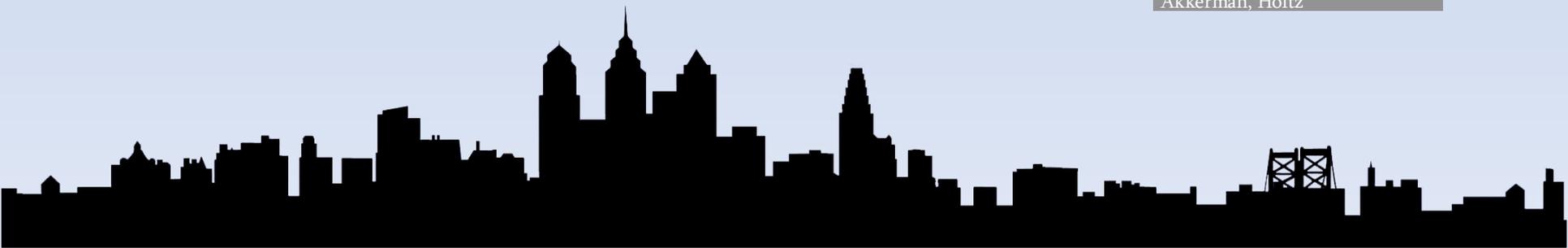


PROJETO DE ACÚSTICA PARA EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS

Eng. Davi Akkerman

Harmonia Acústica

Akkerman, Holtz



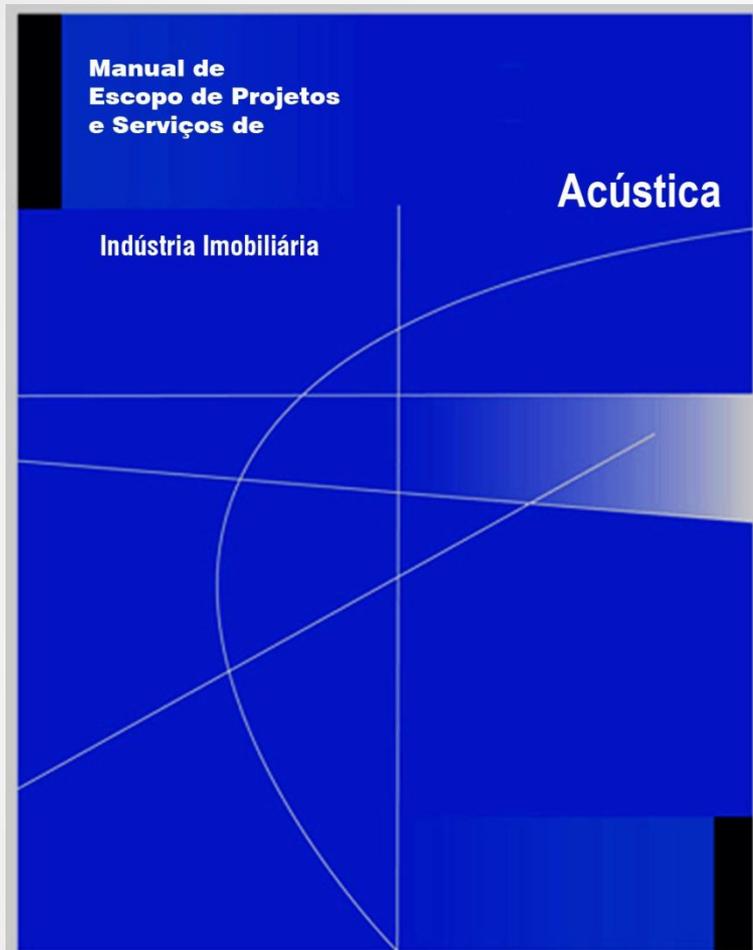
Normas Técnicas Referenciais:

- **ABNT - NBR10151 - 2000**
Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento
(2011: INICIO DO PROCESSO DE REVISÃO ATÉ ?)
- **ABNT - NBR10152 - 1987**
Níveis de ruído para conforto acústico
(REVISADA E VALERÁ A PARTIR DE MARÇO/2012: Acústica - Medição e Avaliação de ruído em ambientes internos)
- **ABNT - NBR 15575 - 2008**
Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho
(2011: PROCESSO DE REVISÃO; VALERÁ A PARTIR DE MARÇO/2012)

Terminologia

- **R_w** Índice de redução sonora ponderado (dB)
*Obtido em **Laboratório**. É utilizado para quantificar, de maneira padronizada, em um índice único, o isolamento acústico ponderado de determinado elemento construtivo, como paredes, lajes, portas, janelas...*
- **$D_{nT,w}$** Diferença padronizada de nível ponderada (dB)
*Obtido no **Campo (edifício)**. É utilizado para quantificar, de maneira padronizada, em um índice único, o isolamento acústico ponderado de determinado sistema construtivo, como paredes internas, pisos...*
- **$D_{2m,nT,w}$** Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (dB)
*Obtido no **Campo (edifício)**. É utilizado para quantificar, de maneira padronizada, em um índice único, o isolamento acústico de sistemas de fachadas.*
- **L'_{nTw}** Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado (dB)
*Obtido no **Campo (edifício)**. É utilizado para quantificar, de maneira padronizada, o isolamento acústico a **ruído de impacto** de determinados pisos em geral.*

Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica



- **Fase A – Concepção do Produto**
- Fase B – Definição do Produto
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces
- Fase D – Projeto de Detalhamento
- Fase E – Pós Entrega do Projeto
- Fase F – Pós Entrega da Obra

www.secovi.com.br

Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- **Estudo da implantação do empreendimento**
 - Conjunto de informações jurídicas/ legais/ normas
 - Medições sonoras no campo (diurno/ noturno)
 - Condicionantes relacionados à topografia do terreno, edificações vizinhas, meio externo (“paisagem sonora” urbana pré existente)

Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- Estudo da implantação do empreendimento

ABNT NBR 10151 e Lei 13.885/2004



ABNT - NBR10152

Níveis de ruído para conforto acústico

a partir de 2012:

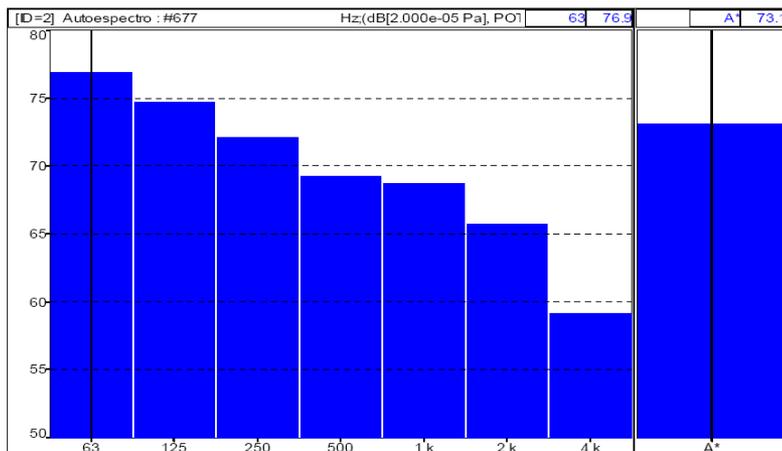
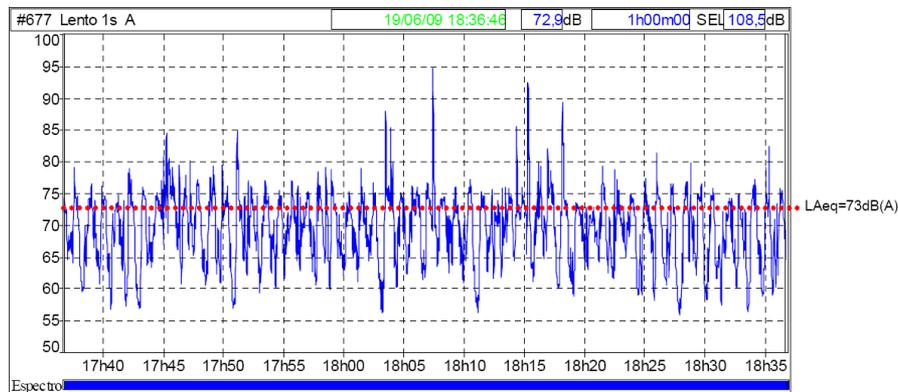
Acústica - Medição e Avaliação de ruído em ambientes internos

		7 as 22h	22 as 7h
ZEIS	Zona Especial de Interesse social	65	45
ZM3	Zona Mista de alta densidade	65	45
ZCP	Zona de Centralidade Polar	65	55

Valores limites extraídos do Art.177 Par.IX §8 da parte 3 da Lei municipal 13.885/2004 e dos quadros 02c e 02d anexos à lei.
Fonte: Site da Prefeitura de São Paulo – Junho/2009

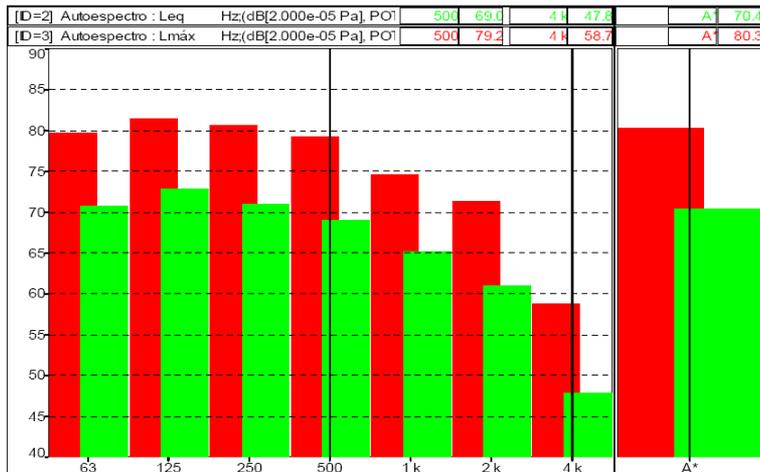
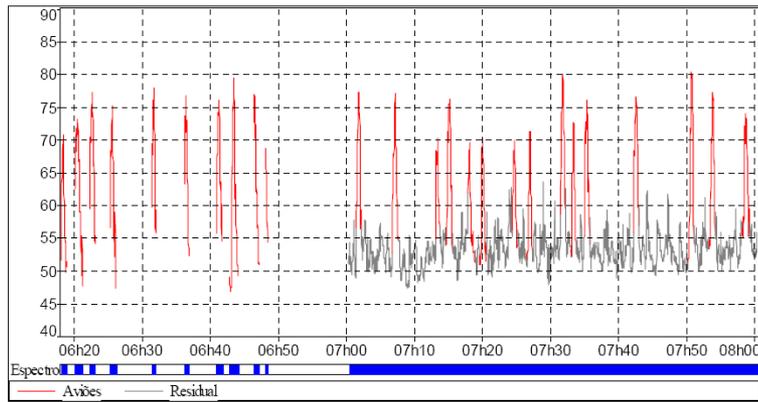
Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- Estudo da implantação do empreendimento



