53,0
160	44,8
200	46,2
250	48,6
315	45,4
400	44,6
500	44,2
630	42,8
800	40,2
1000	38,0
1250	35,1
1600	34,2
2000	32,1
2500	27,7
3150	25,6
4000	24,3
5000	22,2
6300	20,5
8000	18,8
10000	17,5

Lp: média logarítmica dos níveis equivalentes de pressão sonora no interior da casa (4 pontos).

Lp(corr): média logarítmica dos níveis equivalentes de pressão sonora corrigidos pelos níveis equivalentes de ruído de fundo.

T: média aritmética dos tempos de reverberação no interior da sala (4 pontos).

lambda e Wcorr: referente aos outros parâmetros da fórmula.

Resultado do ensaio - Telha de alumínio + manta Texsa

Ruído de chuva

Frequência	Lr	Lp(corr)	Lp	T	lambda	Whcorr
100	40,7	49,7	50,2	2,3	3,45	2,5
125	43,2	52,4	53,6	2,2	2,76	2,1
160	44,6	53,8	54,2	2,0	2,16	1,7
200	43,8	55,2	55,4	3,1	1,73	1,4
250	44,2	56,2	56,3	3,3	1,38	1,2
315	45,1	56,9	57,0	3,1	1,10	1,0
400	46,9	57,7	57,8	2,3	0,86	0,8
500	48,4	58,5	58,6	1,9	0,69	0,6
630	49,4	59,3	59,4	1,8	0,55	0,5
800	50,0	60,4	60,4	1,9	0,43	0,4
1000	50,7	60,8	60,8	1,8	0,35	0,3
1250	49,7	60,3	60,3	2,0	0,28	0,3
1600	48,7	59,3	59,3	1,9	0,22	0,2
2000	47,3	57,9	57,9	1,9	0,17	0,2
2500	46,7	57,1	57,1	1,8	0,14	0,1
3150	44,9	55,3	55,3	1,8	0,11	0,1
4000	43,1	53,3	53,3	1,7	0,09	0,1
5000	40,7	50,8	50,8	1,7	0,07	0,1
6300	38,9	48,2	48,2	1,4	0,05	0,1
8000	36,9	45,6	45,6	1,2	0,04	0,0
10000	34,4	42,4	42,4	1,0	0,03	0,0
A	58,7					

Ruído de Fundo

Frequência	L
100	40,5
125	47,3
160	43,6
200	41,9
250	40,1
315	39,2
400	38,3
500	39,0
630	37,4
800	34,3
1000	32,6
1250	29,8
1600	28,2
2000	27,4
2500	24,3
3150	23,9
4000	23,2
5000	21,2
6300	19,7
8000	19,0
10000	18,4

3.7 - Tabela final

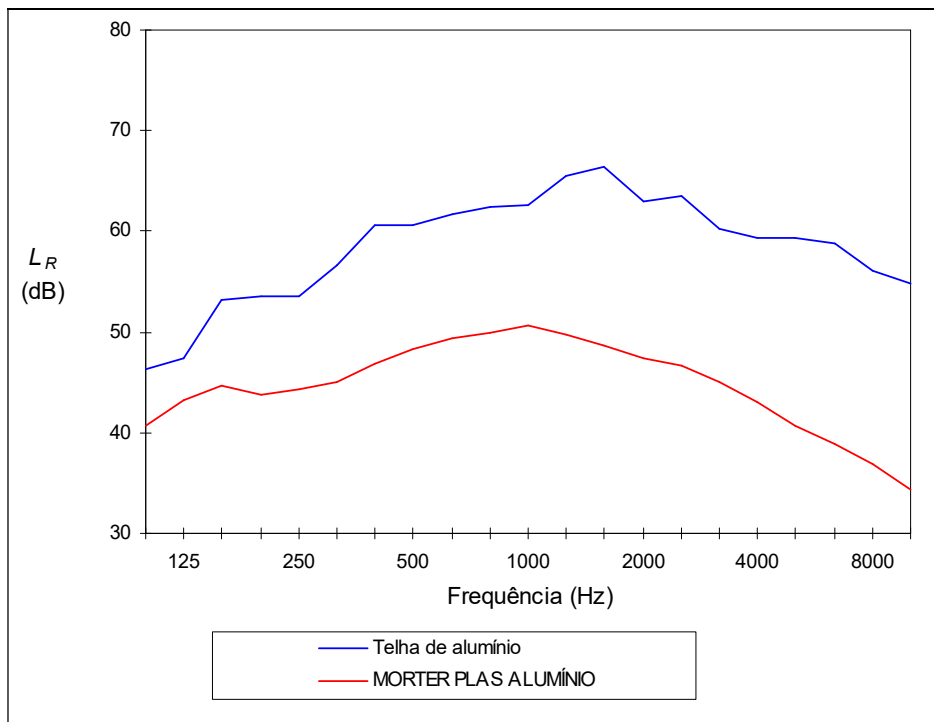
Valores de L_R para telha de alumínio e telha de alumínio com a manta aplicada

