

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DE CAFÉS-CONCERTO

ALBERTO LUÍS DE ARAÚJO PINHEIRO MACHADO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Orientador: Professor Doutor António Pedro Oliveira de Carvalho

JULHO DE 2008

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2006/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1940

✉ scc@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais, Rosa e Arnaldo, pelo estímulo e apoio incondicional.

*A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais voltara ao seu tamanho original.*

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Uma palavra de agradecimento a todos os que possibilitaram, ou de alguma forma colaboraram para a concretização deste trabalho:

Ao Professor Doutor António Pedro Oliveira de Carvalho, orientador desta tese, um especial agradecimento pela atenção, interesse e disponibilidade sempre demonstrados, bem como pelas sugestões e revisão pormenorizado;

Aos responsáveis pelos Cafés-Concerto e a todos os profissionais com eles relacionados que de alguma forma possibilitaram ou facilitaram a caracterização acústica das salas estudadas neste trabalho;

À Natacha pela colaboração na concretização das medições, e paciência no decorrer de todo o trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem por objectivo aprofundar o conhecimento sobre o comportamento acústico de Cafés-Concerto (salas com lotação não superior 250 pessoas, com espectáculos de música ou representação ao vivo, e onde exista a possibilidade de consumir bebidas ou mesmo refeições ligeiras).

O trabalho baseou-se no estudo e análise (*in situ* e documental) a um conjunto de 11 cafés-concerto, de onde foram recolhidas informações objectivas como as dimensões interiores, as áreas dos materiais de revestimento das superfícies interiores, mas também algumas subjectivas como a avaliação acústica e de conforto do local em questão, durante o decorrer de um espectáculo.

Juntamente com os dados recolhidos e através de uma sistematização da fórmula de Sabine, foi feita uma previsão dos tempos de reverberação (TR) para cada uma das salas em três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz), correlacionando-os de seguida com parâmetros arquitectónicos (*Altura, Superfície e Volume*), acústicos (*Ruído Exterior, Ruído Interior, Intensidade do Som, Clareza do Discurso Musical, Reverberância, Eco, Intimidade, Direcionalidade, Envolvimento, Equilíbrio Tímbrico e Impressão Geral*) e de conforto (*Conforto Visual, Conforto Térmico e Mobiliário*).

A partir destas correlações foram sistematizadas fórmulas de previsão do comportamento dos tempos de reverberação para os Cafés-Concerto, que possibilitaram obter indicações importantes sobre as volumetrias necessárias para alcançar determinado intervalo de tempos de reverberação, ou ainda fazer uma previsão do tempo de reverberação de determinada volumetria já existente.

Tendo como base o conjunto de salas estudadas neste trabalho, bem como os revestimentos de todas as suas superfícies interiores, foi possível estimar que em média um Café-Concerto ronda os 500 m³, tem uma superfície de 140 m², uma altura média de 3,6 m, e tem uma lotação máxima de aproximadamente 120 pessoas.

O tempo de reverberação normalizado previsível (isto é considerando metade da lotação) destas salas ronda os 0,7 a 0,8 segundos para as frequências de 500 a 2000 Hz. Considerando que o ΔTR Máximo previsível (diferença entre o TR da sala com lotação esgotada e o TR da sala sem audiência), atinge valores médios da ordem dos 0,4 segundos para as mesmas bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz), é assim possível estimar que na realidade o tempo de reverberação normalizado se situe entre os 0,7 e os $0,8 \pm 0,2$ segundos, consoante a sala se encontre cheia ou vazia.

A *Intensidade do Som* é de entre os parâmetros acústicos subjectivos aquele que numericamente mais se destaca, atingindo um valor médio bastante elevado (5,0) e com um Desvio-Padrão muito baixo (0,6). Parâmetros como *Clareza do Discurso Musical, Intimidade* ou ainda *Direcionalidade* apresentam valores médios a rondar também os 5,0 mas tem simultaneamente alguns dos valores de Desvio-Padrão mais elevados, significando deste modo que as salas divergem muito entre si.

Com base no estudo efectuado, deve ainda ser mencionado que apesar de ser expectável uma relação directamente proporcional entre as dimensões geométricas mais importantes e os valores de TR, esta manifestou-se com variabilidade elevada, atestando a importância das pequenas diferenças encontradas no revestimento das superfícies interiores das várias salas.

Provou-se com este estudo a existência de variabilidade no comportamento acústico dos cafés-concerto, e a existência de expressões para a sua previsão demonstram que esta variabilidade é quantificável.

