

RELATÓRIO TÉCNICO N° 92 307-205

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DE
EDIFICAÇÃO HABITACIONAL**

**CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS**

Cliente: Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP

Março / 2007

RESUMO:

Este relatório apresenta os resultados de medições de parâmetros ambientais realizadas em uma edificação residencial localizada no município de São José do Rio Preto, com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e acústico da edificação, construída com paredes de concreto auto-adensável moldada in loco. Os resultados mostraram que a edificação cumpre plenamente os requisitos mínimos de desempenho térmico desde que as janelas estejam protegidas da incidência de radiação solar direta. Com relação ao desempenho acústico, os elementos de vedação entre as unidades habitacionais autônomas apresentam níveis de desempenho “Intermediário” e “Superior” dependendo do ambiente considerado. Já o desempenho da fachada, não atende ao critério mínimo recomendado devido às frestas existentes na janela do modelo ensaiado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO	1
3 DESEMPENHO TÉRMICO	3
3.1 Medições realizadas	3
3.2 Resultados obtidos	3
3.3 Análise dos resultados	6
3.4 Avaliação do desempenho térmico	7
4 DESEMPENHO ACÚSTICO	8
4.1 Medições realizadas	8
4.2 Procedimentos de medição	8
4.3 Equipamentos utilizados	9
4.4 Valores de referência	10
4.5 Resultados das medições	10
4.6 Análise dos resultados	16
5 CONCLUSÕES	19
EQUIPE TÉCNICA	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
Anexo A: Cópia do desenho “PLANTA DO MODELO “A””, fornecido pelo cliente (02 páginas, incluindo folha de rosto)	
Anexo B: Fotos gerais da edificação ensaiada (04 páginas, incluindo folha de rosto)	

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 92 307-205 (3ª via)

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DE EDIFICAÇÃO HABITACIONAL

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados de medições de parâmetros ambientais realizadas para a avaliação do desempenho térmico e acústico de uma edificação residencial denominada Casa Modelo “A”, com 2 dormitórios (46,72 m²), executada pela Construtora Rodobens Negócios Imobiliários. A edificação está localizada no Condomínio Garden Village, Av. do Contorno do Linhão, s/n, Bairro Parque Belvedere, Município de São José do Rio Preto/SP.

As medições referentes ao conforto térmico foram feitas no período de 10.01.2007 a 09.02.2007, tendo em vista avaliar o desempenho térmico da edificação em dias típicos de verão. As medições referentes ao desempenho acústico foram feitas no dia 09.02.2007, de modo a se determinar o isolamento acústico das fachadas e das vedações internas da edificação.

As avaliações de desempenho foram realizadas segundo os métodos e critérios apresentados no projeto de norma 02.136.001/4 versão de 13 de fevereiro 2007⁽¹⁾.

2 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

As características gerais relativas ao desempenho térmico e acústico da edificação estão descritas a seguir:

- Paredes em concreto “auto-adensável” moldadas *in loco*, com as seguintes características: 8 cm de espessura para as paredes entre ambientes da mesma unidade habitacional; 10 cm de espessura para as paredes externas; e 12 cm de espessura para as paredes entre unidades habitacionais; superfície externa das paredes pintada na cor branca, com detalhes na cor verde claro;

- Cobertura com estrutura metálica e telhado em telhas cerâmicas, com forro horizontal em chapas de gesso acartonado de 12 mm de espessura;
- Área de piso total de 40 m², com dimensões em planta conforme a cópia do desenho “PLANTA MODELO “A””, fornecido pelo cliente, apresentada no Anexo A;
- Pé direito de 2,7 m;
- Piso cerâmico em todos os ambientes;
- Ambiente com três paredes expostas, identificada na planta do Anexo A como “Estar/Jantar”, sem ocupantes (adjacente aos quartos e sem parede divisória com a cozinha);
- Ambiente com uma parede exposta voltada para a face Nordeste, identificado na planta do Anexo A como “Dormitório 2”;
- Ambiente com duas paredes expostas, uma voltada para a face Nordeste e a outra para a face Noroeste, identificado na planta em anexo como “Dormitório 1”;
- Janelas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2” com caixilho de alumínio, localizadas na parede face Nordeste, com dimensões de 1,20 m X 1,20 m, com 3 folhas de correr, cada uma com dimensão igual à metade da área da janela, sendo: uma em vidro simples de 3 mm de espessura, uma do tipo veneziana em alumínio com aberturas para ventilação e outra do tipo veneziana em alumínio totalmente vedada. A área livre máxima para ventilação é da ordem de 50 % da área da janela;
- Janela do ambiente “Estar/Jantar” com caixilho de alumínio, dimensão de 1,20 m x 1,20 m, com duas folhas de correr em vidro simples, com dimensões iguais à metade da área da janela, possibilitando uma área livre para ventilação da ordem de 50 % da área da janela, localizada na parede face Sudoeste;
- Porta dos fundos do ambiente “Estar/Jantar”, localizada ao lado da janela, na parede face Sudoeste, com dimensões de 1,60 m x 2,10 m, com 4 folhas iguais de correr, em vidro simples, e demais características iguais à da janela;
- Portas internas e porta de entrada do ambiente “Estar/Jantar” em madeira.

3 DESEMPENHO TÉRMICO

3.1 Medições realizadas

Foram realizadas medições, simultaneamente, das seguintes grandezas:

- Temperatura do ar exterior;
- Temperatura do ar interior;
- Temperatura de globo do ambiente;
- Temperaturas superficiais internas das paredes expostas;
- Temperatura superficial interna da cobertura.
- Temperatura superficial interna do piso.

As temperaturas do ar interior e a temperatura de globo do ambiente foram tomadas na região central do ambiente “Estar/Jantar” e dos dois dormitórios, a uma altura de 0,6 m do piso, correspondente à altura do abdômen de uma pessoa sentada. As temperaturas superficiais internas das paredes e da cobertura foram tomadas na região central de cada superfície. Os parâmetros medidos foram registrados de 10 em 10 minutos.

Durante as medições as janelas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2” foram mantidas fechadas, com a metade de sua área com veneziana com aberturas para ventilação e a outra metade com vidro simples e veneziana sem aberturas para ventilação. A janela e a porta de vidro do ambiente “Estar/Jantar” foram mantidas fechadas e sem proteção solar.

3.2 Resultados obtidos

Os resultados referentes ao desempenho térmico estão apresentados em forma de gráficos, nas Figuras 3.1 a 3.4, com os valores dos parâmetros registrados em função do tempo, de modo a permitir não somente a avaliação do desempenho térmico segundo os critérios apresentados no projeto de norma 02.136.001/4 da ABNT, como também uma análise do comportamento térmico global de cada ambiente.