Redução do Nível Ponderado de Potência
Sonora de Impacto Chuva por Área ponderado
em A, $L_{R,A}$: **15 dB**

Frequência (Hz)	L_R (em dB, re 1pW)	
	Telha de alumínio	Telha + Manta Morter Plas alumínio
100	46	41
125	47	43
160	53	45
200	54	44
250	54	44
315	57	45
400	61	47
500	61	48
630	62	49
800	63	50
1000	63	51
1250	66	50
1600	67	49
2000	63	47
2500	64	47
3150	60	45
4000	59	43
5000	60	41
6300	59	39
8000	56	37
10000	55	34
$L_{R,A}$	74	59

3.8 - Gráfico final

Valores de L_R para telha de alumínio e telha de alumínio com a manta aplicada



3.9 - Nível de potência sonora emitida pelo telhado

Para a telha de alumínio:

$$NWS_{1m^2} = 74 \text{ dB por } m^2$$

Cálculo para: 15,97 m²

$$NWS_{15,97m^2} = NWS_{1m^2} + 10 \log_{10} (S)$$

$$NWS_{15,97m^2} = NWS_{1m^2} + 10 \log_{10} (15,97)$$

$$NWS_{15,97m^2} = 74 \text{ dB} + 12 \text{ dB} = 86 \text{ dB}$$

$$\mathbf{NWS_{15,97m^2} = 86 \text{ dB}}$$

Para a telha de alumínio com a manta instalada:

$$NWS_{1m^2} = 59 \text{ dB por } m^2$$

Cálculo para: 15,97 m²

$$NWS_{15,97m^2} = NWS_{1m^2} + 10 \log_{10} (S)$$

$$NWS_{15,97m^2} = NWS_{1m^2} + 10 \log_{10} (15,97)$$

$$NWS_{15,97m^2} = 59 \text{ dB} + 12 \text{ dB} = 71 \text{ dB}$$

$$\mathbf{NWS_{15,97m^2} = 71 \text{ dB}}$$

3.10 - Nível de pressão sonora no local

Dados:

$\bar{\alpha} \cong 0,1$ (superfície interna do local com baixa absorção)

$S = 73.5 \text{ m}^2$ (Área interna do Local)

Constante da Sala

$$R = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} = \frac{73.5 \times 0,1}{0,9} \cong 8,16$$

$$\left(\frac{4}{R}\right) = \frac{4}{8,16} = 0,49$$

Correção devida à absorção interna da sala

$$10 \log_{10}\left(\frac{4}{R}\right) = 10 \log_{10}(0,49) = -3,1 \text{ dB}$$

Cálculo do Campo Reverberante na Sala

Nível de pressão sonora no local - Telha de alumínio:

$$NPS = NWS - 0,30 \text{ dB} = 86 - 3,1 = 82,9 \text{ dB}$$

Nível de pressão sonora no local - Telha de alumínio com a manta instalada:

$$NPS = NWS - 0,30 \text{ dB} = 71 - 3,1 = 67,9 \text{ dB}$$

$\bar{\alpha}$ = coeficiente de absorção.

S = área total das superfícies.

3.11 - Tabela comparativa

Na tabela são apresentados, de forma comparativa, os valores dos níveis ponderados de potência sonora de ruído de impacto de chuva por área de telhado com o uso de diferentes tipos de materiais.

