

# Conforto Ambiental

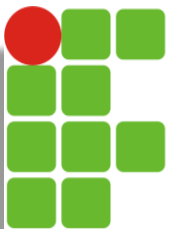
UNIDADE III - Conforto Acústico

3.1. Conceitos fundamentais;

3.2. Isolamento de ruído;

3.3. Propagação do som ao ar livre;

3.4. Soluções de projeto e tecnologias.



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SUL-RIO-GRANDENSE  
Campus Passo Fundo

# Tratamento acústico

## Ruído aéreo externo - veículos



Dados da via

- ▶ Distancia do receptor  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  m
- ▶ Numero de veículos/hora  $Q = \underline{\hspace{2cm}}$  veículos/hora
- ▶ Valores de correção
  - ▶ % de veículos pesados  $c = \underline{\hspace{2cm}}$  %
  - ▶ Velocidade  $cv = \underline{\hspace{2cm}}$  km/h
  - ▶ Inclinação da via  $ci = \underline{\hspace{2cm}}$  %

**Tabela de Correções**

<b>cv correção devido à velocidade dos veículos</b>									
velocidade	33	47	53	60	67	68	80	87	93
cv	-4	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
<b>cv correção devido à % de veículos pesados</b>									
% veículos	7	20	35	47	60	73	87	100	
c%	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	
<b>cv correção devido à inclinação da via em %</b>									
inclinação	0%	2%	4%	6%					
ci	0	+1	+2	+3					

$$L = 52 + 10 \log \left( \frac{Q}{d} \right) + cv + c\% + ci \quad \text{dB(A)}$$

<b>Resultados estatísticos de medições na cidade de São Paulo</b>							
Espectro típico do ruído de tráfego a 7m da fonte / velocidade 60Km/h							
Curvas de referência em dB(A)							
	125	250	500	1K	2K	4K	dB(A)
Via expressa 15.000 veículos/h	83	82	80	78	77	72	87
Via expressa 4.000 veículos/h	77	76	74	72	71	66	81
Via expressa 2.000 veículos/h	75	74	72	70	69	64	79
Via coletora 1.000 veículos/h	71	70	68	66	65	60	75
Via coletora 500 veículos/h	68	67	65	63	62	57	72
Via local 250 veículos/h	65	64	62	60	59	54	69
Via local 100 veículos/h	61	60	58	56	55	50	65
Via local 50 veículos/h	58	57	55	53	52	47	62

# Tratamento acústico

## Ruído aéreo externo - veículos

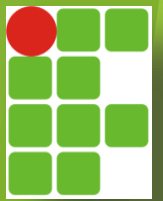
$$L = 52 + 10 \log\left(\frac{Q}{d}\right) + cv + c\% + ci \quad \text{dB(A)}$$

Q (veiculos/hora)	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
250	74	72	71	70	69	69	68	67	67
500	77	75	74	73	72	72	71	70	70
750	79	77	76	75	74	73	73	72	72
1000	80	78	77	76	75	75	74	73	73
1250	81	79	78	77	76	76	75	74	74
1500	82	80	79	78	77	76	76	75	75
1750	82	81	79	78	78	77	76	76	75
2000	83	81	80	79	78	78	77	76	76
2250	84	82	81	80	79	78	77	77	77
2500	84	82	81	80	79	79	78	77	77
2750	84	83	81	80	80	79	78	78	77
3000	85	83	82	81	80	79	79	78	78
3250	85	83	82	81	80	80	79	79	78
3500	85	84	82	81	81	80	79	79	78
3750	86	84	83	82	81	80	80	79	79
4000	86	84	83	82	81	81	80	79	79
4250	86	85	83	82	82	81	80	80	79
4500	87	85	84	83	82	81	81	80	80
4750	87	85	84	83	82	81	81	80	80
5000	87	85	84	83	82	82	81	80	80

Tabela

cv correção devido à velocidade de			
velocidade	33	47	53
cv	-4	-2	-1
cv correção devido à % de veiculos			
% veiculos	7	20	35
c%	0	+1	+2
cv correção devido a inclinação da			
inclinação	0%	2%	4%
ci	0	+1	+2





# Tratamento acústico

## Ruído aéreo externo - veículos

- ▶ A avaliação deve ter por base a análise do tipo de veículo, velocidade de circulação, espectro do ruído e quantidade de tráfego. Como base para o cálculo podemos considerar os valores do quadro abaixo para o nível de potência sonora dos veículos, atendendo a que são apenas valores indicativos pois variam com as características das vias de circulação e modelo dos veículos.