Dentre os dias do período de medições realizadas, foram selecionados para análise e apresentação, um período de dois dias consecutivos com comportamento semelhante e de tal forma que os valores máximos diários da temperatura do ar exterior

mais se aproximaram do valor correspondente a um dia típico de verão em São José do Rio Preto, que é da ordem de 33,6° C. Este valor foi adotado do anexo do Relatório Técnico IPT N° 30.923⁽²⁾ e corresponde aos dados tratados para a cidade de Campo Grande, no período de 1978 a 1987. A seqüência de dias encontrada foi 25.01.07 a 26.01.07, onde o segundo dia é considerado para a avaliação do desempenho térmico. Este dia apresentou um valor máximo diário de 33,3° C.

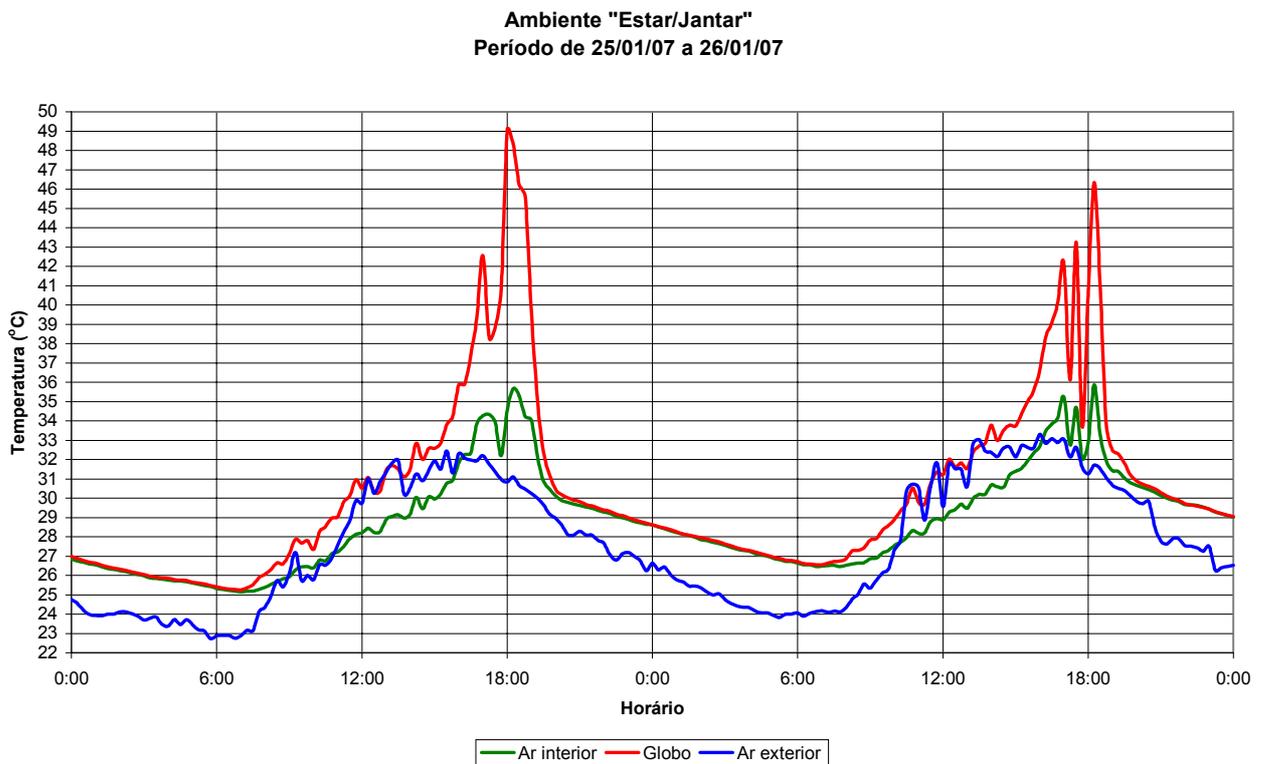


Figura 3.1: Temperatura do ar exterior, temperatura do ar interior e temperatura de globo do ambiente “Estar/Jantar” no período de 25/01/07 a 26/01/07.

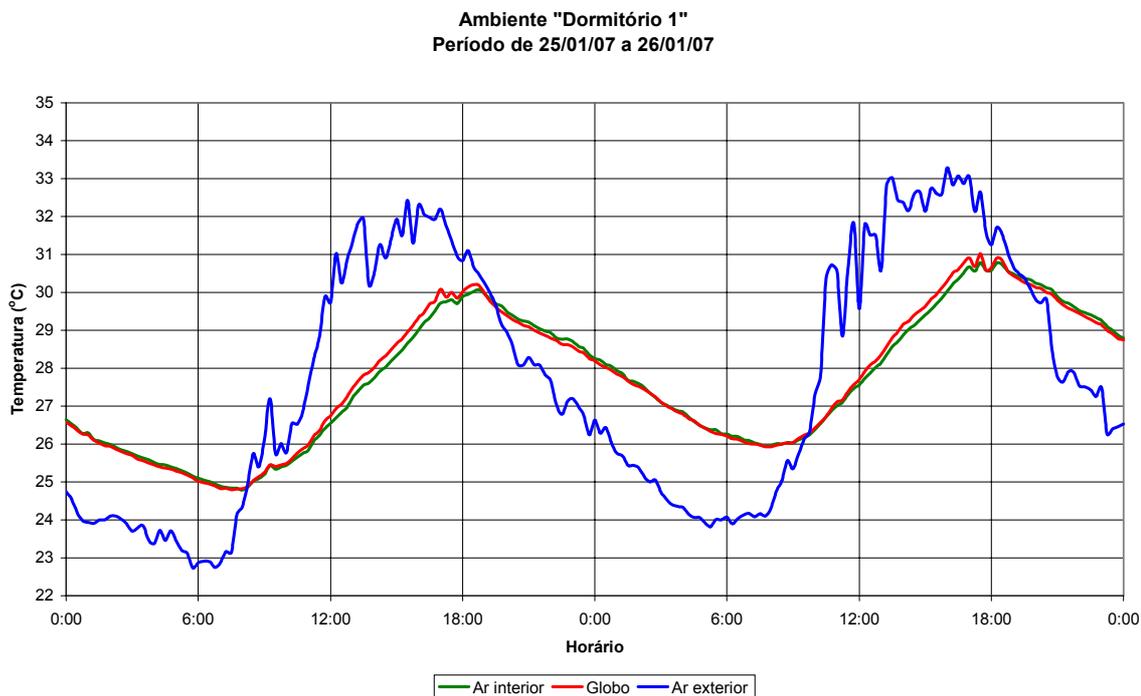


Figura 3.2: Temperatura do ar exterior, temperatura do ar interior e temperatura de globo do ambiente “Dormitório 1”, no período de 25.01.07 a 26.01.07.