Material	L_{RA}
Telha trapezoidal alumínio	74 dB
Telha plástica	63,4 dB
Telha trapezoidal alumínio + manta asfáltica autoprottegida por lâmina de alumínio gofrado	59 dB
Telha cerâmica	55,1 dB

Capítulo 4 – Conclusão

4.1 - Considerações finais

4.2 - Fotos de obra executada – exemplo

4.1 - Considerações finais

A experiência adquirida no desenvolvimento da dissertação possibilitou, de um modo particular, tratar a questão do conforto acústico proporcionado por um material que vem sendo utilizado, sem um parâmetro mínimo ou algum condicionante que realmente o indique para este uso. Durante o trabalho me deparei com as diversas variáveis que tendem a dificultar o processo, dentre as quais a espera ansiosa por um ensaio laboratorial e a dificuldade de acesso à bibliografia sobre o assunto, em face de não haver trabalhos no campo do tema escolhido.

O resultado positivo do ensaio comprovou a eficiência das mantas asfálticas, autoprotetidas por lâmina de alumínio gofrado, instaladas sobre telhas metálicas, como um material capaz de promover um conforto acústico pelo amortecimento e a redução do ruído provocado pelo impacto das águas das chuvas e pela redução do ruído provocado pela vibração, das telhas, devido a um aumento de massa do conjunto.

Tabelas comparativas foram apresentadas para ilustrar e comparar a eficiência do material com outros usualmente utilizados e conhecidos na construção civil, novamente, o resultado foi surpreendente.

Espero, com a finalização deste trabalho, poder despertar a curiosidade de diversos profissionais para a busca de soluções alternativas, com criatividade, bom senso e acompanhamento laboratorial, para que os diversos materiais existentes, realmente, tenham embasamentos técnicos, que proporcionem informações para o desenvolvimento de um projeto desde a sua elaboração.

Assim sendo, acredito que o conhecimento e a informação obtidos neste trabalho possa potencializar a pesquisa aqui apresentada e que, o mesmo, poderá movimentar outras mentes e acionar novas idéias.

4.2 - Fotos de obra executada – exemplo



Foto 1
Instalação das mantas

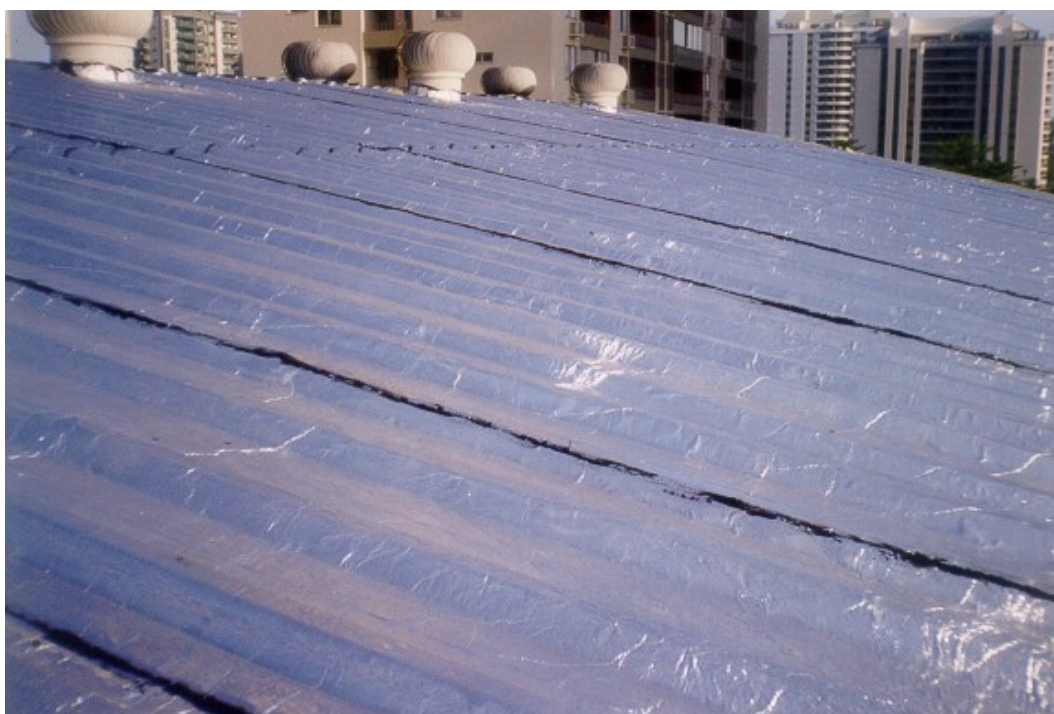


Foto 2
Mantas instaladas



Foto 3
Vista aérea da obra entregue.
Outubro 2002

Obs.: Por ocasião da especificação e execução da obra, não se tinha dados de ensaios laboratoriais sobre a eficiência do material e nem tampouco foi prevista uma medição comparativa, para verificação, do conforto acústico que seria proporcionado pelas mantas asfálticas autoprotegidas por lâmina de alumínio gofrado; mesmo assim o cliente ficou satisfeito com o resultado final.