PALAVRAS-CHAVE: Café-Concerto, Tempo de Reverberação, Correção Acústica, Acústica de salas.

ABSTRACT

This goal of this work is to deepen the knowledge about the acoustical behaviour of Music-Clubs (rooms with a full capacity under 250 people, with live music or acting shows, with the possibility of consuming drinks or even light meals).

The work was based in the study and analysis (*in situ* and documental) of an eleven Music-Clubs group, from where objective information was collected (such as interior dimensions and areas of interior surfaces), but also some subjective information such as acoustic and comfort evaluation of the studied room during the show.

With all data collected, and using a systematization of Sabine's formula, it was made a prediction of the reverberation time (RT) for each of the rooms in three frequency bandwidths (500, 1000, and 2000 Hz), correlating them with architectural parameters (*Height, Surface* and *Volume*), subjective acoustic parameters (*Exterior Noise, Interior Noise, Sound Intensity, Musical Speech Clearness, Reverberation, Echo, Intimacy, Directionality, Involvement, Pitch Balance* and *General Impression*) and comfort (*Visual Comfort, Environment Comfort, and Furniture*).

From these correlations, reverberation time prediction formulas were systematized for the Music-Club, which has allowed to obtain important indicators on the needed volumetric to achieve a chosen reverberation time interval or even allow to predict the reverberation time for an already built volumetric.

Based on the rooms studied in this work, as well as in the materials from all the interior surfaces, it was possible to predict that the average Music-Club has around 500 m³, has a surface of 140 m², a height of 3.6 m and has a maximum capacity of approximately 120 persons.

The predicted normalized reverberation time of these rooms (that is considering half of the room capacity) goes about 0.7 to 0.8 seconds for 500 to 2000 Hz frequency bandwidths. Considering that the predicted ΔRT Maximum (subtraction between the RT with a full capacity and the empty room RT), reaches average values of 0.4 seconds for the same frequencies (500, 1000 and 2000 Hz), it is possible to predict that the normalized reverberation time are about 0.7 or 0.8 \pm 0.2 seconds, depending on the room being full or empty.

Amongst the subjective acoustic parameters, *Sound Intensity* is the one that numerically stands out the most, reaching a quite high average value (5.0) along with a very low standard deviation (0.6). Parameters such as *Musical Speech Clearness, Intimacy*, or even *Directionality* show high average values too (about 5.0) but simultaneously have some of the standard deviation highest values, which mean that the rooms diverge a lot among themselves.

Based on the developed study, it should be mentioned that though a directly proportional relation between the most important geometric dimensions and the values of RT should be expectable, it appeared with a quite high variability, underlining the importance of the small differences found on the revetment of the interior surfaces' materials of the rooms.

This study has proven the existence of variability on Music-Clubs, and the existence of expressions to predict this variability.

KEYWORDS: Music-Clubs, Reverberation Time, Acoustic Correction, Room Acoustics.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1- INTRODUÇÃO	1
1.1 PREÂMBULO	1
1.2. FORMULAÇÃO DA TESE	2
1.3. OBJECTIVOS E DESCRIÇÃO DO TRABALHO	2

2. MÉTODO	5
2.1. AMOSTRA	5
2.1.1 SALAS DA AMOSTRA	5
2.1.2. CAFÉ-CONCERTO DA E.S.M.A.E. (PORTO)	7
2.1.3. CAFÉ-TEATRO SANTIAGO ALQUIMISTA (LISBOA)	8
2.1.4. CAFÉ-CONCERTO DO CENTRO CULTURAL VILA FLOR (GUIMARÃES)	9
2.1.5. CAFÉ-CONCERTO SERVARTES (PORTO)	10
2.1.6. CAFÉ-CONCERTO DA CASA DAS ARTES (V.N.FAMALICÃO)	11
2.1.7. CAFÉ-CONCERTO HOTFIVE, JAZZ AND BLUES (PORTO)	12
2.1.8. PIANO-BAR DO CLUBE LITERÁRIO DO PORTO (PORTO)	13
2.1.9. BAR-CONCERTO TERTÚLIA CASTELÊNSE (CASTÊLO DA MAIA)	14
2.1.10. BAR-CONCERTO ONDA JAZZ (LISBOA)	15
2.1.11. BAR-CONCERTO HOT CLUB PORTUGAL (LISBOA)	16
2.1.12. BAR-CONCERTO PLANO B (PORTO)	17
2.2. METODOLOGIA	18
2.2.1. ANÁLISE ARQUITECTÓNICA	18
2.2.2. AVALIAÇÃO ACÚSTICA (OBJECTIVA)	19
2.2.3. AVALIAÇÃO ACÚSTICA (SUBJECTIVA)	21
2.2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO	21
2.2.3.2. PARÂMETROS DA AVALIAÇÃO ACÚSTICA (SUBJECTIVA)	21