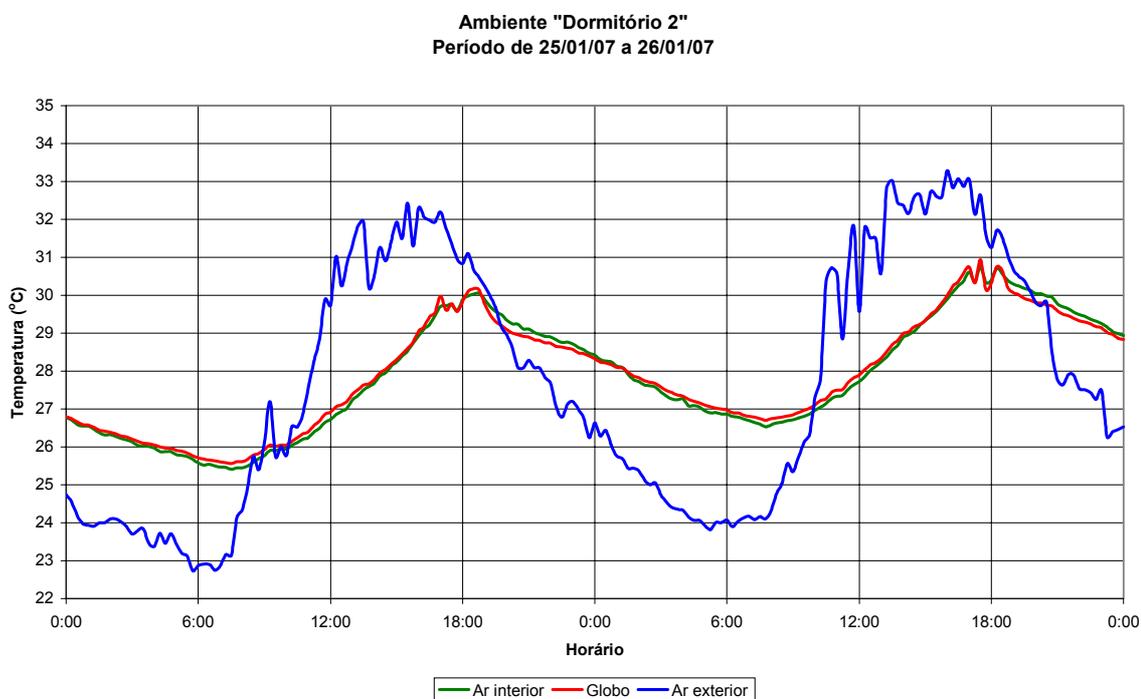


Figura 3.3: Temperatura do ar exterior, temperatura do ar interior e temperatura de globo do ambiente “Dormitório 2”, no período de 25.01.07 a 26.01.07.

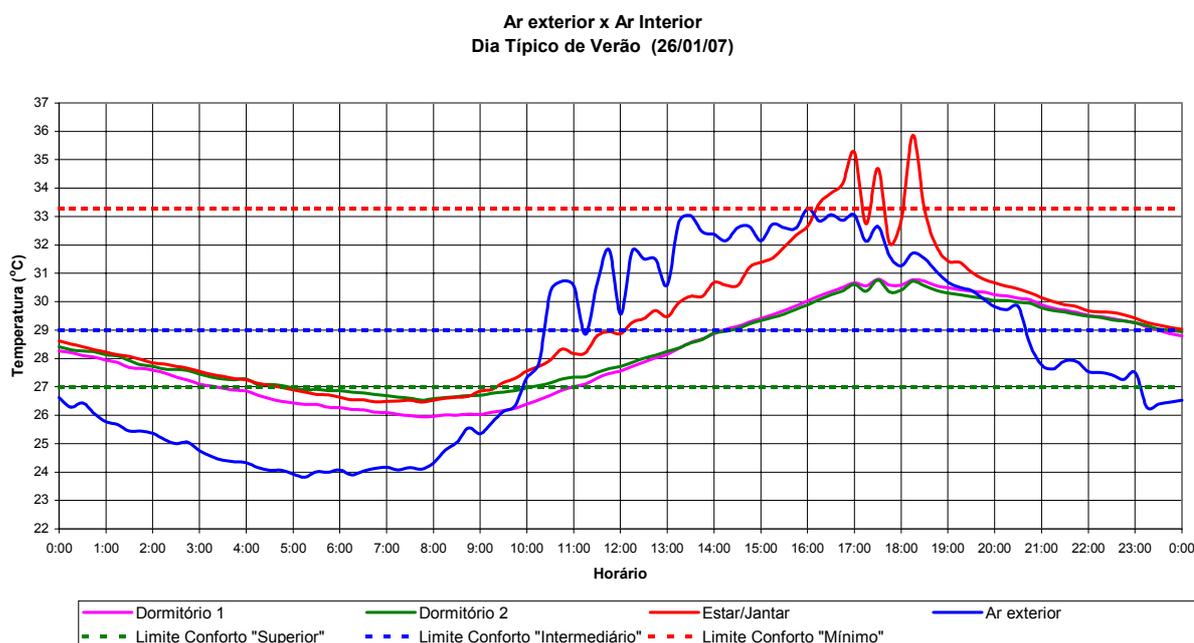


Figura 3.4: Temperatura do ar exterior e temperatura do ar interior dos ambientes “Estar/Jantar”, “Dormitório 1” e “Dormitório 2” num dia típico de verão em São José do Rio Preto (26.01.07).

3.3 Análise dos resultados

Os gráficos apresentados no item 3.2 permitem verificar, basicamente:

- A resposta térmica dos ambientes “Estar/Jantar”, “Dormitório 1” e “Dormitório 2” às condições de exposição ao clima: isto é feito comparando-se o comportamento da temperatura do ar interior em relação à temperatura do ar exterior – quanto menor a amplitude de variação da temperatura do ar interior em relação à amplitude de variação da temperatura do ar exterior, maior é a inércia térmica da edificação;
- Os níveis de conforto térmico dentro dos ambientes “Estar/Jantar”, “Dormitório 1” e “Dormitório 2”, verificando-se os valores apresentados pela temperatura do ar e pela temperatura de globo no interior dos ambientes – quanto mais elevados estiverem estes valores em relação aos limites de conforto térmico, maior será o desconforto experimentado pelos ocupantes.
- O nível de desempenho térmico segundo os critérios estabelecidos no projeto de norma 02.136.001/4, onde, para um dia típico de verão, tem-se: nível “Mínimo” (M), quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior; nível “Intermediário” (I), quando o valor

máximo diário da temperatura do ar interior é menor ou igual a 29° C; nível “Superior” (S), quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é menor ou igual a 27° C.

Os gráficos com os perfis de variação da temperatura do ar interior e da temperatura de globo, que representa o comportamento médio das temperaturas superficiais medidas, permitem portanto, uma verificação prática do comportamento térmico do ambientes “Estar/Jantar”, “Dormitório 1” e “Dormitório 2” (Ver Figuras 3.1 a 3.3). O gráfico da Figura 3.4 ilustra, de forma sintética, o desempenho térmico da edificação.