FACULDADE ESTÁCIO DE SÁ.
Av. Prefeito Dulcídio Cardoso, nº 1.900
Barra da Tijuca - RJ

Anexos

Cronograma da dissertação

Embasamento técnico

Ensaio IPT - documento e orçamento

Normas

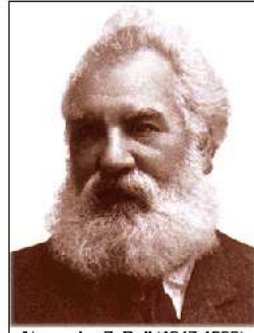
CRONOGRAMA

Eventos	2002												2003												2004		
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	
1 Levantamento Bibliográfico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
2 Preparação textual										■	■	■	■	■	■	■	■										
3 Início pesquisa para ensaio lab.IPT																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
4 Ensaio lab.IPT																										■	
5 Compilação dos dados, revisão final e defesa da dissertação.																										■	■

Embasamento técnico

Nível de pressão sonora – O decibel (dB)

O nome "Escala em decibel" foi dado em homenagem ao fonoaudiólogo e inventor do telefone, Alexander Graham Bell (1847-1922). Os estudos de Bell foram fundamentais para que hoje pudéssemos medir e controlar sons e ruídos.



O ouvido humano responde a uma larga faixa de intensidade acústica, desde o limiar da audição até o limiar da dor. Por exemplo, a 1000Hz a intensidade acústica é capaz de causar a sensação de audição. É visível a dificuldade de se expressar em números de ordem de grandeza tão diferentes numa mesma escala linear, portanto usa-se a escala logarítmica. Um valor de divisão adequado a esta escala seria $\log 10$, sendo que a razão das intensidades do exemplo acima seria representada por $\log 10^{14}$, ou 14 divisões de escala.

Portanto, um decibel corresponde a $10^{0,1} = 1,26$, ou seja, é igual a variação na intensidade de 1,26 vezes. Uma mudança de 3 dB corresponde a $10^{0,3} = 2$, ou seja, dobrando-se a intensidade sonora resulta em um acréscimo de 3 dB.

O nível de intensidade acústica NI é dado por: $NI = 10 \log \frac{I}{I_0}$

Onde: I é a intensidade acústica em Watt/m²

I_0 é a intensidade de referência = 10^{-12} Watt/m²

I_0 corresponde, aproximadamente, a intensidade de um tom de 1000 Hz

que é levemente audível pelo ouvido humano normal

Nível em dB	Comentários	Potência sonora* (em watts)
0 dB	Início da percepção dos sons. Obs.: Sons de 0 dB só podem se percebidos em ambientes extremamente silenciosos por pessoas com ótima audição.	10 elevado a -16
20 dB	Movimento de folhagens próximas (sob brisa suave). Gravetos que se partem sob os pés. Obs.: Recomendado para o sono.	10 elevado a -14
40 dB	Murmúrio ou cochicho ao pé do ouvido. Limite para salas de hospitais. Obs.: Acima do aceitável para um sono tranqüilo.	10a -12
60 dB	Conversação normal entre pessoas próximas. Obs.: Por tempo prolongado, gera início de excitação do sistema nervoso e aumento da vigília e agitação.	10 elevado a -10
80 dB	Grito de uma pessoa próxima a nós. Avenida com tráfego intenso. Obs.: Estresse ou sensação de excitação aumentada (alterações bioquímicas do funcionamento do corpo).	10 elevado a -8
90 dB	Aspirador de pó ou liquidificador ao nosso lado. Serra elétrica a 5 metros de distância. Nível médio de som em discotecas e bailes de jovens. Obs.: Estressante e bastante excitante podendo levar ao prazer e à dependência.	10 elevado a -7
100 dB	Discotecas e bailes de jovens. Fone de ouvido em alto volume; buzina de carro a 10 metros de distância. Obs.: Para não provocar a surdez esse nível só pode ser suportado, no máximo, por 15 minutos durante todo o dia.	10 elevado a -6
110 dB	Sirene de ambulância a um metro de distância. Martelo e britadeira pneumáticos a 10 metros de distância.	10 elevado a -5
120 dB	Broca pneumática; relâmpago/trovão a poucos metros de distância. Obs.: Limite entre a dor e a sensação sonora para uma pessoa com boa audição.	10 elevado a -4
130 dB	Decolagem de avião a jato (do lado de fora da pista a 5 metros de distância).	10 elevado a -3
140 dB	Explosão de uma bomba (nas proximidades). Obs.: Risco de ruptura do tímpano.	10 elevado a -2