L <sub>w</sub> [dB(A)]	VL	VP
50 km/h velocidade constante desaceleração	98 a 100	110
50 km/h aceleração	104	115
80 km/h em estrada	103	112
120 km/h em estrada	105	112

Nível de potência sonora de Veículos Ligeiros (VL) e Veículos Pesados (VP)

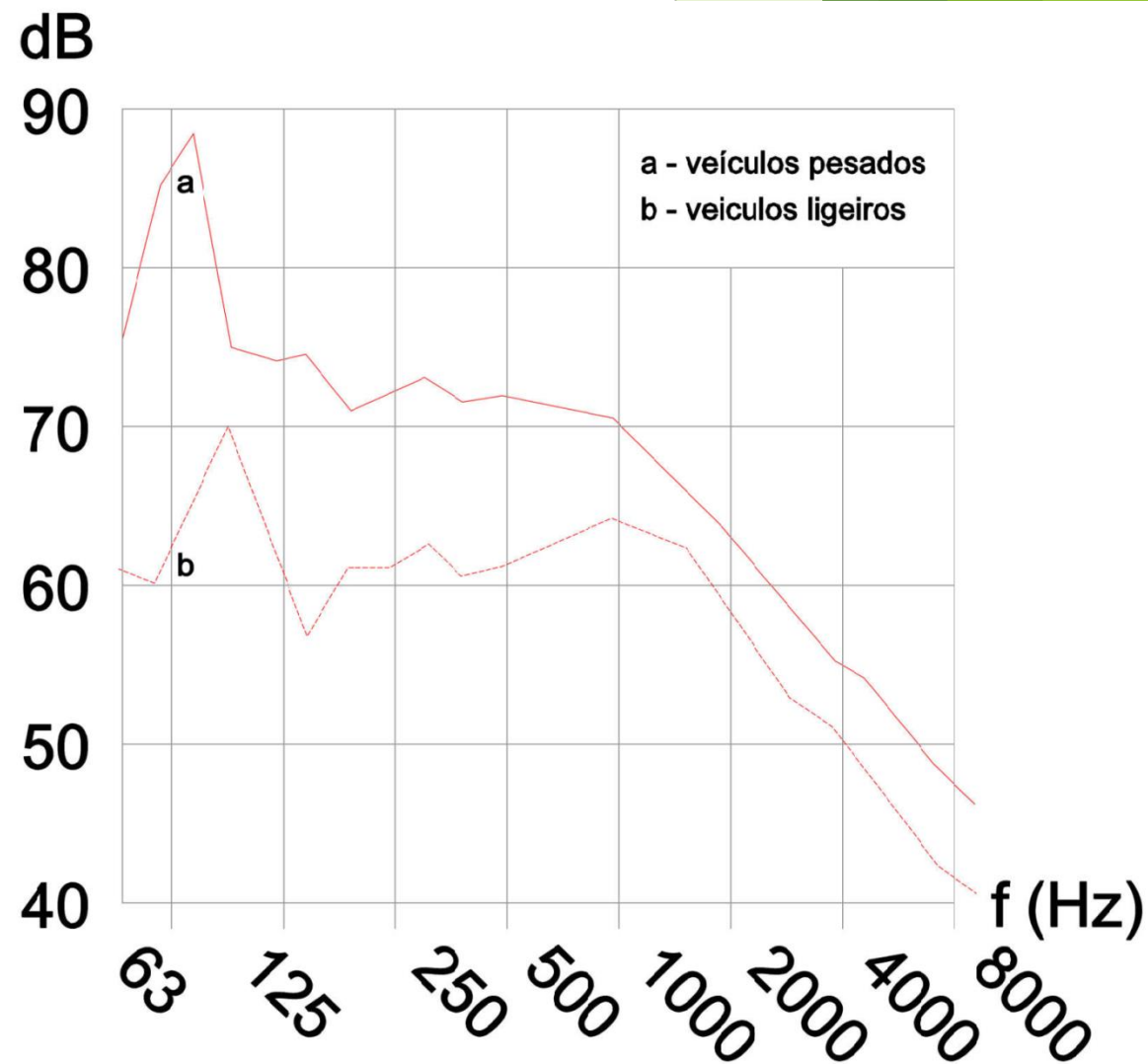
# Tratamento acústico

## Ruído aéreo externo - veículos



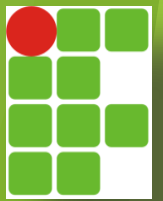
$$L_w = 10 \log \left( \frac{Q_{VP} \cdot \overline{W_{VP}}}{V_{VP}} + \frac{Q_{VL} \cdot \overline{W_{VL}}}{V_{VL}} \right) + 90$$

- ▶  $L_w$  - Nível de potencia sonora equivalente por metro de via
- ▶  $W_{VP}$  - Potencia acústica media das veículos pesados.
- ▶  $W_{VL}$  - Potencia acústica media das veículos ligeiros.
- ▶  $Q_{VP}$  - Intensidade de fluxo de veículos pesados.
- ▶  $Q_{VL}$  - Intensidade de fluxo de veículos ligeiros.
- ▶  $V_{VP}$  - Velocidade media das veículos pesados.
- ▶  $V_{VL}$  - Velocidade media das veículos ligeiros