3.4 Avaliação do desempenho térmico

Os dados de temperatura apresentados na Figura 3.4 permitem concluir que a edificação atende plenamente as exigências relativas ao nível de desempenho térmico “Mínimo” desde que as janelas estejam protegidas da incidência de radiação solar direta.

Os valores máximos diários da temperatura do ar interior nos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”, que se encontravam com as janelas sombreadas, são significativamente menores que o valor máximo diário da temperatura do ar exterior, atendendo plenamente ao critério de desempenho “Mínimo”, porém não chegam a atender ao critério “Intermediário”, que limita o valor máximo diário da temperatura do ar interior em 29° C. O valor máximo diário da temperatura do ar interior do ambiente “Estar/Jantar” ultrapassa significativamente o valor máximo diário da temperatura do ar exterior, não atendendo, portanto, sequer ao critério de desempenho térmico “Mínimo”.

Os gráficos das Figuras 3.1 a 3.3 permitem verificar a influência da proteção solar das janelas. Nos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”, com janelas sombreadas, os valores da temperatura de globo são praticamente iguais aos valores da temperatura do ar interior, resultando em valores máximos diários da ordem de 2° C menores que os valores máximos diários da temperatura do ar exterior. No ambiente “Estar/Jantar”, com janelas não sombreadas, a temperatura de globo atinge valores bastante elevados, chegando a 49° C, evidenciando a influência da entrada da radiação solar direta no ambiente, resultando ainda em valores elevados da temperatura do ar interior que ultrapassam em cerca de 3° C os valores máximos diários da temperatura do ar exterior.

Pode-se dizer ainda, que as proporções elevadas de área envidraçada do ambiente “Estar/Jantar”, assim como a falta de sombreamento das mesmas, contribuem para diminuir a inércia térmica da edificação, o que torna obrigatório o sombreamento das áreas envidraçadas deste ambiente. Isto pode ser feito com o uso de cortinas ou de proteções solares externas, como, por exemplo, pela construção de uma varanda no local, o que foi feito na UNIDADE HABITACIONAL 2 (indicada na cópia da planta fornecida pelo cliente, apresentada no Anexo A).

4 DESEMPENHO ACÚSTICO

4.1 Medições realizadas

Para a avaliação das condições acústicas da edificação, foram efetuadas medições para a determinação dos seguintes parâmetros:

- Isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas;
- Isolamento ao ruído aéreo de fachadas;
- Isolamento ao ruído aéreo entre ambientes da mesma unidade habitacional.

As medições foram realizadas no dia 09.02.2007, aproximadamente entre 14h e 18h.

4.2 Procedimentos de medição

As medições para a determinação do isolamento aéreo entre ambientes foram realizadas conforme a norma ISO 140-4⁽³⁾. Em essência, o método consiste em gerar e medir num recinto, dito de emissão, um ruído aéreo com nível e espectro adequados às necessidades do ensaio e no recinto adjacente, dito de recepção, medir os níveis do ruído aéreo transmitido. A partir dos níveis de ruído do recinto de emissão e de recepção e do tempo de reverberação do recinto de recepção, determinam-se os valores da *Diferença Padronizada de Nível*, D_{nT} , especificada pela referida norma, por faixas de freqüências de terço de oitava.

Para a determinação do isolamento ao ruído aéreo de fachadas as medições foram realizadas conforme a norma ISO 140-5⁽⁴⁾. Neste caso, o ruído aéreo é gerado externamente à edificação e os níveis de ruído são medidos em frente à fachada e no

interior do recinto relacionado à fachada em questão. A partir dos níveis de ruído medidos em frente à fachada, dos níveis de ruído medidos no interior do recinto e do tempo de reverberação do recinto, determinam-se os valores da *Diferença Padronizada de Nível a 2 metros*, $D_{2m,nT}$, especificada pela referida norma, por faixas de frequências de terço de oitava.

Posteriormente, os valores de D_{nT} foram ponderados em um único resultado, a *Diferença Padronizada de Nível Ponderada*, $D_{nT,w}$. Os valores de $D_{2m,nT}$ também foram ponderados em um único resultado, a *Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 metros*, $D_{2m,nT,w}$. Estas ponderações foram feitas conforme a norma ISO 717-1⁽⁵⁾. Os índices $D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$ são os índices normalmente utilizados para a avaliação do desempenho acústico de vedações internas e externas da edificação.

O tempo de reverberação do recinto de recepção foi determinado pelo método do som interrompido, conforme norma ISO 354⁽⁶⁾.

Todas as medições foram feitas nas faixas de terço de oitava, de 100 Hz a 5000 Hz.

4.3 Equipamentos Utilizados

Para a execução das medições descritas acima foram utilizados os seguintes instrumentos:

- a) Medidor Integrador de Nível Sonoro Svantek; modelo SVAN 945;
Número de Série: 8026;
Certificado de Calibração: INMETRO DIMCI 2134/2005;
calibração válida até 16.11.2007.
- b) Microfone Capacitivo Brüel & Kjaer; modelo 4166; Número de Série: 1605698.
- c) Calibrador de Nível Sonoro Brüel & Kjær, modelo 4230; Número de Série 753471;
Certificado de Calibração: INMETRO DIMCI 2056/2005;
calibração válida até 04.11.2007.
- d) Amplificador de Potência - Brüel & Kjær Tipo 2706; Número de Patrimônio 34279.
- e) Gerador de Ruído Aleatório General Radio, modelo 1382; Número de Série: 1641.

4.4 Valores de referência

Para avaliação do desempenho acústico da edificação em questão foram utilizados os critérios apresentados pelo projeto de norma 02.136.01.001/4. Os critérios para o isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas e de fachadas de dormitórios, correspondentes aos resultados obtidos neste trabalho, estão apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2. Observe-se que este projeto de norma não estabelece critérios para o isolamento ao ruído aéreo entre ambientes de uma mesma unidade habitacional, tampouco para fachadas de ambientes que não sejam dormitórios.

Tabela 4.1: Diferença Padronizada de Nível Ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo – critérios estabelecidos pelo projeto de norma 02.136.01.001/4

Elemento	$D_{nT,w}$ (em dB, referente a 20 μ Pa)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	38 a 44	Mínimo (M)
	45 a 49	Intermediário (I)
	≥ 50	Superior (S)

Tabela 4.2: Diferença Padronizada de Nível Ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo – critérios estabelecidos pelo projeto de norma 02.136.01.001/4

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ (em dB, referente a 20 μ Pa)	Nível de desempenho
Vedação externa de dormitórios	25 a 29	Mínimo (M) – recomendado
	30 a 34	Intermediário (I)
	≥ 35	Superior (S)

4.5 Resultados das medições

Os resultados das medições são apresentados a seguir, em tabelas e gráficos.