Tabela - Valor em decibel para alguns sons típicos

Reverberação e Tempo de Reverberação.

Quando um som é gerado dentro de um ambiente escuta-se primeiramente o som direto e, em seguida, o som refletido. No caso em que essas sensações se sobrepõem, confundindo o som direto e o refletido, teremos a impressão de uma audição mais prolongada. A esse fenômeno se dá o nome de reverberação.

Define-se como tempo de reverberação o tempo necessário para que, depois de cessada a fonte, a intensidade do som se reduza de 60 dB. Se as paredes do local forem muito absorventes (pouco reflexivas), o tempo de reverberação será muito pequeno, caso contrário ocorrerão muitas reflexões e o tempo de reverberação será grande.

O Ruído

A definição de ruído é um tanto ambígua. De um modo geral pode ser definida como um som indesejável. Assim vamos apresentar duas definições para o ruído :

Definição Subjetiva : *Ruído é toda sensação auditiva desagradável ou insalubre.*

Definição Física : *Ruído é todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos.*

Fisicamente falando, o ruído é um som de grande complexibilidade, resultante da superposição desarmônica de sons provenientes de várias fontes. Seu espectro sempre será uma confusa composição de harmônicas sem qualquer classificação ou ordem de composição. Normalmente seu espectro é de banda larga (de freqüências), compacto e uniforme, sendo comum aparecer uma maior predominância de uma faixa de freqüências (graves, médias ou agudas).

Nas últimas décadas os ruídos se transformaram em uma das formas de poluição que afeta a maior quantidade de pessoas. A partir de 1989 a Organização Mundial da Saúde já passou a tratar o ruído como problema de saúde pública

Ruído de fundo

Média dos níveis mínimos de ruído de um local, sem a presença de uma fonte específica de ruído. Também chamado de ruído ambiente.

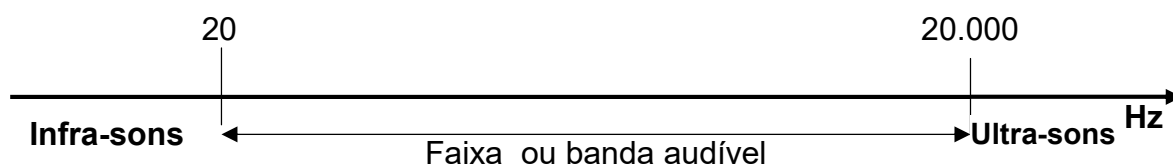
Freqüência

Freqüência (f) é a número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. Para uma onda sonora em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo. Chamando de (l) o comprimento de onda do som e (V) a velocidade de propagação da onda, pode-se escrever :

$$V = l \cdot f$$

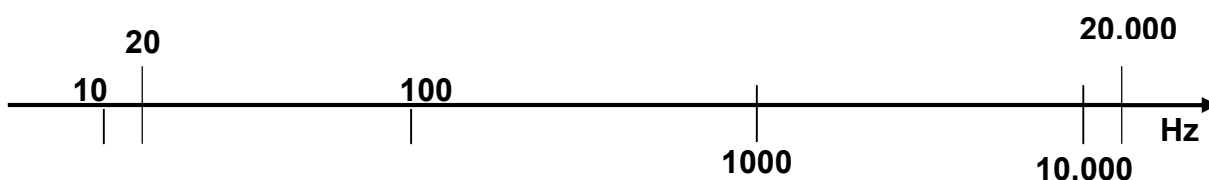
A unidade de freqüência (**SI**) é ciclos por segundo, ou **Hertz (Hz)**. Portanto, um som de 32 Hz tem uma onda de 10,63 m e, um som de 20.000 Hz tem um comprimento de onda de 1,7 cm (fig. 2.1).