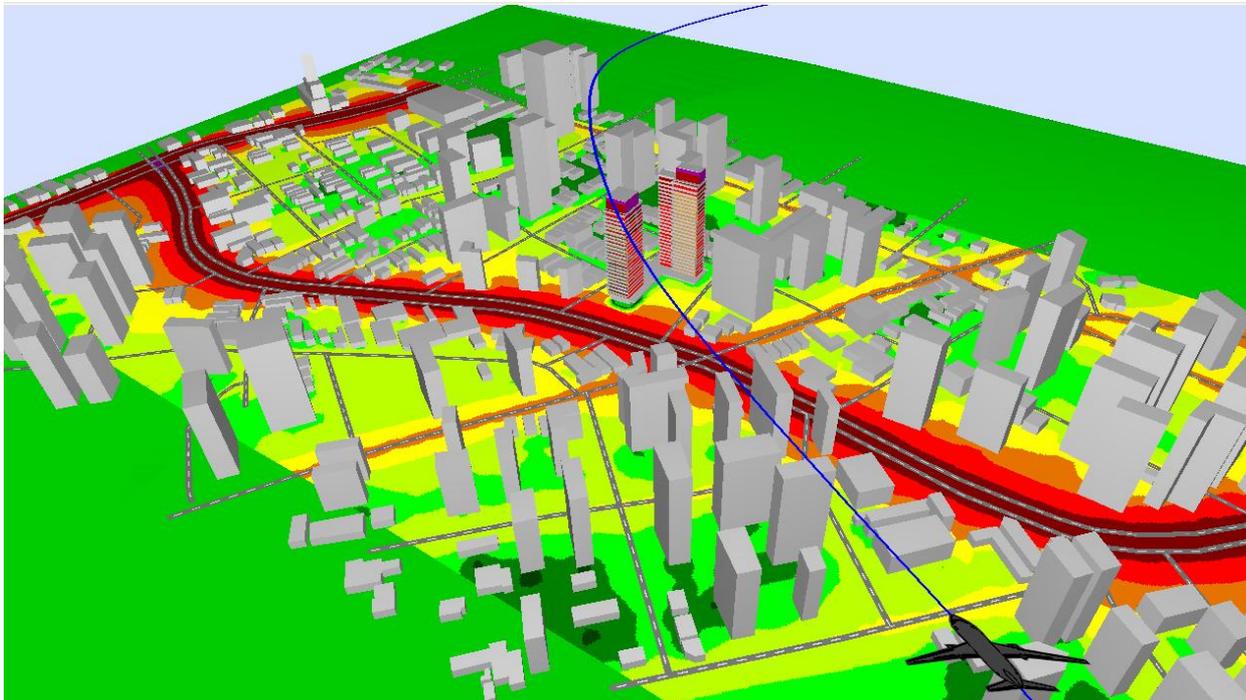
Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- Estudo da implantação do empreendimento



Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- Estudo da implantação do empreendimento

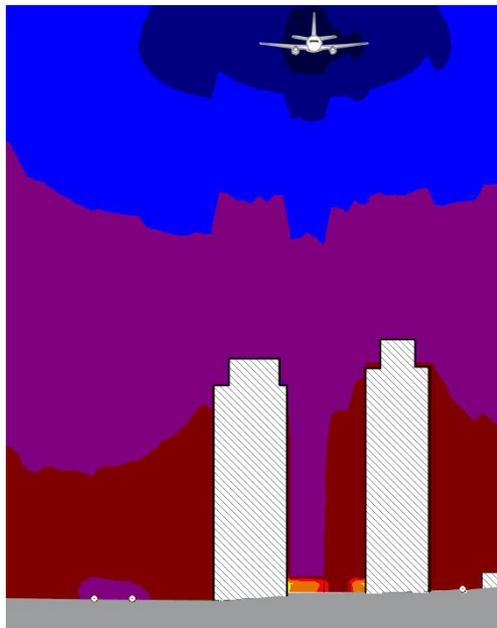


40 dB(A) ≤	█	< 45 dB(A)
45 dB(A) ≤	█	< 50 dB(A)
50 dB(A) ≤	█	< 55 dB(A)
55 dB(A) ≤	█	< 60 dB(A)
60 dB(A) ≤	█	< 65 dB(A)
65 dB(A) ≤	█	< 70 dB(A)
70 dB(A) ≤	█	< 75 dB(A)
75 dB(A) ≤	█	< 80 dB(A)
80 dB(A) ≤	█	< 85 dB(A)
85 dB(A) ≤	█	< 90 dB(A)
90 dB(A) ≤	█	< 95 dB(A)
95 dB(A) ≤	█	

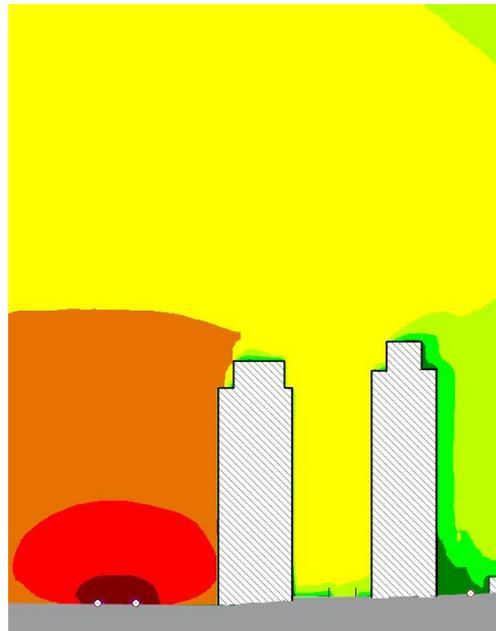
Fase A - Concepção do Produto – Estudo Preliminar

- Avaliação preliminar dos tipos de solução acústica a serem adotados

- Geometria
- Uso
- Desempenho
Norma de desempenho
ABNT NBR 15575



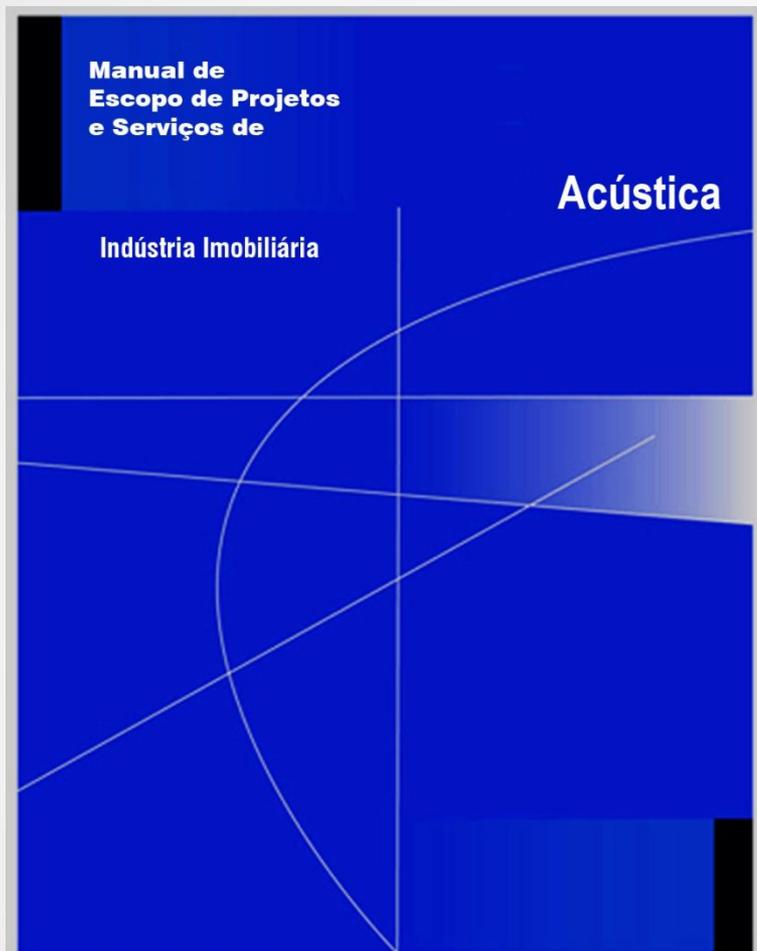
Ruído aeronáutico



Ruído viário

40 dB(A) ≤	█	< 45 dB(A)
45 dB(A) ≤	█	< 50 dB(A)
50 dB(A) ≤	█	< 55 dB(A)
55 dB(A) ≤	█	< 60 dB(A)
60 dB(A) ≤	█	< 65 dB(A)
65 dB(A) ≤	█	< 70 dB(A)
70 dB(A) ≤	█	< 75 dB(A)
75 dB(A) ≤	█	< 80 dB(A)
80 dB(A) ≤	█	< 85 dB(A)
85 dB(A) ≤	█	< 90 dB(A)
90 dB(A) ≤	█	< 95 dB(A)
95 dB(A) ≤	█	