4.5.1 Isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas

As medições para a determinação do isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas foram realizadas entre os ambientes “Dormitório 2” e entre os ambientes “Cozinha” das unidades habitacionais estudadas. Os ambientes da UNIDADE HABITACIONAL 2 foram utilizados para a emissão do ruído enquanto que os ambientes da UNIDADE HABITACIONAL 1 foram utilizados para a recepção do ruído. A identificação

das unidades habitacionais é feita na cópia da planta fornecida pelo cliente, apresentada no Anexo A.

Na Tabela 4.3 e na Figura 4.1 são apresentados os valores da *Diferença Padronizada de Nível*, D_{nT} , por faixas de freqüências de terço de oitava, referentes ao isolamento ao ruído aéreo entre as unidades habitacionais. Apresenta-se também, como último item da tabela, o valor da *Diferença Padronizada de Nível Ponderada*, $D_{nT,w}$.

Tabela 4.3: Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , entre as unidades habitacionais

Freqüência do centro da banda de terço de oitava Hz	D_{nT} em dB, referente a 20 μ Pa	
	“Dormitório 2”	“Cozinha”
100	34	38
125	31	39
160	33	40
200	39	46
250	37	44
315	37	44
400	40	45
500	43	47
630	48	51
800	48	53
1000	50	54
1250	51	58
1600	53	56
2000	52	56
2500	50	52
3150	55	56
4000	56	59
5000	47	52
$D_{nT,w}$ (em dB, referente a 20 μPa)	47	52

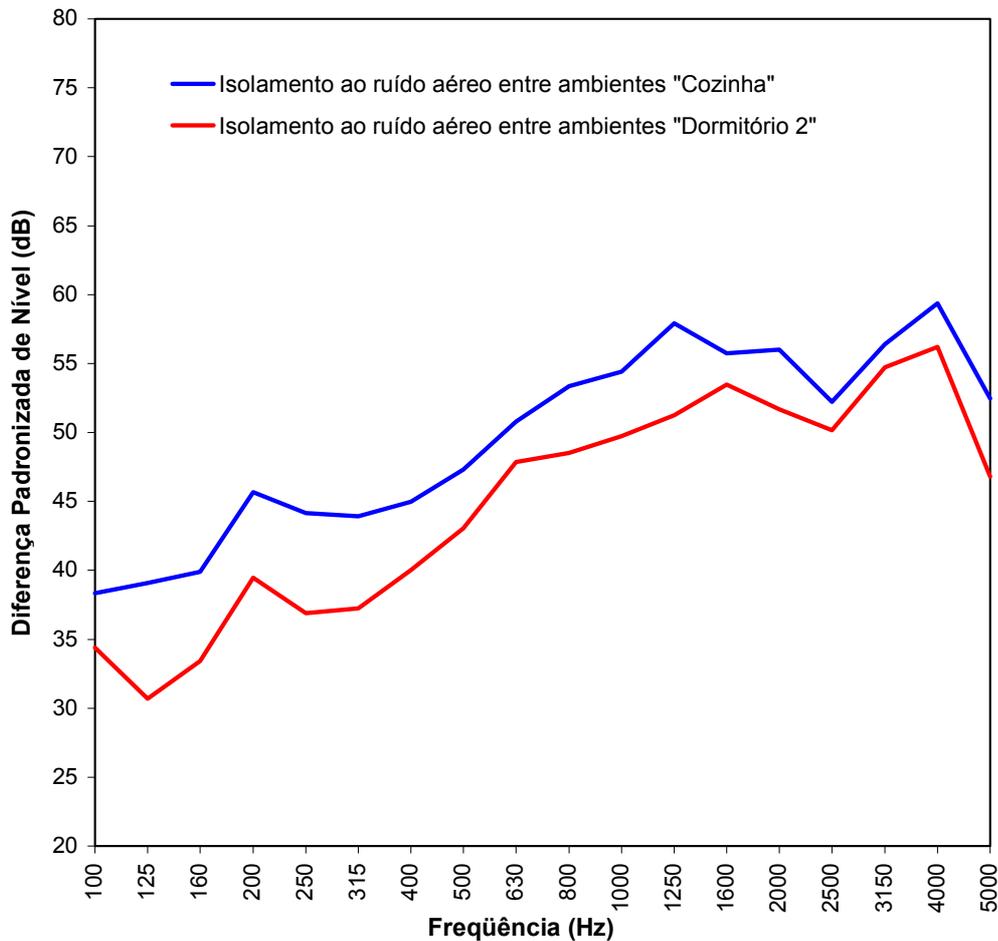


Figura 4.1: Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , entre as unidades habitacionais.

4.5.2 Isolamento ao ruído aéreo de fachadas

As medições realizadas se referem à fachada onde está situada a porta de vidro do ambiente “Estar/Jantar” e à fachada onde está situada a janela do ambiente “Dormitório 1” da UNIDADE HABITACIONAL 1.

Na Tabela 4.4 e na Figura 4.2 são apresentados os valores da *Diferença Padronizada de Nível a 2 metros*, $D_{2m,nT}$, por faixas de terço de oitava, referentes às duas fachadas. Apresenta-se também, como último item da tabela, os valores da *Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 metros*, $D_{2m,nT,w}$.

Tabela 4.4: Diferença Padronizada de Nível a 2 metros, $D_{2m,nT}$, das fachadas

Frequência do centro da banda de terço de oitava Hz	$D_{2m,nT}$ em dB, referente a 20 μ Pa	
	Isolamento ao ruído aéreo da fachada do ambiente "Estar/Jantar"	Isolamento ao ruído aéreo da fachada do ambiente "Dormitório 1"
100	22	19
125	19	14
160	18	14
200	23	17
250	23	18
315	20	18
400	21	19
500	23	21
630	22	20
800	25	20
1000	25	22
1250	26	25
1600	26	23
2000	24	23
2500	22	23
3150	21	22
4000	21	23
5000	24	25
$D_{2m,nT,w}$ (em dB, referente a 20 μPa)	24	22