O nosso ouvido é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infra-sons e os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultra-sons. Esta faixa de freqüências entre 20 e 20kHz é definida como faixa audível de freqüências ou banda audível.



Faixa audível de freqüências

Dentro da faixa audível, verificamos que o ouvido percebe as freqüências de uma maneira não linear. Experiências demonstram que o ouvido humano obedece a **Lei de Weber** de estímulo/sensação, ou seja, as sensações como cor, som, odor, dor, etc., variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem.



Sensação da audição das freqüências do som

Atualmente, usamos como freqüência de referência (padronizada pelo SI), o valor de 1000 Hz, ficando as oitavas com freqüência central em 500, 250, 125, 62,5, 31,25, e 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 Hz.

As freqüências audíveis são divididas em 3 faixas :

- Baixas freqüências ou sons graves as 4 oitavas de menor freqüência, ou seja, 31,25 , 62,5 125 e 250 Hz.
- Médias freqüências ou sons médios as três oitavas centrais, ou seja, 500, 1000 e 2000 Hz.
- Altas freqüências ou sons agudos as três oitavas de maior freqüência, ou seja, 4.000, 8.000 e 16.000 Hz.

Nível de Potência Sonora

Uma importante propriedade de qualquer fonte é a potência sonora W ou energia acústica total emitida pela mesma na unidade de tempo. A potência sonora é apenas dependente da própria fonte e independente do meio onde ela se encontra. Por exemplo, se o nível de pressão sonora **NPS** de uma máquina for medido em determinado ambiente, quando essa máquina for levada a um outro ambiente (do campo livre para uma pequena sala), a pressão acústica provavelmente mudará bastante, mas a potência sonora W permanecerá inalterada. O ambiente exerce influência na pressão acústica pela introdução de absorção e reflexões.

É, portanto, importante à medição da potência sonora emitida por qualquer máquina. A partir dos dados obtidos é possível calcular a pressão acústica em qualquer ambiente de tamanho, forma e absorção das paredes conhecidos.

A intensidade acústica I é a energia W passando por uma área S por unidade de tempo para fonte onidirecional, ou seja:

$$I = \frac{W}{S}$$

As escalas para quantificação de intensidade acústica e de pressão sonora foram descritas em forma logarítmica; a potência sonora é também quantificada da mesma forma. Assim, o nível de potência sonora NWS é dado por:

$$NWS = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} + \frac{S}{1}$$

$$NWS = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} + 10 \log_{10} S$$

$$NWS = NPS + 10 \log_{10} S$$

TEXSA BRASILEIRA LTDA.
Av. Monte Castelo, 1524 - Jardim Gramacho
25055-120 - Duque de Caxias RJ
texsa@texsa.com.br

At.: Arquiteto Jefferson Villela Ferreira

Referência: Contato telefônico no dia 24/03/2003
Em atenção à sua solicitação, referente à realização de ensaios acústicos, fornecemos, abaixo, o orçamento para ensaios de ruído de chuva em telhados.

1 ENSAIO

Determinação dos níveis de ruído provocado pelo impacto de chuva em telhados, níveis esses determinados pelo parâmetro *Nível de Potência Sonora do Ruído de Impacto de Chuva por Área de Telhado*, conforme método desenvolvido pelo IPT.

Este ensaio fornece somente dados comparativos, ou seja, o desempenho acústico de um material relativo a outro material.

2 PREÇO

O preço para a realização das medições com dois materiais, conforme citado acima, e emissão do correspondente relatório é de R\$ 1030,00. O preço para cada material adicional é de R\$ 300,00.

3 QUANTIDADE DE MATERIAL

O suficiente para formar um retângulo com dimensões de, pelo menos, 4,50 m de comprimento por 3,55 m de largura, sobre um protótipo de edificação já existente.