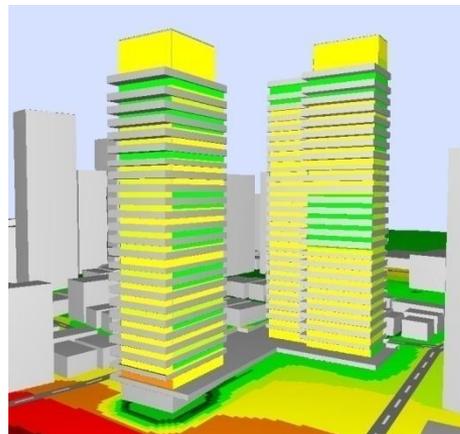
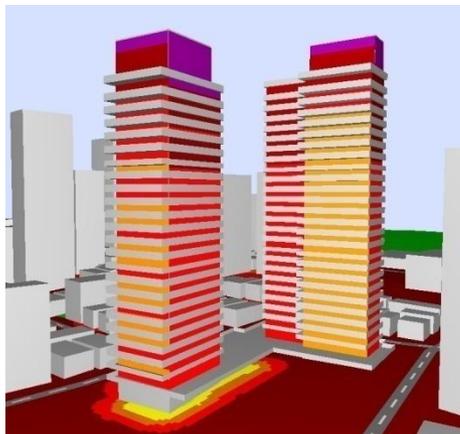
Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica



- Fase A – Concepção do Produto
- **Fase B – Definição do Produto**
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces
- Fase D – Projeto de Detalhamento
- Fase E – Pós Entrega do Projeto
- Fase F – Pós Entrega da Obra

www.secovi.com.br

Fase B - Definição do Produto – Anteprojeto

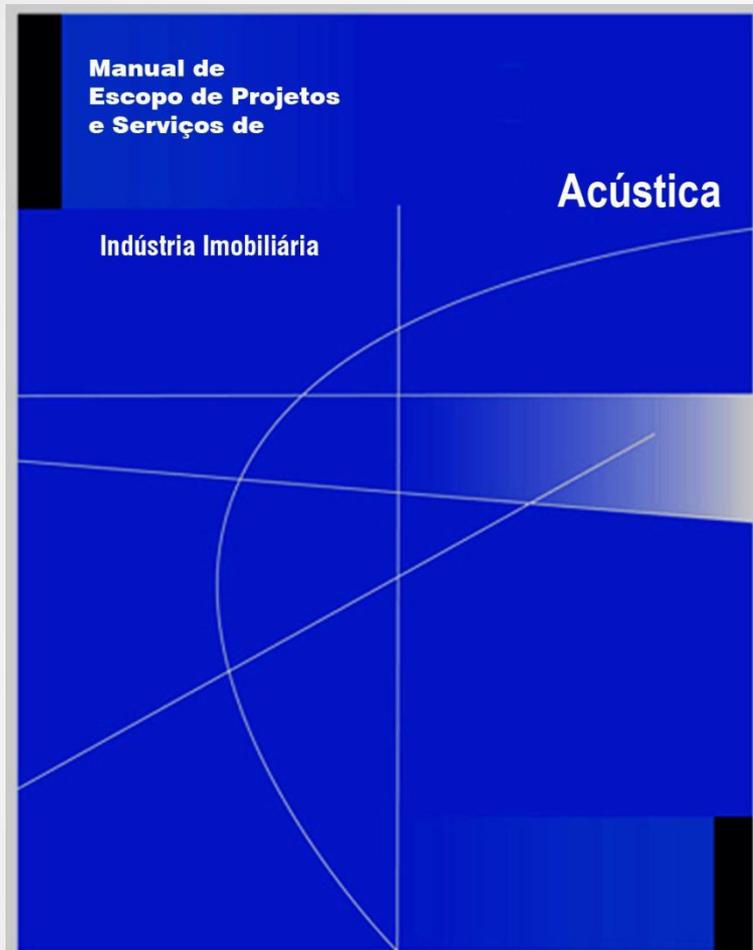


Ruído aeronáutico

Ruído viário

- Definir fachadas e ambientes com tratamento acústico com as respectivas performances
- Estudo econômico e técnico decorrentes do tratamento acústico
- Novas tecnologias de esquadrias, vidros, pisos e vedações.

Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica



- Fase A – Concepção do Produto
- Fase B – Definição do Produto
- **Fase C – Identificação e Solução de Interfaces**
- Fase D – Projeto de Detalhamento
- Fase E – Pós Entrega do Projeto
- Fase F – Pós Entrega da Obra

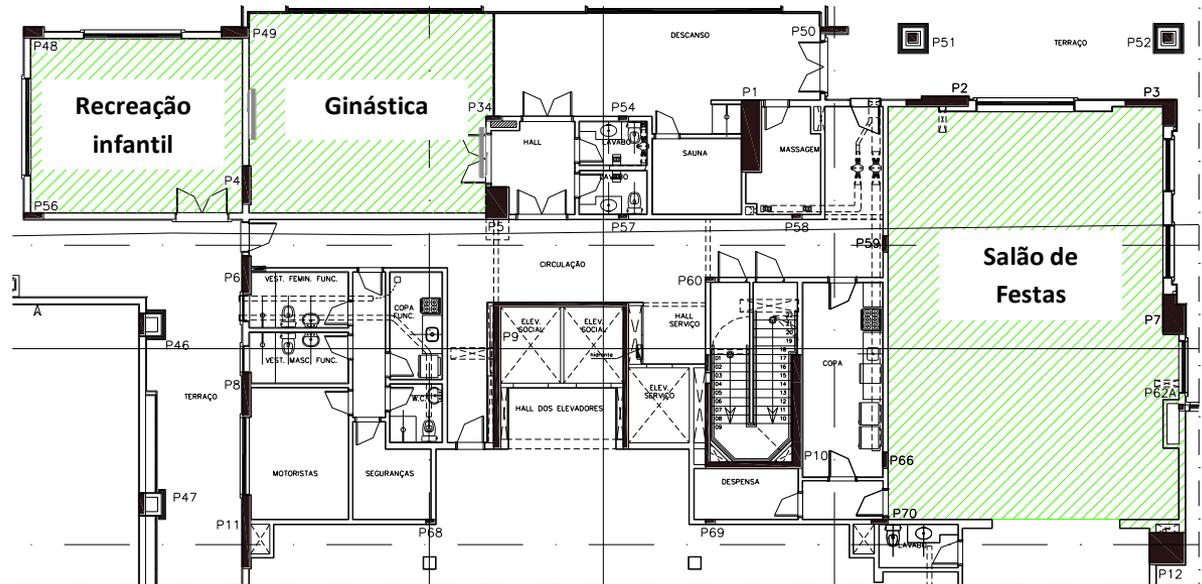
Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

- **Análise de todas as interfaces**
- **Interfaces acústicas com:**
 - Arquitetura,
 - Estrutura,
 - Instalações Hidráulicas,
 - Instalações Elétricas,
 - Ventilação,
 - Ar Condicionado,
 - Impermeabilização,
 - Outras.

Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

- **Áreas Comuns**

- Arquitetura
- Estrutura
- Paisagismo
- Impermeabilização

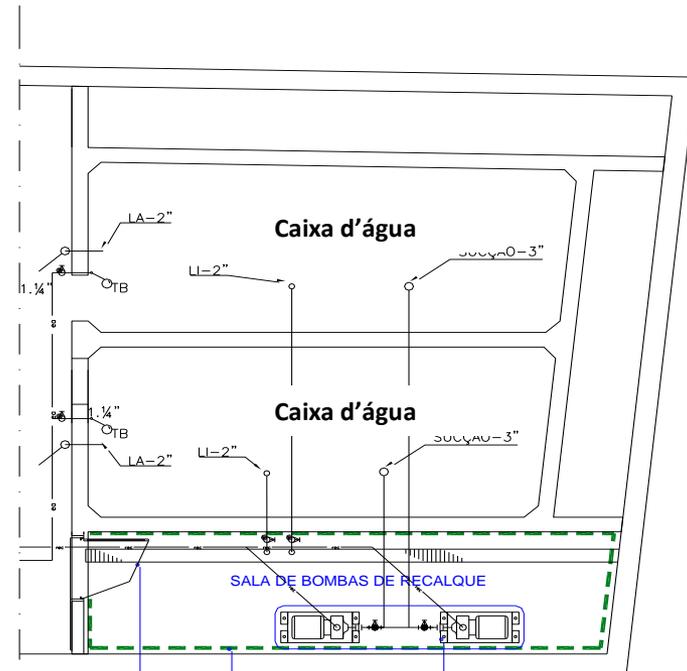
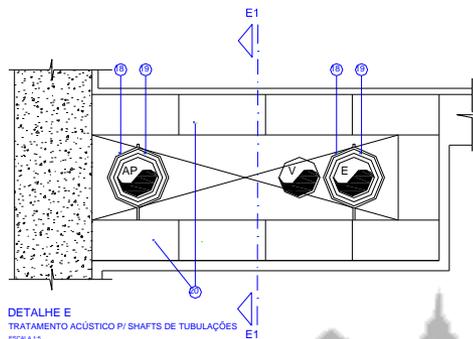


PLANTA PARCIAL DO TÉRREO
TRATAMENTO ACÚSTICO DE FORRO E DE PISO
ESCALA 1:75

Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

- Sala de Motobombas e Shafts

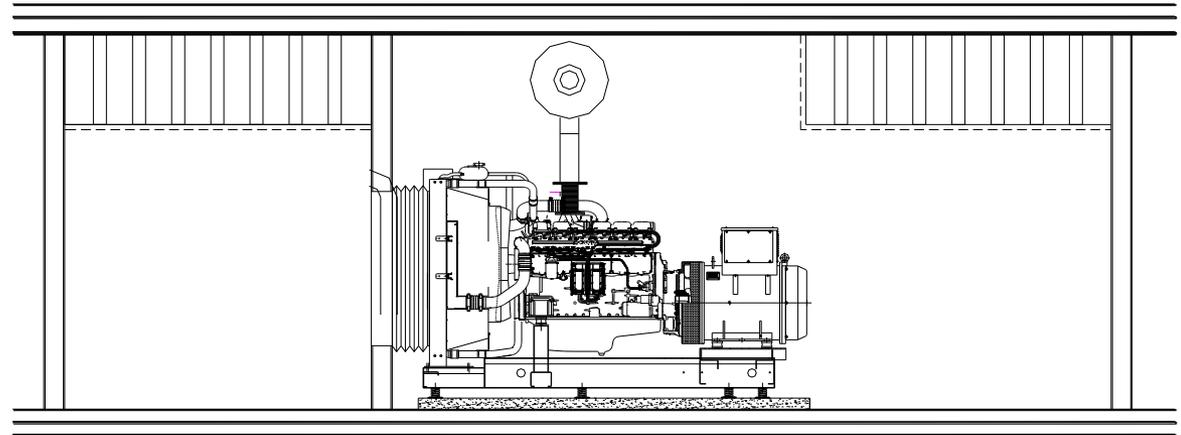
- Instalações hidráulicas



Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

- **Sala de Gerador**

- Arquitetura,
- Estrutura,
- Instalações Elétricas,
- Ventilação,
- Impermeabilização.



Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

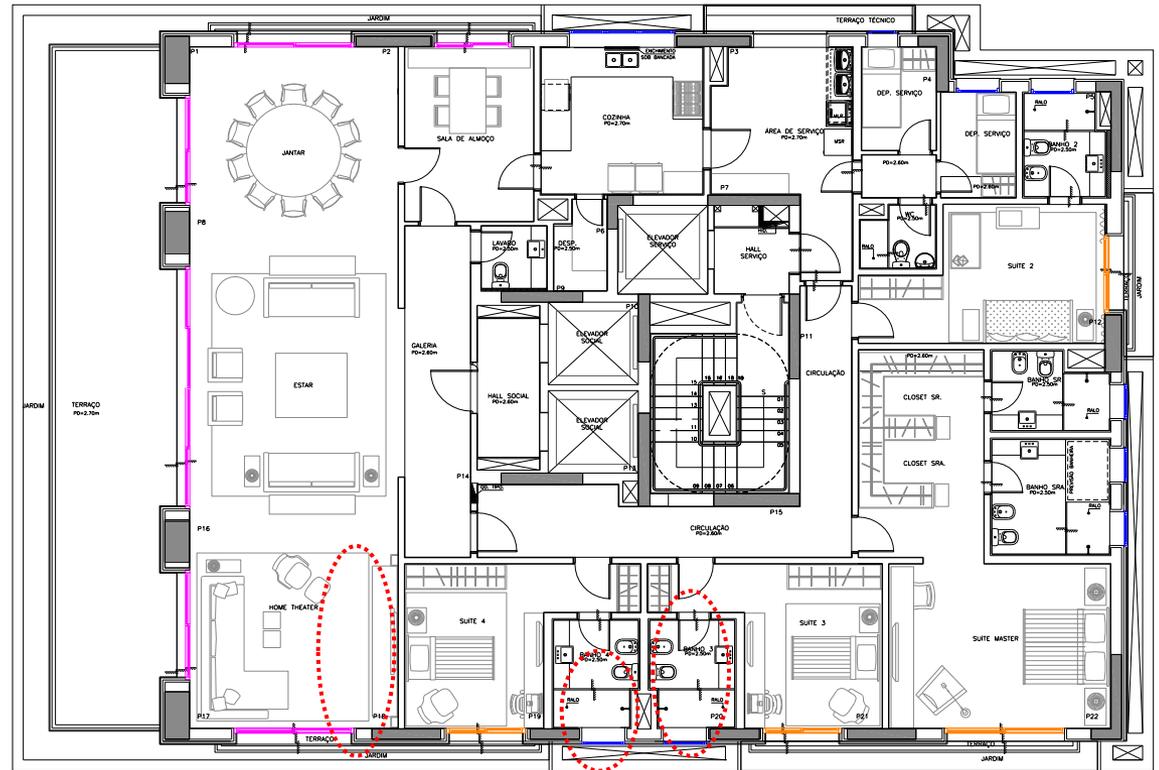
- Casa de máquinas de elevador
 - Arquitetura,
 - Estrutura.



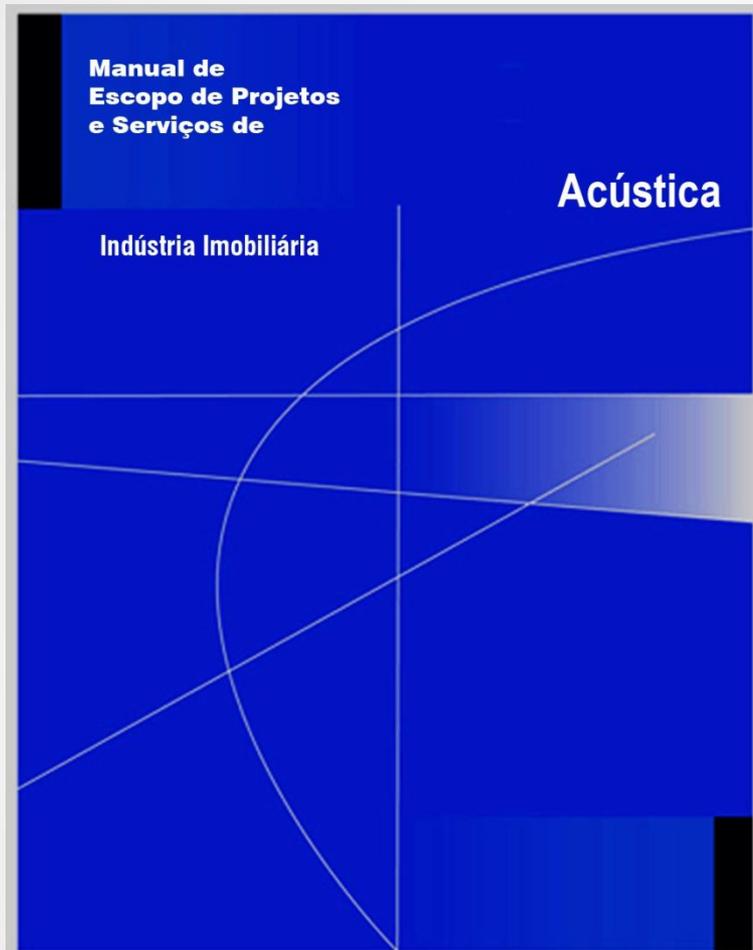
Fase C - Definição do Produto – Pré Executivo/Básico

• Unidade Habitacional

- Arquitetura,
- Estrutura,
- Instalações hidráulicas
- Fachada
- Ventilação
- Ar condicionado



Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica



- Fase A – Concepção do Produto
- Fase B – Definição do Produto
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces
- **Fase D – Projeto de Detalhamento**
- Fase E – Pós Entrega do Projeto
- Fase F – Pós Entrega da Obra

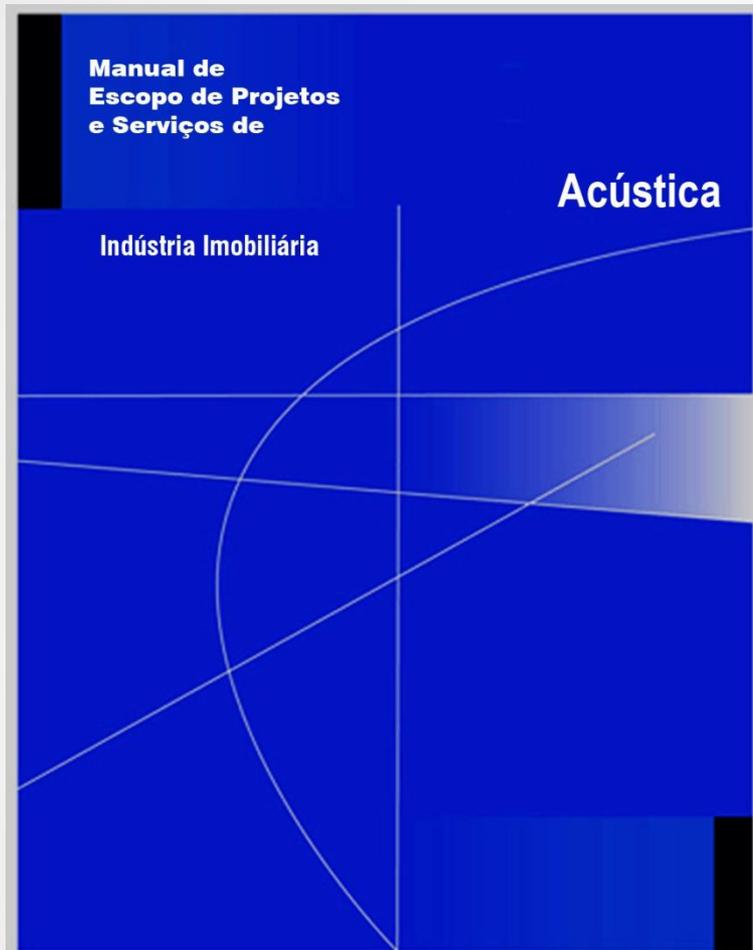
www.secovi.com.br

Fase D – Projeto de Detalhamento

ACUSTICA EXECUTIVO

PROJETO	005/005	00
DETALHES		

Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica



- Fase A – Concepção do Produto
- Fase B – Definição do Produto
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces
- Fase D – Projeto de Detalhamento
- **Fase E – Pós Entrega do Projeto**
- Fase F – Pós Entrega da Obra