# Tratamento acústico

## Ruído aéreo externo - veículos



$$L_{10} = 10 \log q + 33 \log(v + 40 + 500/v) + 10 \log(1 + 5p/v) + 0,3G - 27,6$$

q é fluxo de veículos por hora,

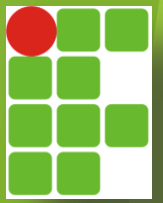
v é a velocidade,

p é porcentagem de veículos pesados, e

G é a inclinação (o coeficiente muda para 0,2 quando for declive)

Nº da medição	Tempo	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Nº da medição	Tempo	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Nº da medição	Tempo	Medição 1	Medição 2	Medição 3
1	00:00:05 s	71,1	49,7	54,0	21	00:01:45 s	70,3	52,0	68,8	41	00:03:25 s	49,3	46,0	49,3
2	00:00:10 s	75,2	48,8	73,1	22	00:01:50 s	64,6	75,6	65,7	42	00:03:30 s	75,7	68,8	55,9
3	00:00:15 s	70,1	49,8	71,4	23	00:01:55 s	59,0	53,0	65,6	43	00:03:35 s	60,1	54,1	62,4
4	00:00:20 s	58,5	50,3	53,4	24	00:02:00 s	58,0	48,4	72,2	44	00:03:40 s	57,7	49,5	59,1
5	00:00:25 s	58,2	46,4	53,8	25	00:02:05 s	57,4	50,6	50,8	45	00:03:45 s	52,9	64,0	73,5
6	00:00:30 s	61,1	50,1	60,1	26	00:02:10 s	62,8	46,9	68,0	46	00:03:50 s	52,3	49,3	68,7
7	00:00:35 s	66,6	61,1	60,8	27	00:02:15 s	72,6	47,6	46,1	47	00:03:55 s	45,0	57,6	68,5
8	00:00:40 s	73,2	67,2	66,8	28	00:02:20 s	70,7	55,9	66,1	48	00:04:00 s	72,7	75,4	61,3
9	00:00:45 s	74,8	76,2	60,3	29	00:02:25 s	60,5	64,0	76,2	49	00:04:05 s	47,7	51,4	62,2
10	00:00:50 s	73,8	56,7	47,4	30	00:02:30 s	75,1	49,7	54,8	50	00:04:10 s	50,5	66,4	53,2
11	00:00:55 s	65,4	49,3	49,8	31	00:02:35 s	49,7	60,5	57,1	51	00:04:15 s	52,0	69,7	73,9
12	00:01:00 s	66,9	75,7	56,0	32	00:02:40 s	48,8	62,9	53,9	52	00:04:20 s	75,6	57,3	57,4
13	00:01:05 s	62,6	60,1	74,3	33	00:02:45 s	49,8	49,2	51,6	53	00:04:25 s	53,0	49,4	50,9
14	00:01:10 s	62,2	57,7	48,2	34	00:02:50 s	50,3	58,6	52,2	54	00:04:30 s	48,4	63,3	47,3
15	00:01:15 s	59,1	52,9	56,1	35	00:02:55 s	46,4	59,8	62,3	55	00:04:35 s	50,6	55,4	59,4
16	00:01:20 s	56,0	52,3	66,3	36	00:03:00 s	50,1	62,8	60,5	56	00:04:40 s	46,9	63,5	74,5
17	00:01:25 s	56,5	45,0	54,3	37	00:03:05 s	61,1	49,7	67,4	57	00:04:45 s	47,6	60,3	67,5
18	00:01:30 s	70,6	72,7	64,1	38	00:03:10 s	67,2	51,6	46,9	58	00:04:50 s	55,9	65,7	66,7
19	00:01:35 s	66,7	47,7	69,7	39	00:03:15 s	76,2	47,0	51,0	59	00:04:55 s	64,0	59,5	60,6
20	00:01:40 s	58,3	50,5	61,0	40	00:03:20 s	56,7	74,5	51,4	60	00:05:00 s	49,7	46,2	51,7