2.2.4. AVALIAÇÃO DO CONFORTO (SUBJECTIVA)	22
2.2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO	22
2.2.4.2. PARÂMETROS DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO (SUBJECTIVO)	23
2.3. VALORES OBTIDOS	23
3. ANÁLISE DE RESULTADOS	25
3.1. OBJECTIVO	25
3.2. ANÁLISE GLOBAL	25
3.3. CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS	26
3.3.1. INTRODUÇÃO	26
3.3.2. MODELOS SIMPLES	27
3.3.2.1. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E TEMPOS DE REVERBERAÇÃO	27
3.3.2.2. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E PARÂMETROS ACÚSTICOS	29
3.3.2.3. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E PARÂMETROS DE CONFORTO	30
3.3.3. MODELOS GERAIS LINEARES	32
3.4. EFEITO DAS ABSORÇÕES DA AUDIÊNCIA	33
4. APLICAÇÃO	44
4.1. INTRODUÇÃO	44
4.2. TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS	44
4.3. CASOS DE ESTUDO	47
4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES CASOS	47
4.3.2. PROJECTOS COM CONDICIONANTES ARQUITECTÓNICAS	47
4.3.3. PROJECTOS SEM CONDICIONANTES ARQUITECTÓNICAS	49
4.4. A CORRECÇÃO ACÚSTICA COMO ALTERNATIVA	51
5. CONCLUSÕES E PISTAS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	55
5.1. CONCLUSÕES	55
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	57

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	A
ANEXOS	a
ANEXO A – FICHAS DE AVALIAÇÃO E APOIO AO LEVANTAMENTO	c
ANEXO B – GRÁFICOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E OS TEMPOS DE REVERBERAÇÃO PARA AS GAMAS 500, 1000, E 2000 HZ	g

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 2-1 – PLANTAS DO RÉ-DO-CHÃO E 1º PISO DE CAFÉ-CONCERTO DA E.S.M.A.E.	7
FIG. 2-2 – (A E B) FOTOGRAFIAS DO RÉ-DO-CHÃO E 1º PISO DO CAFÉ-CONCERTO DA E.S.M.A.E.	7
FIG. 2-3 – PLANTAS DO RÉ-DO-CHÃO E 1º PISO DE CAFÉ-TEATRO SANTIAGO ALQUIMISTA.....	8
FIG. 2-4 – (A E B) VISTA DO BALCÃO E DO RÉ-DO-CHÃO DO SANTIAGO ALQUIMISTA.....	8
FIG. 2-5 – PLANTA DO CAFÉ-CONCERTO DO CENTRO CULTURAL VILA FLÔR.....	9
FIG. 2-6 – (A E B) CAFÉ-CONCERTO DO C.C. VILA FLÔR EM FUNCIONAMENTO DE DIA E DE NOITE.....	9
FIG. 2-7 – PLANTA DO CAFÉ-CONCERTO SERVARTES.....	10
FIG. 2-8 – (A E B) VISTA PARA O PALCO DO CAFÉ-CONCERTO SERVARTES.....	10
FIG. 2-9 – PLANTA DO CAFÉ-CONCERTO DA CASA DAS ARTES.....	11
FIG. 2-10 – (A E B) VISTAS DO CAFÉ-CONCERTO DA CASA DAS ARTES DE V.N. FAMALICÃO.....	11
FIG. 2-11 – PLANTAS DO CAFÉ-CONCERTO HOTFIVE, JAZZ AND BLUES.....	12
FIG. 2-12 – (A E B) O PALCO DO HOTFIVE VISTO DO BALCÃO E DO RÉ-DO-CHÃO.....	12
FIG. 2-13 – PLANTA DO PIANO-BAR DO CLUBE LITERÁRIO DO PORTO.....	13
FIG. 2-14 – (A E B) INTERIOR DO PIANO-BAR DO CLUBE LITERÁRIO DO PORTO.....	13
FIG. 2-15 – PLANTA DO BAR-CONCERTO TERTÚLIA CASTELÊNSE.....	14
FIG. 2-16 – (A E B) VISTA DO PALCO E DO BAR DO ESPAÇO DE CONCERTOS DO TERTÚLIA CASTELÊNSE.....	14
FIG. 2-17 – PLANTA DO BAR-CONCERTO ONDA JAZZ.....	15
FIG. 2-18 – (A E B) O PALCO DO ONDA JAZZ VISTO DE ZONAS DIFERENTES DO BAR.....	15
FIG. 2-19 – PLANTA DO BAR-CONCERTO HOT CLUB PORTUGAL.....	16
FIG. 2-20 – (A E B) O PALCO DO HOT CLUB PORTUGAL VISTO DE DUAS PERSPECTIVAS DIFERENTES.....	16
FIG. 2-21 – PLANTA DO BAR-CONCERTO PLANO B.....	17
FIG. 2-22 – (A E B) VISTAS DO INTERIOR DO PLANO B.....	17
FIG. 3-1 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>T.R. NORMALIZADO</i> E A <i>ALTURA</i>	28
FIG. 3-2 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>T.R. NORMALIZADO</i> E O <i>VOLUME</i>	28
FIG. 3-3 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>T.R. NORMALIZADO</i> E A <i>SUPERFÍCIE</i>	28
FIG. 3-4 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>RUÍDO INTERIOR</i> E A <i>ALTURA</i>	29
FIG. 3-5 – CORRELAÇÃO ENTRE A <i>DIRECCIONALIDADE</i> E A <i>SUPERFÍCIE</i>	30
FIG. 3-6 – CORRELAÇÃO ENTRE A <i>REVERBERÂNCIA</i> E O <i>VOLUME</i>	30
FIG. 3-7 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>CONFORTO VISUAL</i> E A <i>ALTURA</i>	31
FIG. 3-8 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>CONFORTO VISUAL</i> E A <i>SUPERFÍCIE</i>	31
FIG. 3-9 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>CONFORTO VISUAL</i> E O <i>VOLUME</i>	31