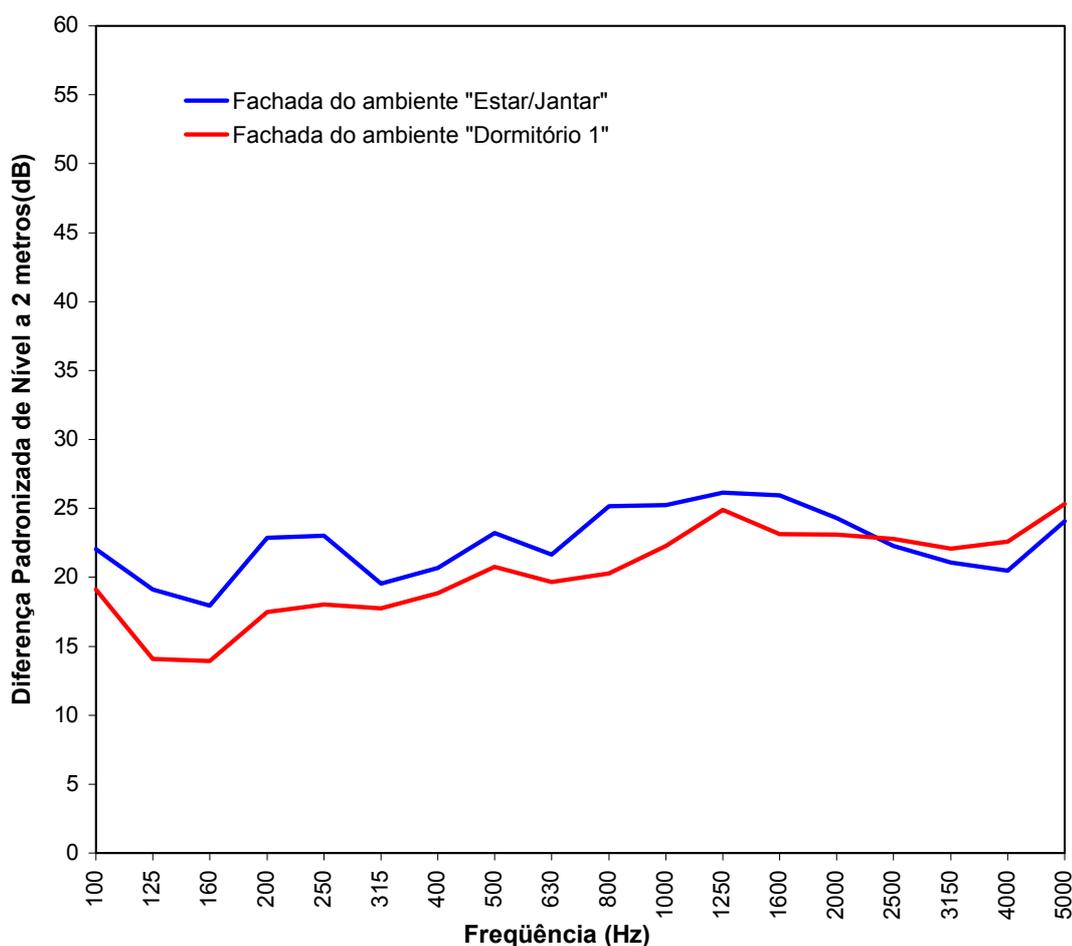


Figura 4.2: Diferença Padronizada de Nível a 2 metros, $D_{2m,nT}$, das fachadas.

4.5.3 Isolamento ao ruído aéreo entre ambientes da mesma unidade habitacional

As medições para a determinação do isolamento ao ruído aéreo entre ambientes da mesma unidade habitacional foram realizadas entre “Dormitório 2” e “Dormitório 1” e entre “Cozinha” e “Dormitório 2” da UNIDADE HABITACIONAL 1. No primeiro caso, o ambiente “Dormitório 2” foi utilizado para a emissão do ruído e o ambiente “Dormitório 1” para a recepção do ruído. No segundo caso, o ambiente “Cozinha” foi utilizado para a emissão do ruído e o ambiente “Dormitório 2” para a recepção do ruído.

Na Tabela 4.5 e na Figura 4.3 são apresentados os valores da *Diferença Padronizada de Nível*, D_{nT} , por faixas de frequências de terço de oitava, referentes ao isolamento ao ruído aéreo entre os ambientes da mesma unidade habitacional. Apresenta-se também, como último item da tabela, os valores da *Diferença Padronizada de Nível Ponderada*, $D_{nT,w}$.

Tabela 4.5: Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , entre os ambientes da mesma unidade habitacional

Frequência do centro da banda de terço de oitava Hz	D_{nT} em dB, referente a 20 μ Pa	
	“Dormitório 2” - “Dormitório 1”	“Cozinha” - “Dormitório 2”
100	27	21
125	34	21
160	26	22
200	29	22
250	32	21
315	33	21
400	34	22
500	36	23
630	37	24
800	36	23
1000	39	24
1250	41	24
1600	42	25
2000	41	24
2500	39	23
3150	35	20
4000	35	20
5000	38	22
$D_{nT,w}$ (em dB, referente a 20 μPa)	38	24

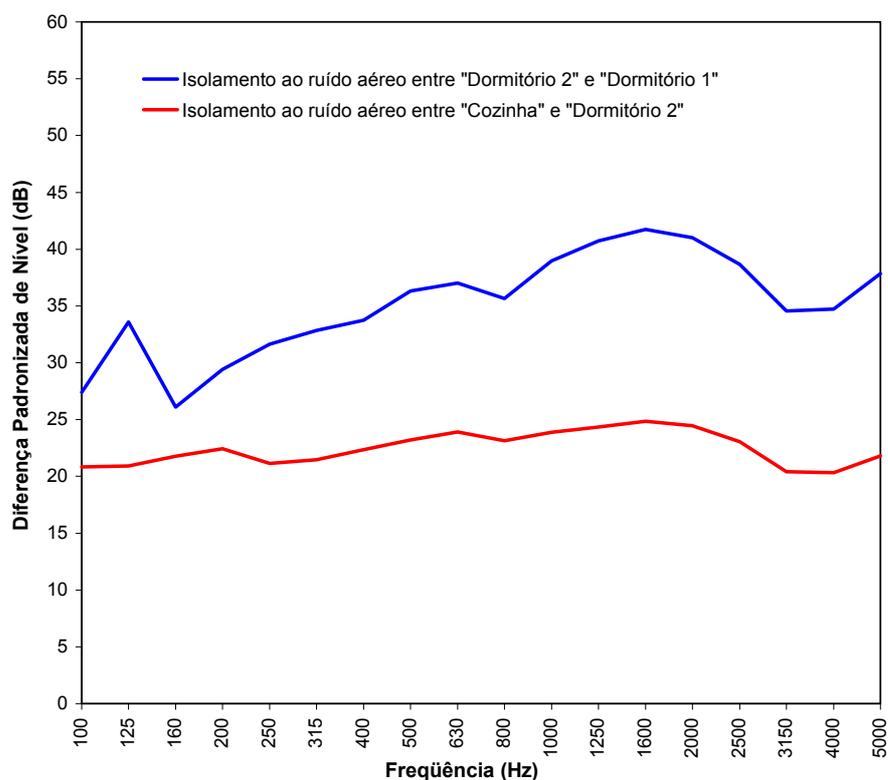


Figura 4.3: Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , entre os ambientes de mesma unidade habitacional.

4.6 Análise dos resultados

A Tabela 4.6 apresenta o resumo dos resultados e os critérios para o nível de desempenho acústico correspondentes.