www.secovi.com.br

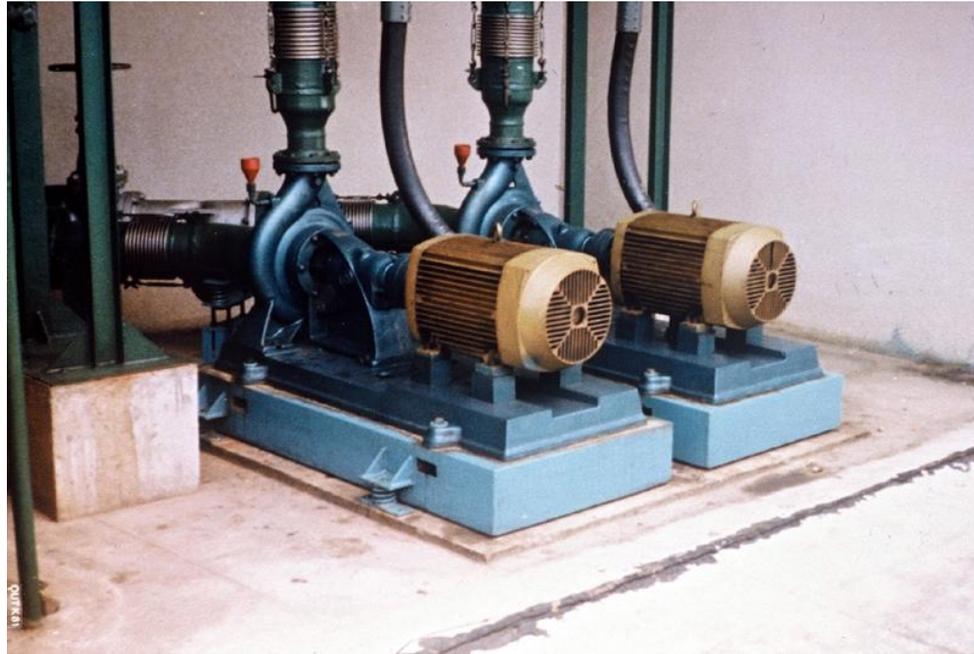
Fase E - Pós Entrega do Projeto

- Acompanhamento técnico da obra



Fase E - Pós Entrega do Projeto

- Acompanhamento técnico da obra



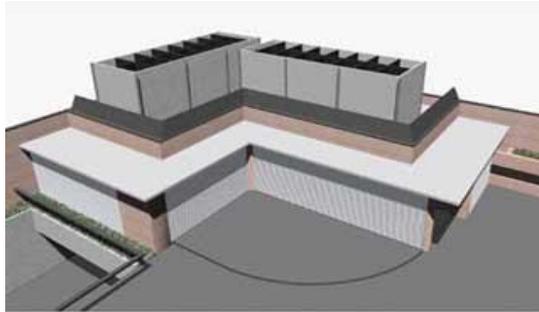
Fase E - Pós Entrega do Projeto

- Acompanhamento técnico da obra



Fase E - Pós Entrega do Projeto

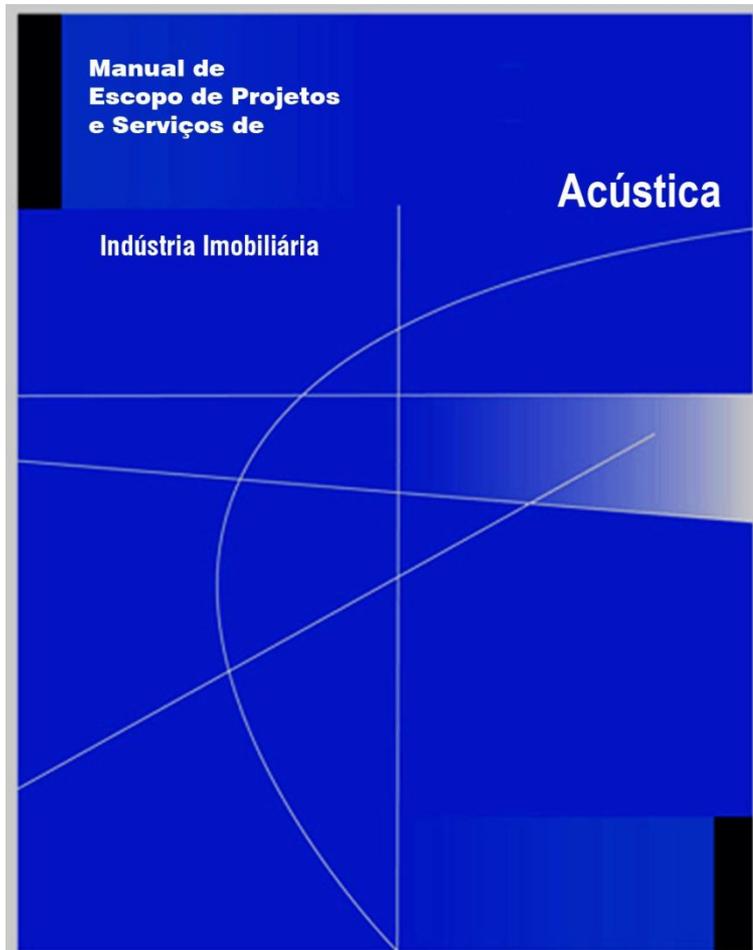
- Acompanhamento técnico da obra



Simulação do tratamento Acústico / Área de Chillers - Condomínio Atrium V



Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica

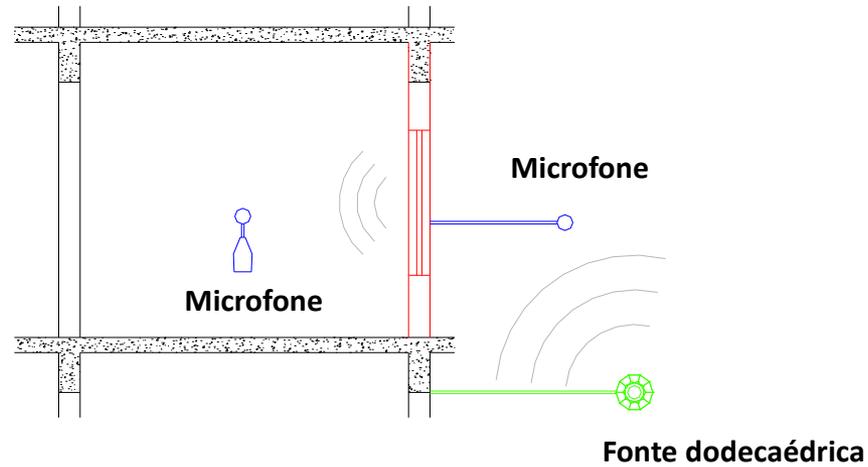


- Fase A – Concepção do Produto
- Fase B – Definição do Produto
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces
- Fase D – Projeto de Detalhamento
- Fase E – Pós Entrega do Projeto
- **Fase F – Pós Entrega da Obra**

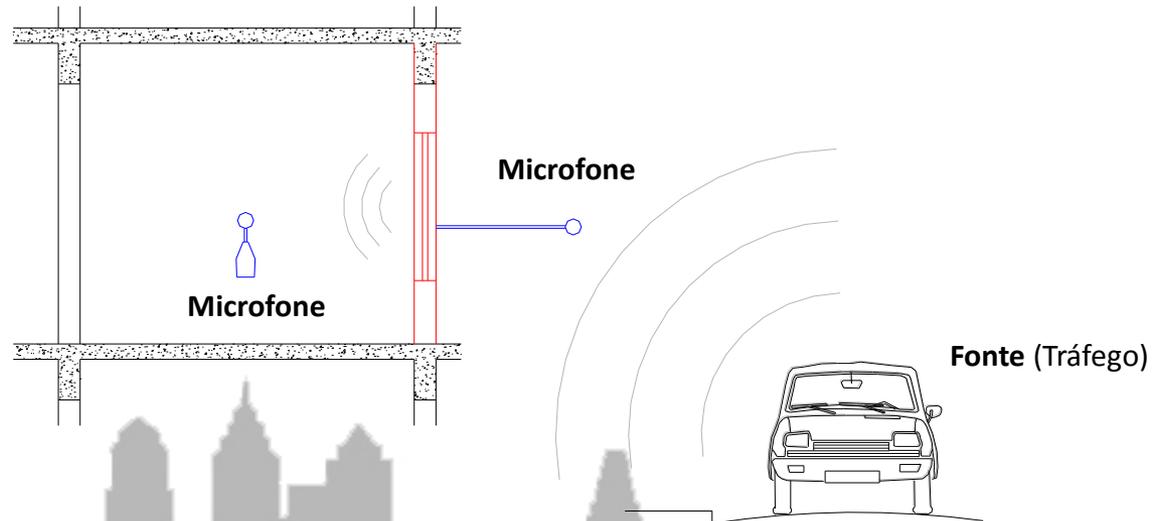
ISO 140-5 – Isolamento ruído de vedações externas