# Método alternativo para a determinação do

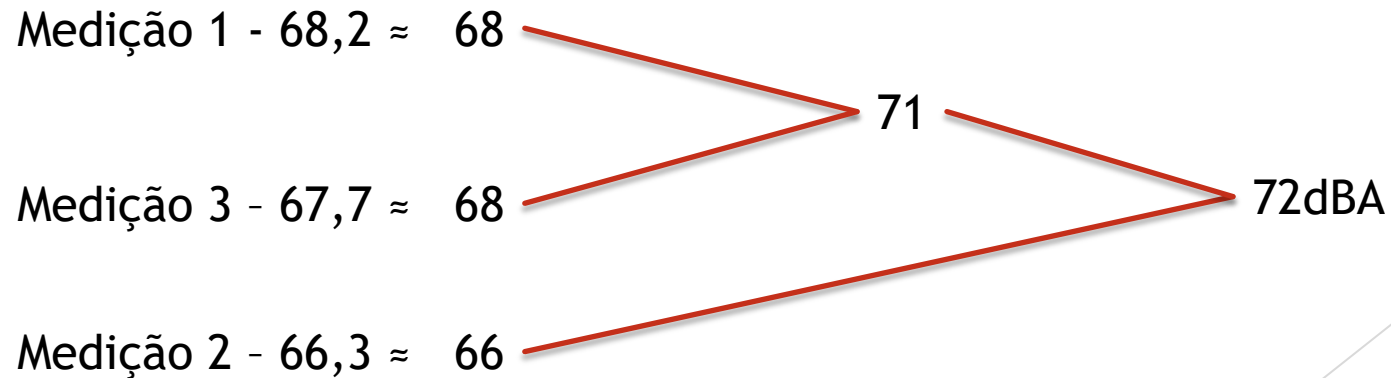
$$L_{Aeq}$$

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

- ▶  $L_i$  - é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído;
- ▶  $n$  é o número total de leituras.