Tabela 4.6: Comparativo entre os resultados obtidos e os critérios do projeto de norma 02.136.01.001/4

Elemento	Resultado (em dB, referente a 20 μ Pa)	Nível de Desempenho obtido	Critério correspondente (em dB, referente a 20 μ Pa)
Parede entre ambientes "Dormitório 2" das unidades habitacionais autônomas	$D_{nT,w} = 47$	"Intermediário"	$D_{nT,w}$ entre 45 e 49
Parede entre ambientes "Cozinha" das unidades habitacionais autônomas	$D_{nT,w} = 52$	"Superior"	$D_{nT,w} \geq 50$

(continua)

(continuação)

Fachada do ambiente "Dormitório 1"	$D_{2m,nT,w} = 22$	Não atinge o mínimo recomendado	$D_{2m,nT,w}$ entre 25 e 29
Fachada do ambiente "Estar/Jantar"	$D_{2m,nT,w} = 24$	-	-
Parede entre os ambientes "Dormitório 2" e "Dormitório 1"	$D_{nT,w} = 38$	-	-
Parede entre os ambientes "Cozinha" e "Dormitório 2"	$D_{nT,w} = 24$	-	-

A seguir, são feitas análises específicas para os ensaios realizados.

4.6.1 Isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas

O valor de $D_{nT,w}$ determinado pelas medições entre os ambientes "Dormitório 2" das unidades habitacionais, apresentado na Tabela 4.6, indica que o elemento de vedação entre estes ambientes apresenta nível de desempenho "Intermediário". Destaca-se, todavia, que as normas relacionadas à determinação de isolamento sonora em campo alertam para limitações do método quando as medições são realizadas em ambientes com volumes reduzidos.

Segundo a norma ISO 140-4, em ambientes cujos volumes sejam menores do que 50m³ nem sempre é possível obter resultados de medições confiáveis nas baixas frequências. Já segundo a norma ASTM E 336 – 05⁽⁷⁾, o índice NNR (*Normalized Noise Reduction*), que é compatível com o índice D_{nT} da norma ISO, deve ser medido entre ambientes com volumes de no mínimo 25m³, recomendação esta que não é atendida pelos ambientes "Dormitório 2". Além disso, esta norma afirma que a incerteza do nível de pressão sonora médio é maior quanto menores forem a frequência e o volume do ambiente. Esta informação também é encontrada na norma ISO 140-14⁽⁸⁾ que apresenta valores teóricos dos desvios padrões dos níveis de pressão sonora medidos em ambientes de diferentes volumes.

O valor de $D_{nT,w}$ apresentado na Tabela 4.6, determinado pelas medições entre os ambientes "Cozinha" das duas unidades habitacionais, representa um nível de desempenho "Superior", segundo os critérios do projeto de norma 02.136.01.001/4. O

bom desempenho acústico obtido se deve ao fato da parede de geminação neste ambiente apresentar área reduzida comparativamente às outras paredes de separação. Observe-se ainda que na UNIDADE HABITACIONAL 2 foi construída uma varanda (indicada na cópia da planta fornecida pelo cliente, apresentada no Anexo A), não existente no projeto original, anexa aos ambientes “Cozinha” e “Estar/Jantar”, que contribui para a elevação do potencial de isolamento da vedação entre os ambientes “Cozinha” das duas unidades. Não havendo este anexo, parte da energia sonora que sai pela fachada de uma unidade habitacional entra pela fachada da outra unidade habitacional, devido aos fenômenos de difração e reflexão da onda sonora e da baixa isolamento apresentada pelas fachadas.

4.6.2 Isolamento ao ruído aéreo de fachadas

O valor de $D_{2m,nT,w}$ apresentado na Tabela 4.6, referente à fachada do ambiente “Dormitório 1”, não atende ao critério mínimo recomendado pelo projeto de norma 02.136.01.001/4; valores entre 25dB e 29dB atendem a este critério. Com relação à fachada do ambiente “Estar/Jantar” a norma não apresenta critérios para o desempenho acústico.

As frestas existentes nas portas e janelas instaladas na edificação ensaiada prejudicam o desempenho das fachadas. Janelas e portas de melhor qualidade acústica, bem como cuidados na instalação destes elementos, são recomendáveis para que a fachada da edificação apresente um bom desempenho acústico.

4.6.3 Isolamento ao ruído aéreo entre ambientes da mesma unidade habitacional

Para o isolamento acústico entre ambientes da mesma unidade habitacional o projeto de norma 02.136.01.001/4 não apresenta critérios. No caso das medições entre os ambientes “Dormitório 2” e “Dormitório 1”, valem as mesmas observações feitas para as medições entre os ambientes “Dormitório 2” das unidades habitacionais, com relação ao volume.

4.6.4 Comentários gerais

Os resultados obtidos de medições em campo são válidos especificamente para as geometrias e configurações da edificação ensaiada. Dessa forma, caso sejam efetuadas mudanças nos componentes da edificação, dimensões dos elementos de vedação ou disposição de portas e janelas, por exemplo, novos ensaios devem ser realizados para a avaliação do desempenho acústico da nova edificação.

Quando se deseja avaliar edificações de diferentes tipologias, mas com o mesmo sistema construtivo, o recomendado é que se determine a isolação sonora dos componentes de vedação por meio de ensaios em laboratório, conforme a norma ISO 140 - 3⁽⁹⁾. Conhecendo-se a isolação sonora dos componentes da edificação por este método, é possível realizar a avaliação do desempenho acústico para qualquer tipologia de edificação, por meio de cálculo. Além disso, tendo disponíveis os valores de isolação sonora de todos os componentes, e caso se queira modificar uma única característica do sistema construtivo (espessura da parede, por exemplo), basta que seja realizado apenas o ensaio em laboratório do elemento modificado para que o desempenho acústico da edificação seja novamente determinado.

Esta recomendação é ainda mais importante nos casos em que as condições de medição se afastam dos requisitos das normas utilizadas para ensaios em campo. Assim, no caso das medições realizadas em ambientes com volumes reduzidos, por exemplo, devido às incertezas introduzidas, o ideal é que a avaliação seja feita por meio de ensaios em laboratórios.

5 CONCLUSÕES

A edificação analisada atende plenamente às exigências relativas ao nível de desempenho térmico “Mínimo” desde que as janelas estejam protegidas da incidência de radiação solar direta. Isto significa que, a exemplo do observado nas janelas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”, as áreas envidraçadas do ambiente “Estar/Jantar” devem, obrigatoriamente, apresentar algum dispositivo de proteção solar para impedir a entrada de radiação solar no ambiente, sob pena de não ser atendido o critério de desempenho térmico “Mínimo”. Uma solução bastante adequada é a construção de uma varanda no local.

Com relação ao desempenho acústico, os elementos de vedação entre as unidades habitacionais autônomas apresentam, no caso do ambiente “Dormitório 2”, nível de desempenho “Intermediário” e, no caso do ambiente “Cozinha”, nível de desempenho “Superior”. A fachada do ambiente “Dormitório 1” não atende ao critério mínimo recomendado, devido às frestas existentes na janela do modelo ensaiado.