4 ENTREGA DE MATERIAL

- Local de Entrega: Prédio 25, aos cuidados de Marcelo de Godoy ou Paulo Carnio.
- A entrega do material poderá ser feita: pessoalmente ou por transportadora. Nesse caso, no conhecimento de transporte deverá constar "frete pago".
- O material deve vir acompanhado de nota fiscal de simples remessa que será recebida pelo Setor de Recepção de Materiais (Prédio 19, telefones 3767-4113 ou 3767-4268) antes da entrega do material no Laboratório.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária – Butantã – 05508-901 - São Paulo SP
ou Caixa Postal 0141 - 01064970 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3767-4000 - www.ipt.br
Serviço de Atendimento ao Cliente
SAC - Tel: (11) 3767-4126, 3767-4456 e 3767-4744 - Fax: (11) 3767-4002 - sac@ipt.br

A nota fiscal deverá ser emitida em nome do:

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT
Laboratório de Acústica – Prédio 25 – Telefone (11) 3767-4555
Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Cidade Universitária
CEP: 05508-901 - São Paulo - SP
CGC: 60.633.674/0001-55 - IE: 105.933.432-110

- As despesas e providências com transporte, seguro e embalagem do material são de responsabilidade do Cliente.
- O material deverá ser retirado no prazo máximo de um mês (com exceção das contra-provas), após a execução do serviço. Caso contrário o mesmo será descartado ou devolvido (quando se tratar de material tóxico) por transportadora, com frete a cobrar.

5 PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS

- O início dos trabalhos dar-se-á após o recebimento da aceitação deste orçamento.
- A montagem das amostras será de responsabilidade do cliente.
- O início da montagem da amostra será marcado em comum acordo com o Cliente. O protótipo ficará a disposição do cliente por um período de 15 dias para a montagem da amostra, a qual, não sendo feita nesse período, terá seu início reprogramado.
- A data da realização do ensaio será marcada após o término da montagem da amostra.
- O prazo previsto para entrega do Relatório Técnico é de trinta dias contados a partir do término das medições.

6 RESPONSABILIDADES DO CLIENTE

- O cliente deverá montar, sob suas expensas (materiais, mão-de-obra, transporte de componentes, etc.), a amostra necessária à execução do ensaio;
- A desmontagem da amostra, se necessária, também será de responsabilidade do cliente. Caso que seja feita a desmontagem, caberá ao cliente remontar a cobertura pré-existente;
- Para a elaboração do relatório técnico, o cliente deverá fornecer uma descrição e/ou desenho com detalhes construtivos da amostra.

7 CONDIÇÕES DE PAGAMENTO: a vista contra entrega do relatório.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária – Butantã – 05508-901 - São Paulo SP
ou Caixa Postal 0141 - 01064970 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3767-4000 - www.ipt.br
Serviço de Atendimento ao Cliente
SAC - Tel: (11) 3767-4126, 3767-4456 e 3767-4744 - Fax: (11) 3767-4002 - sac@ipt.br

8 APROVAÇÃO DO ORÇAMENTO

A aprovação do orçamento deverá ser feita formalmente através de fax, carta, e-mail, etc., da qual deverão constar as seguintes informações: razão social da empresa, CGC, IE, endereços completos para entrega do serviço, faturamento e cobrança, nome e função do responsável pela aprovação.

NOTA: No intuito de zelar pela credibilidade e tradição da marca IPT, lembramos que os relatórios emitidos pelo Instituto:

- ⇒ Têm significação restrita e se aplicam somente ao material (amostra ou equipamento) ensaiado.
- ⇒ Deverão ter sua reprodução ou divulgação feita integralmente, sem alteração e unicamente em atendimento às atividades técnicas do cliente ou em cumprimento de exigências legais.
- ⇒ Não podem ser usados para fins de propaganda e comerciais, sob qualquer forma ou meio de difusão.
- ⇒ Não dão direito do uso comercial do nome ou da marca IPT.

9 VALIDADE DO ORÇAMENTO

Este orçamento tem validade por 90 (noventa) dias, a partir da data de sua emissão.

Atenciosamente,

Físico Peter Joseph Barry
Responsável pelo Laboratório
Laboratório de Acústica/DEC
RE nº 1163.5

Tel.: (11) 37674555 – Fax: (11) 37674090 – E-mail: lac@ipt.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária – Butantã – 05508-901 - São Paulo SP
ou Caixa Postal 0141 - 01064970 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3767-4000 - www.ipt.br
Serviço de Atendimento ao Cliente
SAC - Tel: (11) 3767-4126, 3767-4456 e 3767-4744 - Fax: (11) 3767-4002 - sac@ipt.br