$$\text{NIS} = 10 \cdot \log_{10}(10^7 + 10^8)$$

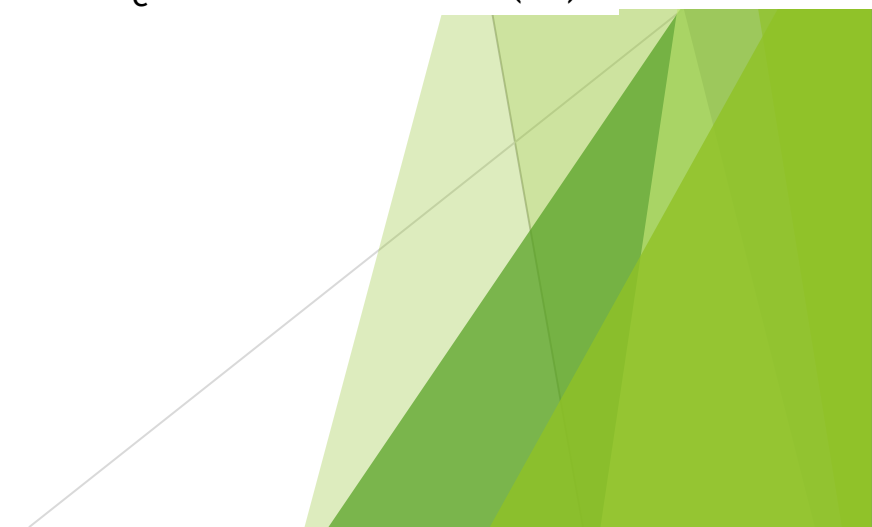
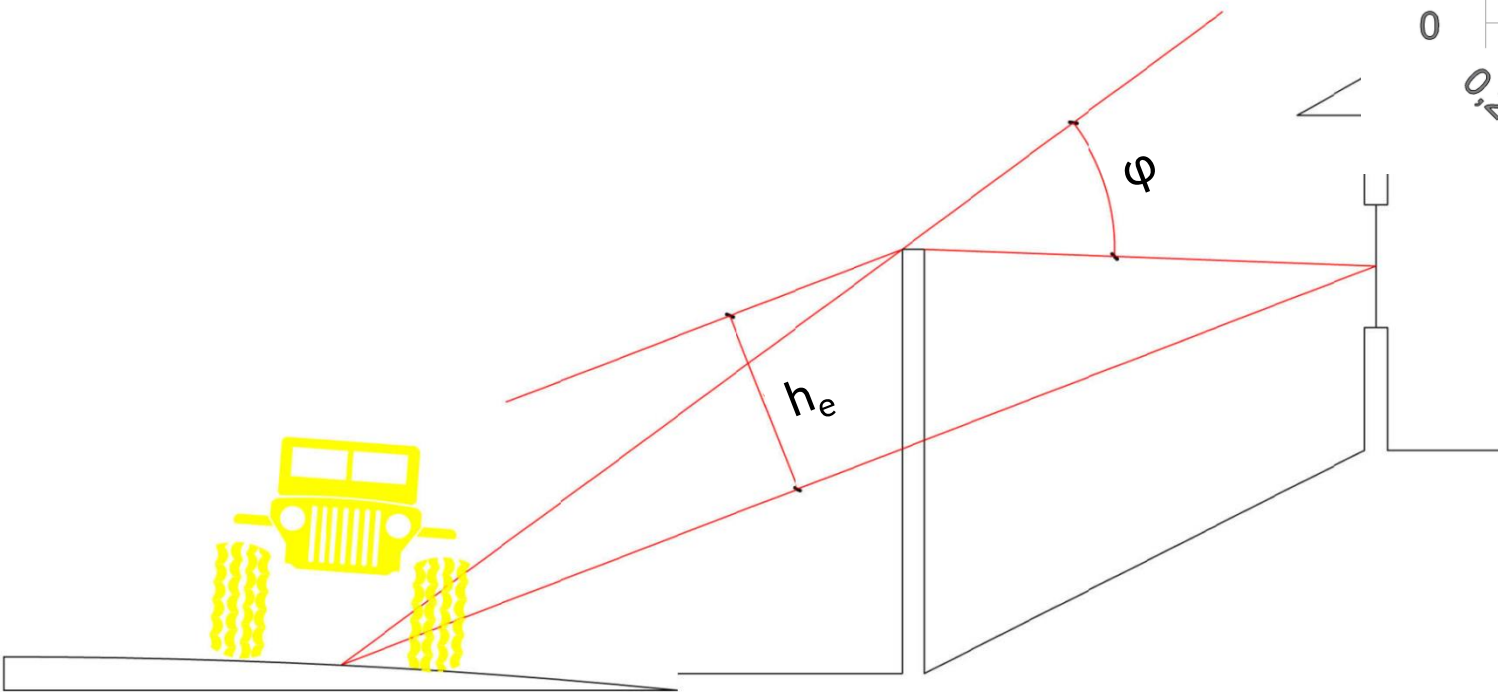
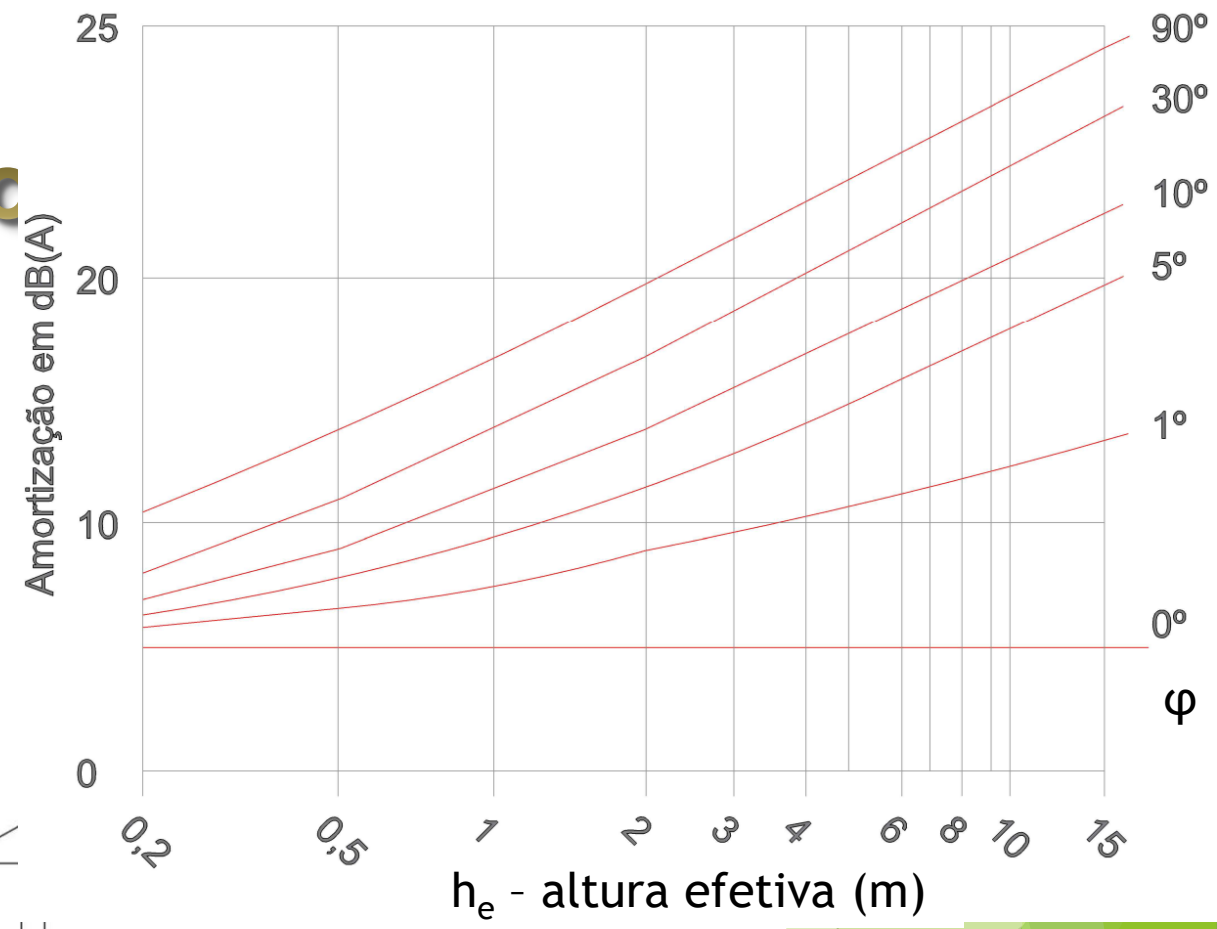
Medição	Somatório
1	3.621,8
2	3.413,3
3	3.613,5