São Paulo, 30 de março de 2007.

CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Laboratório de Conforto Ambiental e
Sustentabilidade dos Edifícios

CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Física Dra. Maria Akutsu
Pesquisadora
RE nº 2644.3

Engº Civil Mestre José Carlos Tomina
Diretor do Centro
CREA nº 158.614/D - RE nº 1231.0

EQUIPE TÉCNICA

CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios

Gerente do Projeto: Fúlvio Vittorino, Engenheiro Mecânico, Doutor

Elaine Lemos Silva – Física

Marcelo de Mello Aquilino – Físico, Mestre

Maria Akutsu – Física, Doutora

Mitsuo Yoshimoto – Físico

Paulo Carnio – Técnico

Apoio Administrativo

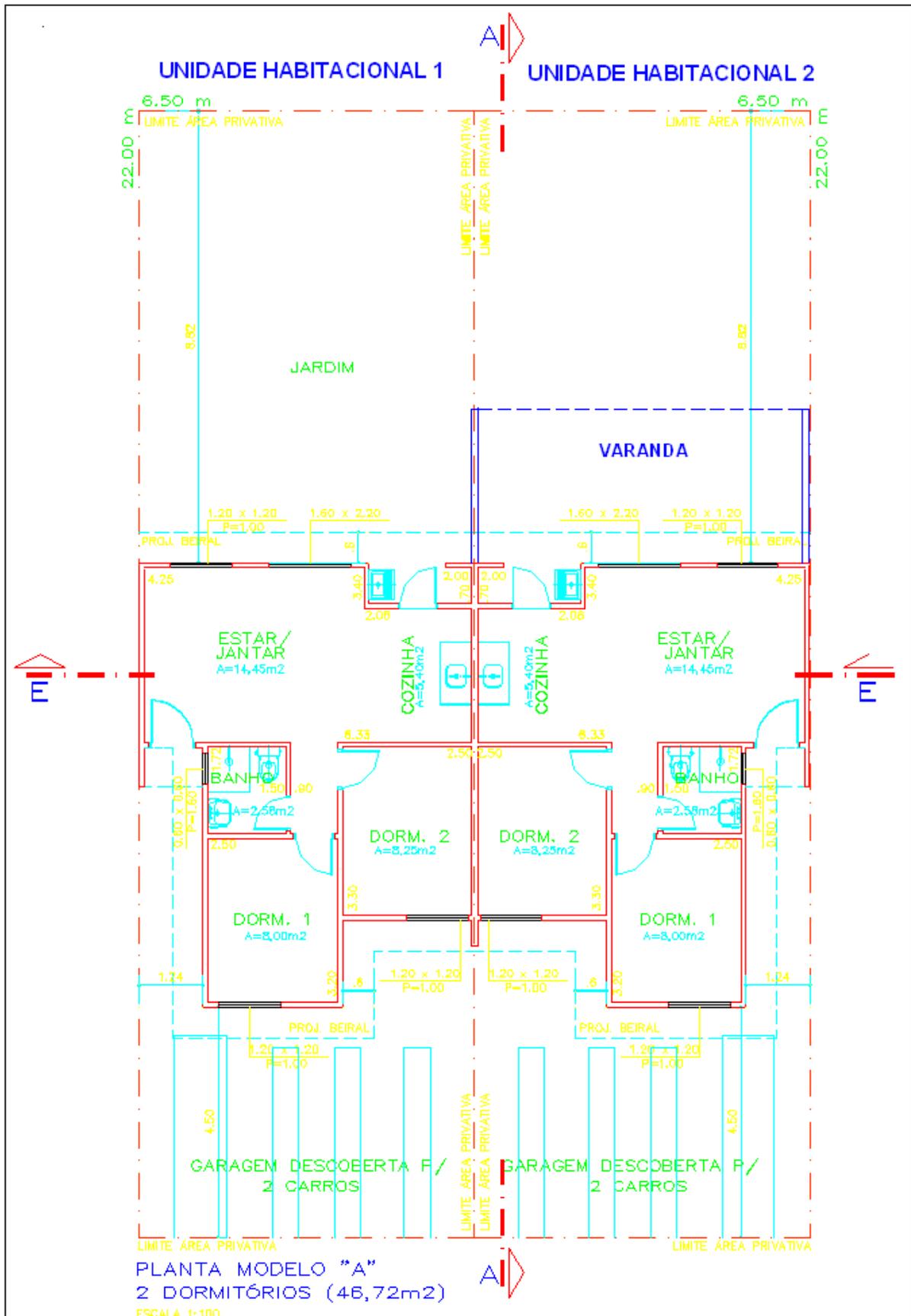
Vera Lúcia Assaiante de Souza – Secretária

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, São Paulo, 13 FEV 2007: *Projeto de norma 02.136.01.001/4 “Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco Pavimentos – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas”*.
2. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A, São Paulo, 1992: Relatório Técnico IPT N° 30.923 *“Elaboração de critério para a classificação de edificações segundo seu desempenho térmico”*.
3. International Organization for Standardization, Geneva, 1998: Standard ISO 140-4 *“Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms”*.
4. International Organization for Standardization, Geneva, 1998: Standard ISO 140-5 *“Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades”*.
5. International Organization for Standardization, Geneva, 1996: Standard ISO 717-1 *“Rating of sound insulation in buildings and of building elements” - Part 1 “Airborne sound insulation in buildings and of interior building elements”*.
6. International Organization for Standardization, Geneva, 2003: Standard ISO 354 *“Measurement of sound absorption in a reverberation room”*.
7. American Society for Testing and Materials, west Conshohocken, 2005: Standard ASTM E 336 – 05 *“Standard Test Method for Measurement of Airborne Sound Attenuation between Rooms in Buildings”*.
8. International Organization for Standardization, Geneva, 1998: Standard ISO 140-14 *“Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 14: Guidelines for special situations in the field”*.
9. International Organization for Standardization, Geneva, 1998: Standard ISO 140-3 *“Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements”*.

ANEXO A

Cópia do desenho “PLANTA MODELO “A””, fornecido pelo cliente
(02 páginas, incluindo folha de rosto)



ANEXO B

Fotos gerais da edificação ensaiada
(04 páginas, incluindo folha de rosto)



Foto 1: Fachada dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”.



Foto 2: Fachada do ambiente “Estar/Jantar” utilizada para a determinação do isolamento ao ruído aéreo. Pode-se notar a grande área envidraçada sem proteção solar.



Foto 3: Vista da varanda anexa aos ambientes “Cozinha” e “Estar/Jantar” da UNIDADE HABITACIONAL 2.



Foto 4: Frestas encontradas na folha cega das janelas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”.



Foto 5: Fresta encontrada entre a folha cega e o marco das janelas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”.



Foto 6: Frestas encontradas nas portas dos ambientes “Dormitório 1” e “Dormitório 2”.