Esquema do Ensaio

COM ALTOFALANTES

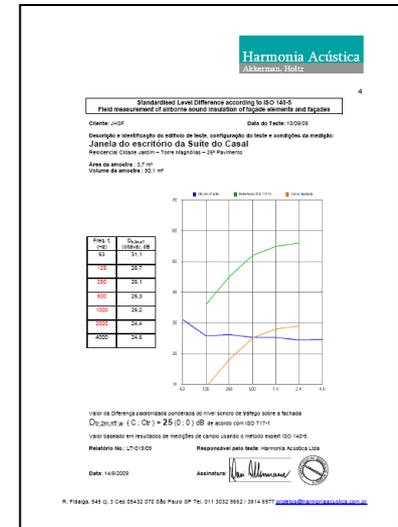


COM RUÍDO DE TRÁFEGO



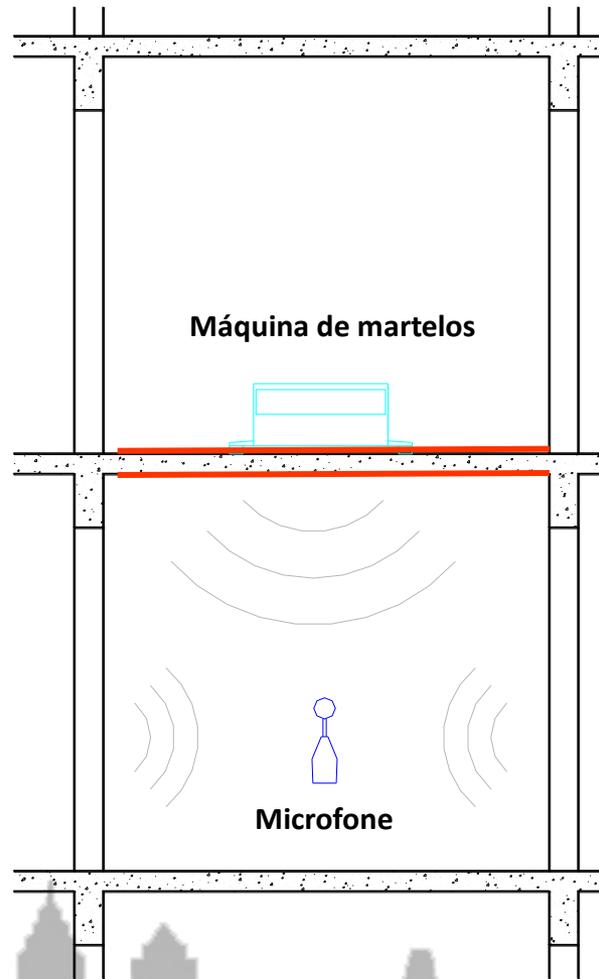
Fase F - Pós Entrega da Obra

- Ensaios para avaliação objetiva do tratamento acústico



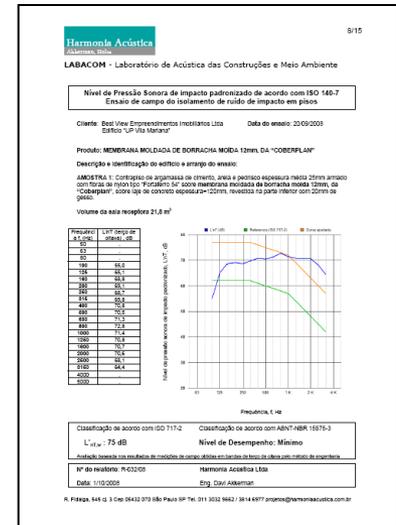
ISO 140-7 – Isolamento ruído de impacto

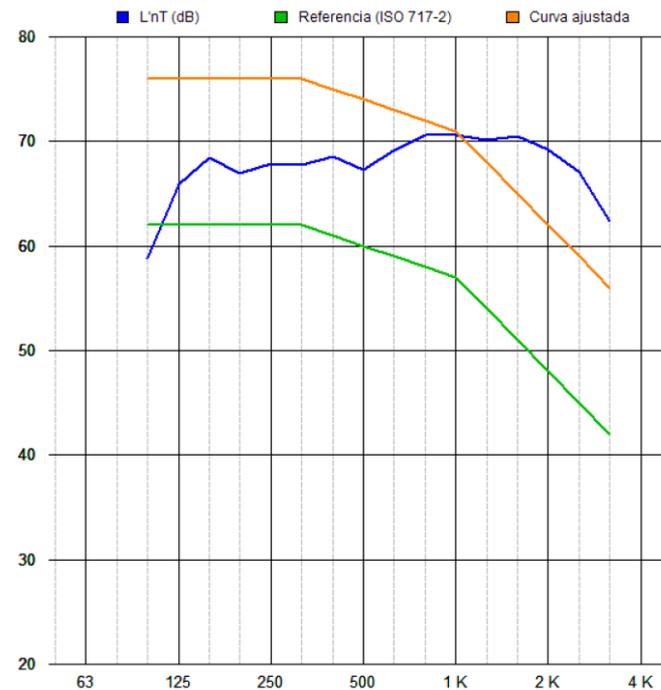
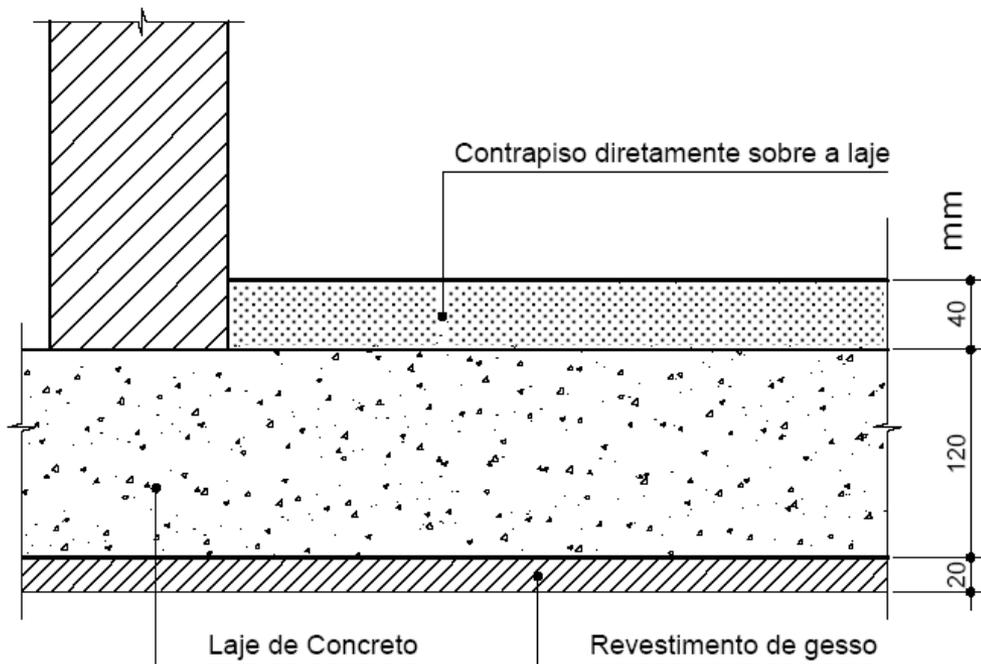
Esquema do Ensaio



Fase F - Pós Entrega da Obra

- Ensaios para avaliação objetiva do tratamento acústico





Classificação de acordo com ISO 717-2

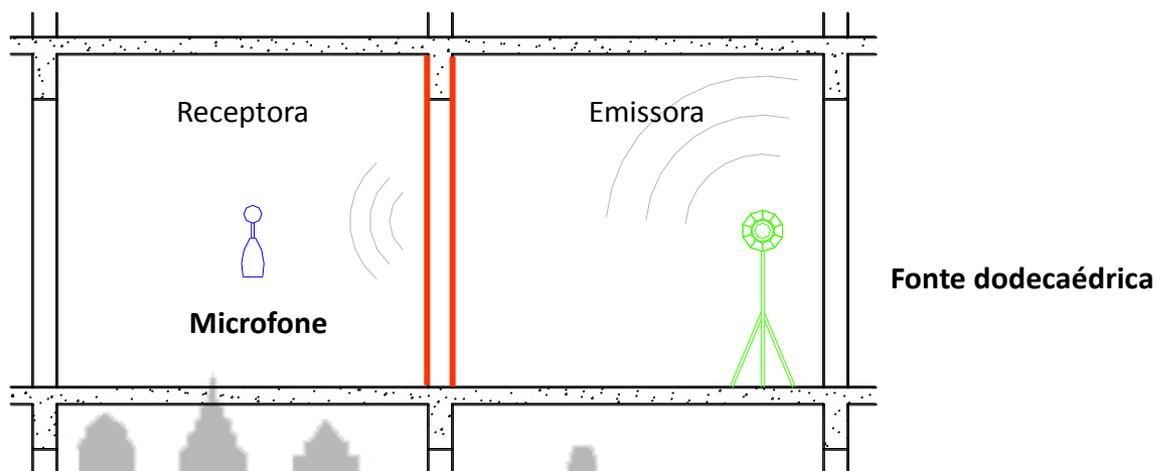
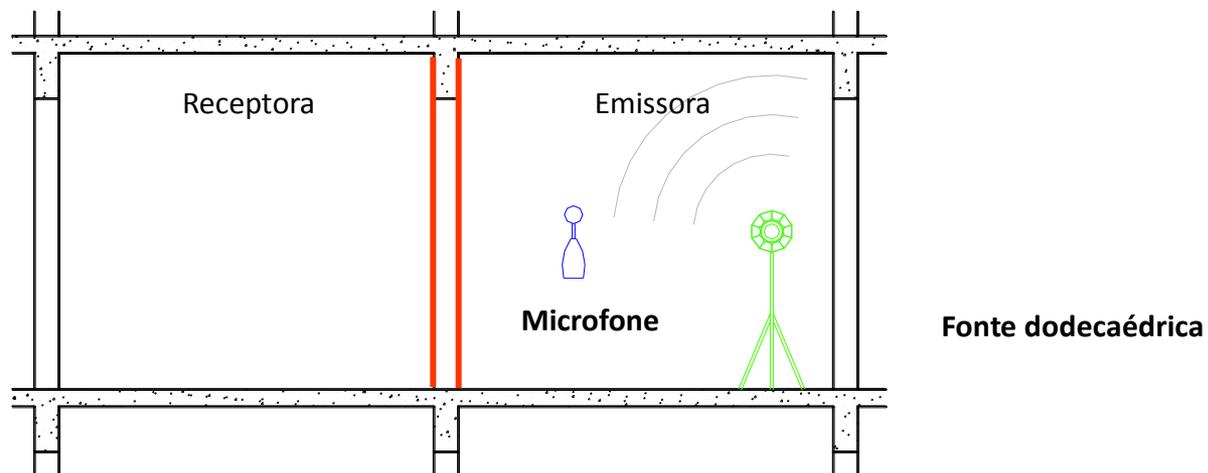
$L'_{nT,w} : 74 \text{ dB}$

Classificação de acordo com ABNT-NBR 15575-3

Nível de Desempenho: Mínimo

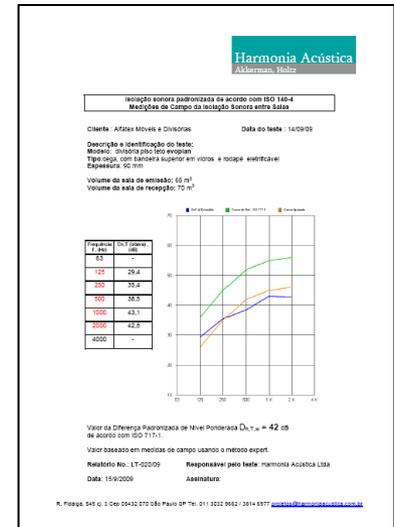
ISO 140-4 – Isolamento de vedações internas

Esquema do Ensaio



Fase F - Pós Entrega da Obra

- Ensaio para avaliação objetiva do tratamento acústico





Processo AQUA
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Fase F - Pós Entrega da Obra

**REFERENCIAL TÉCNICO
DE CERTIFICAÇÃO**

Adaptado da
Certificação “HQE”
França.