# ROTEIRO DE CÁLCULO

## Amortização do ruído externo



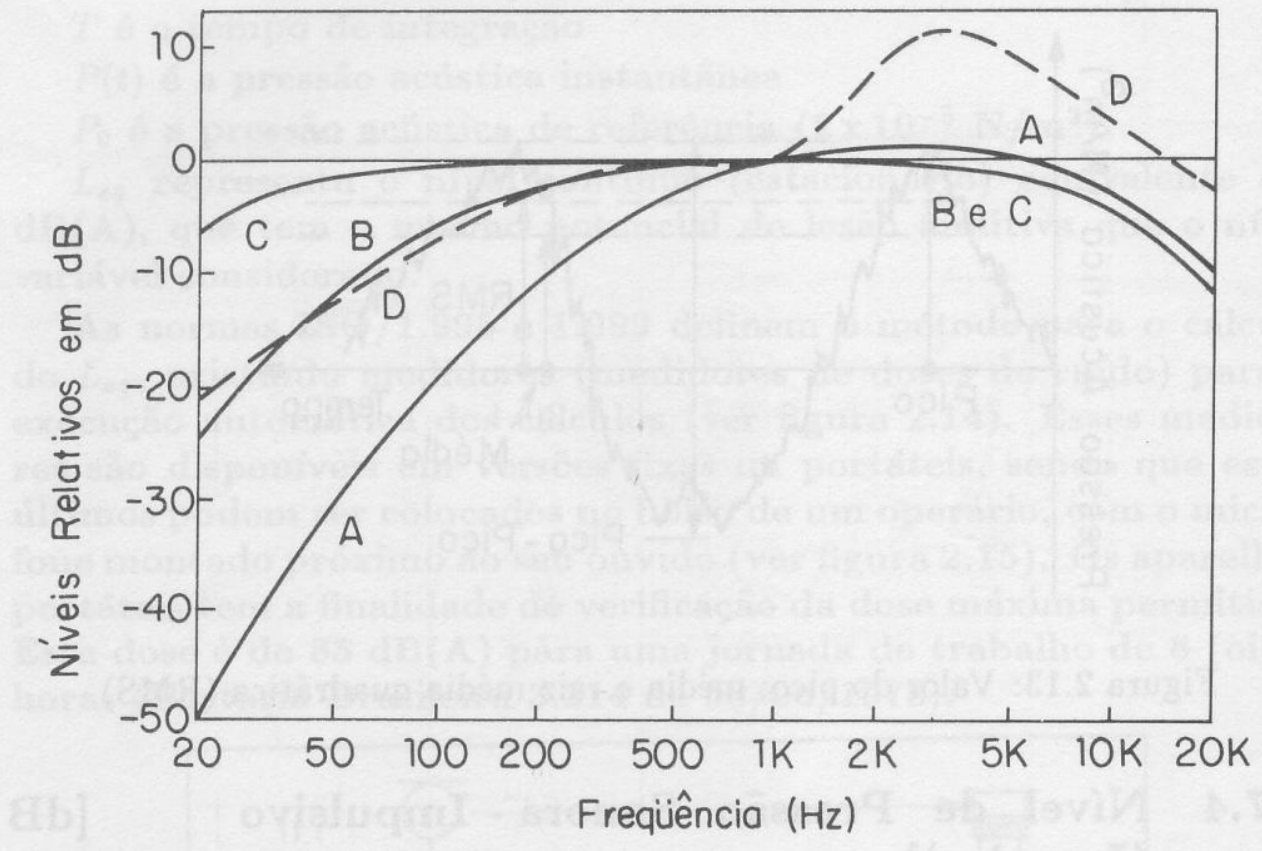
- ▶ Nível de pressão sonora em decibels ( $L_p$ )