Normas

Normas sobre mantas asfálticas

A B N T - ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS

- EXECUCAO DE IMPERMEABILIZACAO

NORMA **NBR 9574** (origem NB 1308) COMITE:22 ANO:1986

- MANTA ASFALTICA COM ARMADURA PARA IMPERMEABILIZACAO - REQUISITOS EMETODOS DE ENSAIO (NOTA:ERRATA INCORPORADA)

NORMA **NBR 9952** (origem EB 1776) COMITE:22 ANO:1998

- MATERIAIS E SISTEMAS UTILIZADOS EM IMPERMEABILIZACAO

NORMA **NBR 8083** (origem TB 197) COMITE:22 ANO:1983

- PROJETO DE IMPERMEABILIZACAO

NORMA **NBR 9575** (origem NB 987) COMITE:22 ANO:1998

Normas sobre telhas de alumínio

A B N T - ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS

- Telhas de aço revestido de seção trapezoidal - Requisitos NORMA - **NBR14514 06/2002**

Normas para ensaio laboratorial

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva, Standard. **ISO 140-6**, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements – part 6: laboratory Measurements of impact sound insulation of roofs, **1978**.

_____. **ISO 3741**, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms, **1988**.

_____. **ISO 717-2** - Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – part 2: Impact sound insulation, 1996.

MARSHAL, J. S. & PALMER, W. – The distribution of raindrops with size, Journal of Meteorology, nº 5, pp 165-166, **1948**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRY, P. J – **Measurement of noise generated by simulated rain on roofs** – IPT – DEC/LAC – XIX SOBRAC 15 a 19 Abril, 2000
- HBALLAGH, K.O. **Noise of simulated rainfall on roofs**, *Applied Acoustics*, nº 31, pp 245-264, 1990
- DUBOUT, P. **The sound of rain on a steel roof**, *Journal of sound and vibration*, vol. 10 , nº 1, pp 144-150, 1969
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva, Standard. **ISO 140-6, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements – part 6: laboratory Measurements of impact sound insulation of roofs**, 1978.
- _____. **ISO 3741, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms**, 1988.
- _____. **ISO 717-2 - Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – part 2: Impact sound insulation**, 1996.
- MARSHAL, J. S. & PALMER, W. – **The distribution of raindrops with size**, *Journal of Meteorology*, nº 5, pp 165-166, 1948.
- SUGA, H. & TACHIBANA, H. – **Sound radiation characteristics of lightweight roof constructions excited by rain**, *Journal of Building Acoustics*, Vol. 1, nº 4 , pp 249-270, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Catálogo ABNT**. Rio de Janeiro: Editora ABNT, 1990.
- _____. **MB-268 - Medidas de nível de som em ambientes internos e externos**. Método de Ensaio. Rio de Janeiro: set. 1966.
- _____. **MB-432 – Medida local e em laboratório de transmissão dos sons aéreos e dos ruídos de impacto** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: 1970.
- _____. **NBR-10151 - Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro: 1987.
- _____. **NBR-10152 - Níveis de ruído para conforto acústico**. Procedimento. Rio de Janeiro: dez. 1987.
- _____. **NBR 9574 (origem NB 1308) - Execução de impermeabilização**. Procedimento. Rio de Janeiro: 1986

_____. NBR 9952 (**origem EB 1776**) - Manta asfáltica com armadura para impermeabilização - requisitos e métodos de ensaio. **Procedimento. Rio de Janeiro: 1998**

_____. **NBR 8083** (origem TB 197) - **Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização**. Terminologia. Rio de Janeiro: 1983

_____. NBR 9575 (**origem NB 987**) - Projeto de impermeabilização. **Procedimento. Rio de Janeiro: 1998**

_____. NBR 12190 (**origem NB 279**) - Seleção da impermeabilização. **Procedimento. Rio de Janeiro: 1992**

CARVALHO, A. M. et al. **Poluição sonora e fatores humanos**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1976.

CARVALHO, B. de A. **Acústica aplicada à arquitetura**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S. A., 1967.

CUNHA, A.G. da. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 5ª Edição. Rio de Janeiro, 1979.

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

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Santa Catarina: Editora UFSC, 2000.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica**. Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura. 4ª Edição, 2002 .

SLAMA, J. G. **Seminário sobre acústica**. Curso de Conforto Ambiental. FAU/UFRJ: maio 1991.

_____. **Noções básicas de acústica**. Rio de Janeiro: COPPE, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. **Código de Obras do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Gráfica Auriverde Ltda, 1998.