EDIFÍCIOS HABITACIONAIS
Fevereiro de 2010 - versão 1

CONFORTO	8	CONFORTO HIGROTÉRMICO
	9	CONFORTO ACÚSTICO
	10	CONFORTO VISUAL
	11	CONFORTO OLFATIVO
SAÚDE	12	QUALIDADE SANITÁRIA DOS AMBIENTES
	13	QUALIDADE SANITÁRIA DO AR
	14	QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA



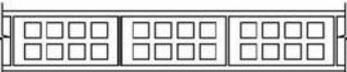
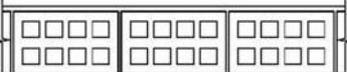
Fundação Vanzolini

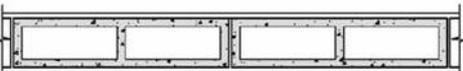
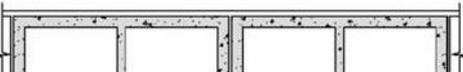
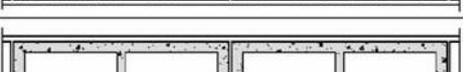
Rua Camburiú, 255
Tel.: + 55 11 3836-6566
Alto da Lapa - SP/Brasil

Em cooperação com:



Isolamento acústico Tipo para Paredes de Alvenaria

BLOCO CERÂMICO REVESTIDO		ISOLAÇÃO SONORA (Rw) - LABORATÓRIO
9		38 dB
11,5		39 dB
14		40 dB
19		43 dB

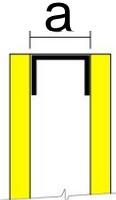
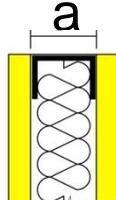
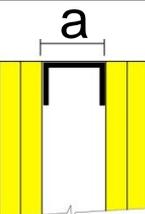
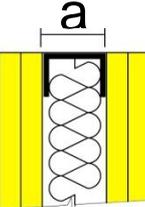
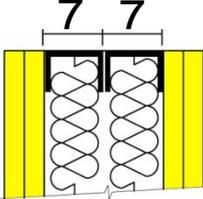
BLOCO DE CONCRETO REVESTIDO		
9		40 dB
14		43 dB
19		45 dB

NOTAS

1- ESTIMATIVA DE $R_w = +5$ dB PARA PREENCHIMENTO DOS VAZIOS INTERNOS COM GRUOT OU AREIA.

2- ALVENARIAS REVESTIDA COM 1cm DE GESSO DE CADA LADO.

Isolamento acústico
Tipo para Paredes de
Drywall

		Rw (dB)
	a = 5 cm	= 33
	a = 7 cm	= 39
	a = 9 cm	= 40
	a = 5 cm	= 41
	a = 7 cm	= 45
	a = 9 cm	= 49
	a = 5 cm	= 43
	a = 7 cm	= 48
	a = 9 cm	= 50
	a = 5 cm	= 49
	a = 7 cm	= 55
	a = 9 cm	= 56
		60

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12354-2

March 2000

ICS 91.120.20

English version

**Building acoustics - Estimation of acoustic performance of
buildings from the performance of elements - Part 2: Impact
sound insulation between rooms**

Acoustique du bâtiment - Calcul de la performance
acoustique des bâtiments à partir de la performance des
éléments - Partie 2: Isolement acoustique au bruit de choc
entre des locaux

Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften
von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 2:
Trittschalldämmung zwischen Räumen

EUROPEAN STANDARD

EN 12354-3

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

March 2000

ICS 91.120.20

English version

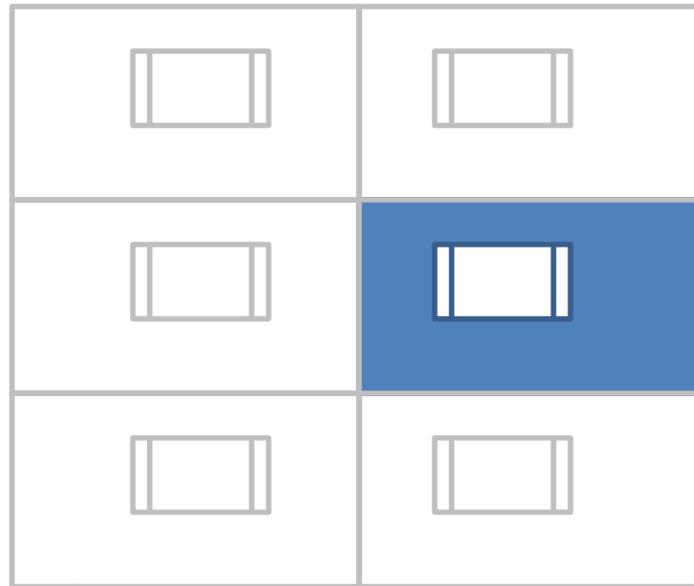
**Building acoustics - Estimation of acoustic performance of
buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne
sound insulation against outdoor sound**

Acoustique du bâtiment - Calcul de la performance
acoustique des bâtiments à partir de la performance des
éléments - Partie 3: Isolement aux bruits aériens venus de
l'extérieur

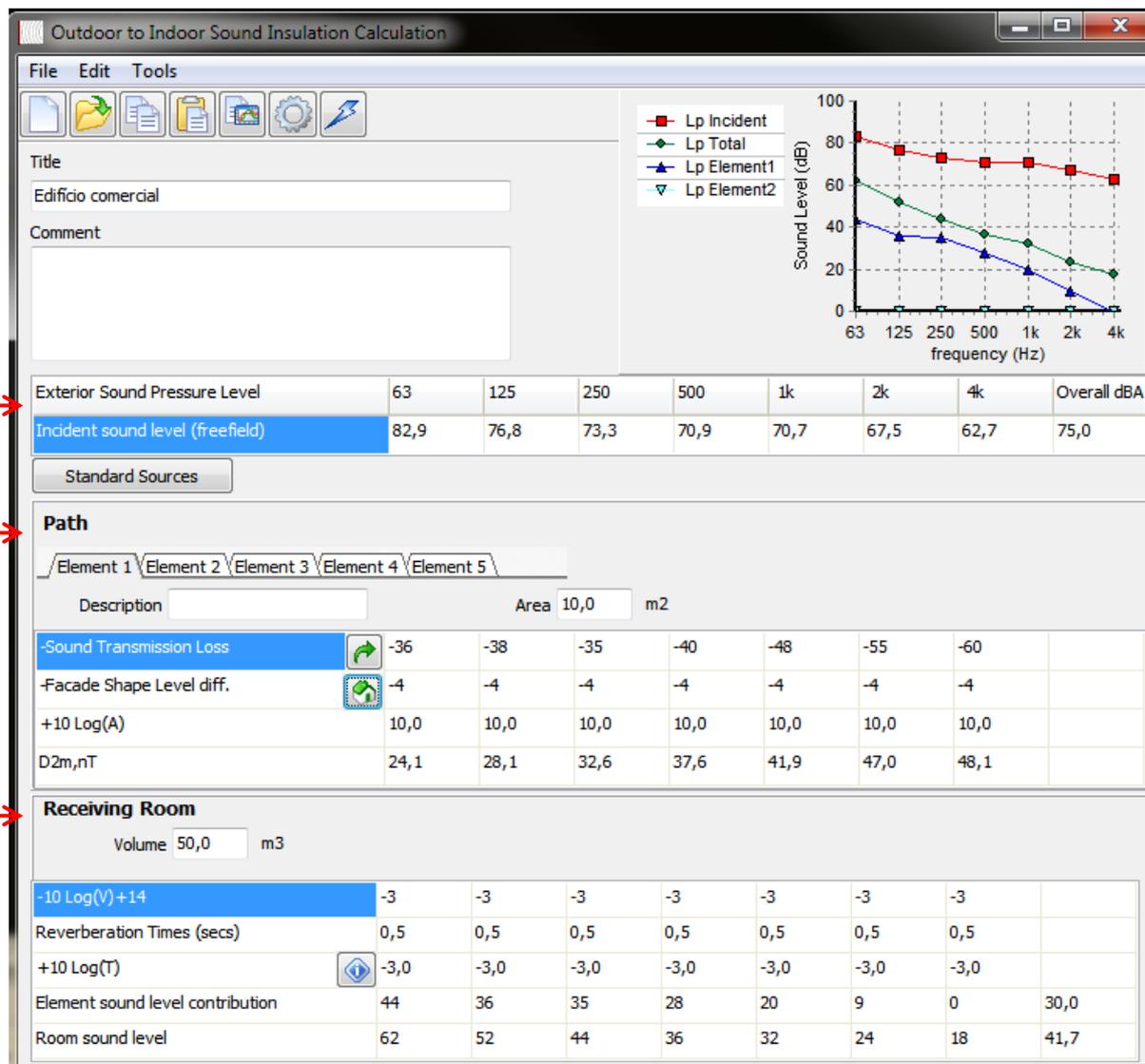
Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften
von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 3:
Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Außenlärm

Exemplo de cálculo

- Fachada simples de um edifício, com uma parede de blocos de concreto de 14cm e uma janela