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \quad [dB]$$

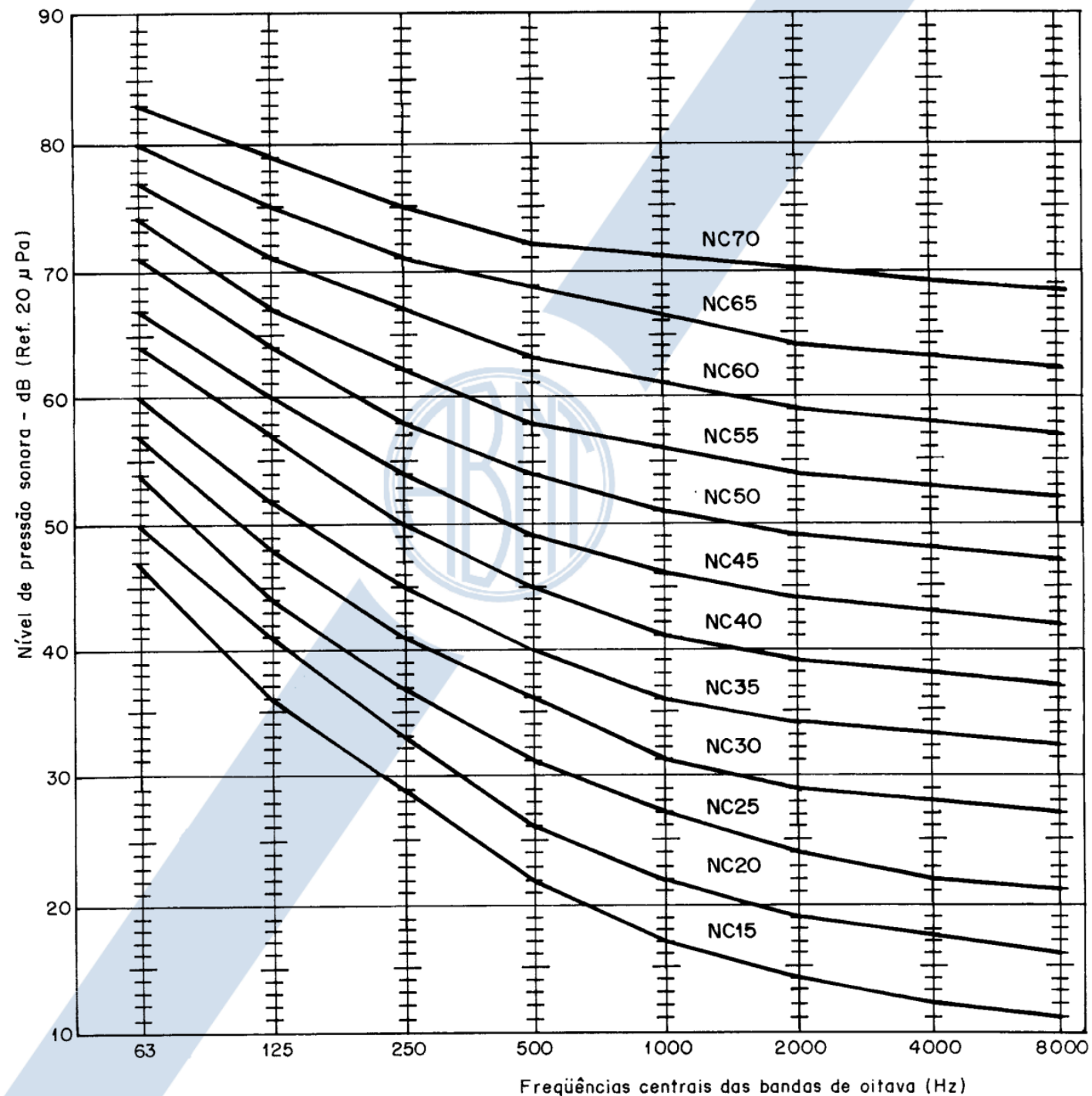
- ▶  $P$  – valor eficaz da pressão, em pascals (Pa)
  - ▶  $P_0$  – pressão sonora de referencia ( $20\mu\text{Pa}$ )
- ▶ Nível de pressão sonora ponderado  $L_{pa}$ , em decibels (A)

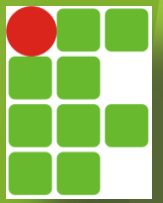
$$L_{PA} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad [dB(A)]$$

dB (A) - Escala de ponderação, que aproxima os níveis de pressão sonora à forma como o ouvido humano percebe o ruído nas diversas frequências.



NC - *noise criterion* - curvas propostas por Berane em 1957, para comparar espectros sonoros com a igual intensidade.





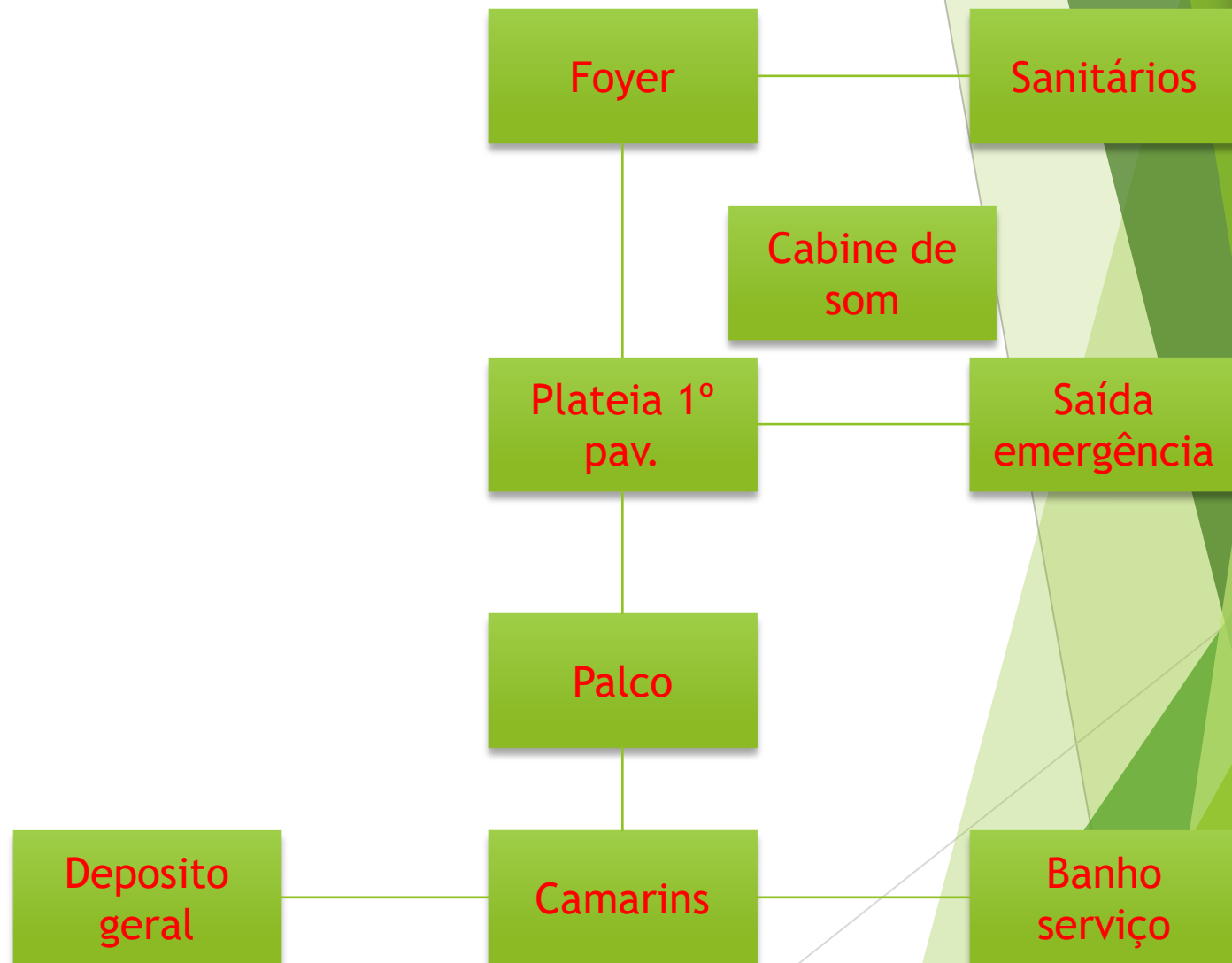
# Trabalho - Projeto de um auditório

Grupos de 4

Não pode ser superior a 4 pessoas.

# Programa de necessidades

- a. Palco  $\pm 40\text{m}^2$
- b. Foyer  $\pm 50\text{m}^2$
- c. Sanitários
  - a. Masculino 10 a  $15\text{m}^2$
  - b. Feminino 10 a  $15\text{m}^2$
  - c. Serviço  $2\text{m}^2$
- d. 4 camarins  $\pm 10\text{m}^2$
- e. Saída emergência – porta de ferro
- f. Plateia  $\pm 300$  pessoas ( $\pm 1\text{m}^2/\text{pessoa}$ )
- g. Gabinete controle de som  $\pm 10\text{m}^2$
- h. Deposito  $\pm 12\text{m}^2$



# Roteiro para a confecção

1. Capa
2. Sumario
3. Introdução
  - a. (o que é o trabalho? Onde está o terreno? Quais são as partes que compõe o trabalho?)
4. Estudo de caso
5. Projeto de condicionamento acústico
  - a. Morfologia
  - b. Geométrico acústico
  - c. Tempo de reverberação
6. Projeto de isolamento acústico
7. Projeto
  - a. Planta baixa
  - b. 2 cortes
  - c. detalhamento

SIL OESTE - 2563 -



Setor 003  
Quadra 006  
Lote 06

RUA BENTO GONÇALVES - 121 -

<http://www.pmpf.rs.gov.br/mapas/>

# Roteiro para a confecção do projeto



- a. Determinar o nível de ruído externo.
  - a. Considerar o tráfego de veículos
- b. Determinar o nível de ruído interno (NBR 10152)
- c. Estudar a disposição dos recintos internos
- d. Calcular o tempo de reverberação da sala
  - a. Caso necessário ajustar para o tempo ótimo;
- e. Determinar o nível de ruído interno, considerando a absorção.

Valores Recomendados de Volume-por-Assento (m <sup>3</sup> ) para Auditórios			
Tipo de Auditório	Mínimo	Ótimo	Máximo
Salas para Conferências	2.3	3.1	4.3
Salas de Concerto	6.2	7.8	10.8
Salas de Ópera	4.5	5.7	7.4
Igrejas Católicas	5.7	8.5	12.0
Outras Igrejas	5.1	7.2	9.1
Salas Multiuso	5.1	7.1	8.5
Cinemas	2.8	3.5	5.6

Copyright Andrew Marsh, UWA, 1999  
The School of Architecture and Fine Arts  
The University of Western Australia