Dados de entrada



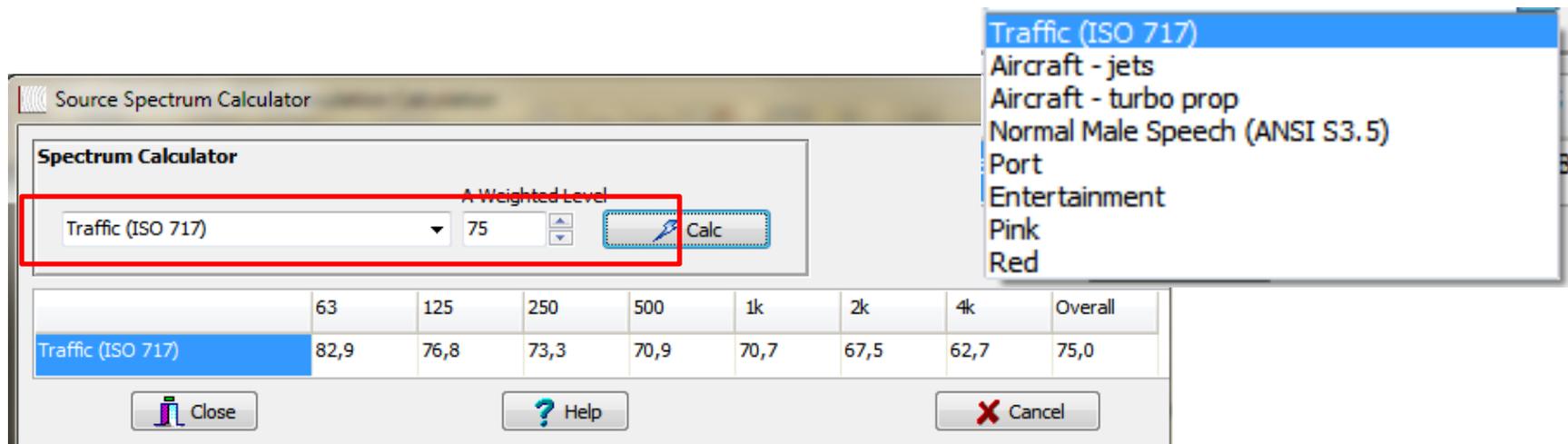
Ruído Externo

Propagação

Sala receptora

Ruído externo

- Pode se medir diretamente o espectro e inserir no cálculo
- Caso somente houver medida em dB(A), o software cria um espectro médio indicando-se a característica da fonte



Source Spectrum Calculator

Spectrum Calculator

A Weighted Level

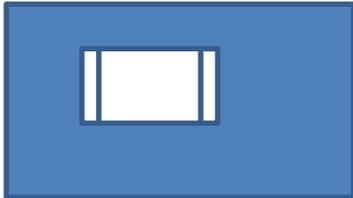
Traffic (ISO 717) 75 Calc

	63	125	250	500	1k	2k	4k	Overall
Traffic (ISO 717)	82,9	76,8	73,3	70,9	70,7	67,5	62,7	75,0

Close Help Cancel

Propagação

- Insere-se o isolamento dos elementos da fachada com as respectivas áreas

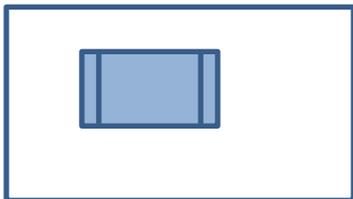


Path

Element 1 | Element 2 | Element 3 | Element 4 | Element 5

Description: Alv. Blocos concreto 14 Area 12,0 m2

-Sound Transmission Loss	↻	-36	-38	-35	-40	-48	-55	-60
-Facade Shape Level diff.	↻	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
+10 Log(A)		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
D2m,nT		24,1	28,1	32,6	37,6	41,9	47,0	48,1



Path

Element 1 | Element 2 | Element 3 | Element 4 | Element 5

Description: Janela Area 3,0 m2

-Sound Transmission Loss	↻	-15	-19	-24	-29	-33	-38	-39
-Facade Shape Level diff.	↻	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
+10 Log(A)		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
D2m,nT		26,3	30,2	34,2	39,2	43,9	49,1	50,3

- É possível inserir o isolamento diretamente da biblioteca do software

Panel 1 Panel 2 Wall Ceiling Floor Double/Triple Glazing Roof Porous Material

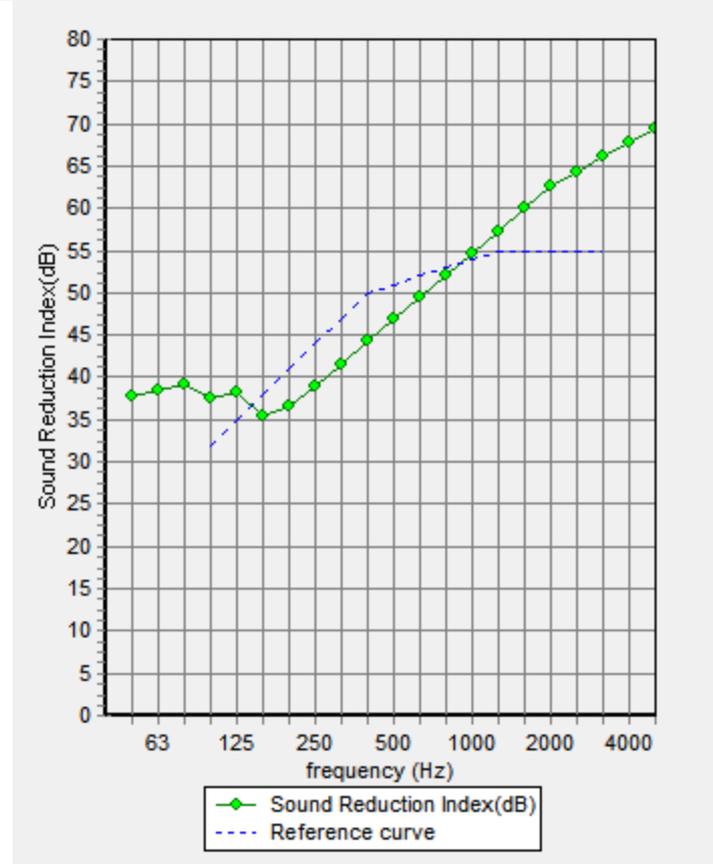
Outer layer Inner layer

Material Hollow Conc Blocks (110 lb/ft3)

Thickness 140,0 (mm) **Number of Linings** 1

Surface Mass 252,0 kg/m2 Critical Freq 175 Hz

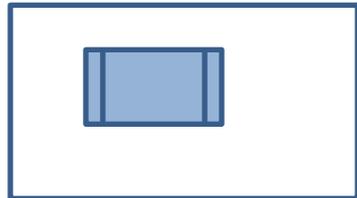
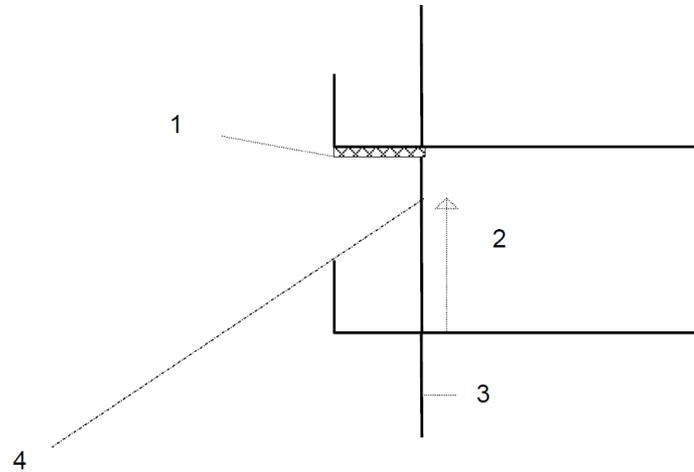
Rw 51	100-3150	63	125	250	500	1k	2k	4k
DnTw 53	C -1	38	37	39	46	54	62	68
	Ctr -5							



Propagação

- Correção – tipologia da fachada

- Absorption
- Height of line of sight
- Façade plane
- Sound source



Path								
Element 1 Element 2 Element 3 Element 4 Element 5								
Description	Janela							
	Area 3,0 m2							
-Sound Transmission Loss	-15	-19	-24	-29	-33	-38	-39	
-Facade Shape Level diff.	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
+10 Log(A)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
D2m,nT	26,3	30,2	34,2	39,2	43,9	49,1	50,3	

ΔL_{fa}	1 plane façade	2 gallery	3 gallery	4 gallery	5 gallery
dB					
absorption roof (α_a) \Rightarrow	does not apply	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$
line-of-sight					
on façade :	0	-1 -1 0	-1 -1 0	0 0 1	does not apply
<1,5 m					
(1,5-2,5) m	0	does not apply	-1 0 2	0 1 3	
>2,5m	0		1 1 2	2 2 3	3 4 6
	6 balcony	7 balcony	8 balcony	9 terrace	
absorption roof (α_a) \Rightarrow	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	open fence $\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$	closed fence $\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$
line-of-sight					
on façade :	-1 -1 0 0 0 1	1 1 1 2	1 1 1 3 3 3		
<1,5 m					
(1,5-2,5) m	-1 1 3 0 2 4	1 1 2 3 4 5 5 6 7			
>2,5m	1 2 3 2 3 4	1 1 2 4 4 5 6 6 7			

Sala Receptora

RT típico

Room Type	T (s)
Living room	0.5
Bedroom	0.3
Hotel Guestroom	0.4
Office (acoustic tiles)	0.4
Office (hard ceiling)	0.7
Lecture Theatre	1.0
Convention Hall	1.5

Volume

Receiving Room

Volume m³

-10 Log(V)+14	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
Reverberation Times (secs)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
+10 Log(T)	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	
Element sound level contribution	60	50	41	34	29	21	15	39,2
Room sound level	60	50	42	35	30	22	16	39,8

Contribuição do elemento

Nível sonoro resultante



Obrigado!

Eng. Davi Akkerman