FIG. 3-10 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>ECO</i> E O <i>VOLUME</i>	32
FIG. 3-11 – RELAÇÃO “TR (500 HZ) SEM AUDIÊNCIA - ALTURA” VS. “TR (500 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - ALTURA</i> ”	35
FIG. 3-12 – RELAÇÃO “TR (1000 HZ) SEM AUDIÊNCIA - ALTURA” VS. “TR (1000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - ALTURA</i> ”	36
FIG. 3-13 – RELAÇÃO “TR (2000 HZ) SEM AUDIÊNCIA - ALTURA” VS. “TR (2000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - ALTURA</i> ”	36
FIG. 3-14 – RELAÇÃO “TR (500 HZ) SEM AUDIÊNCIA – SUPERFÍCIE” VS. “TR (500 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - SUPERFÍCIE</i> ”	37
FIG. 3-15 – RELAÇÃO “TR (1000 HZ) SEM AUDIÊNCIA – SUPERFÍCIE” VS. “TR (1000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - SUPERFÍCIE</i> ”	37
FIG. 3-16 – RELAÇÃO “TR (1000 HZ) SEM AUDIÊNCIA – SUPERFÍCIE” VS. “TR (1000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - SUPERFÍCIE</i> ”	37
FIG. 3-17 – RELAÇÃO “TR (500 HZ) SEM AUDIÊNCIA - VOLUME” VS. “TR (500 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - VOLUME</i> ”	38
FIG. 3-18 – RELAÇÃO “TR (1000 HZ) SEM AUDIÊNCIA - VOLUME” VS. “TR (1000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - VOLUME</i> ”	38
FIG. 3-19 – RELAÇÃO “TR (2000 HZ) SEM AUDIÊNCIA - VOLUME” VS. “TR (2000 HZ) LOTAÇÃO <i>ESGOTADA - VOLUME</i> ”	39
FIG. 3-20 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (500 HZ) E A ALTURA.....	39
FIG. 3-21 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (1000 HZ) E A ALTURA.....	40
FIG. 3-22 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (2000 HZ) E A ALTURA.....	40
FIG. 3-23 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (500 HZ) E A SUPERFÍCIE	41
FIG. 3-24 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (1000 HZ) E A SUPERFÍCIE	41
FIG. 3-25 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (2000 HZ) E A SUPERFÍCIE	41
FIG. 3-26 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (500 HZ) E A VOLUME.....	42
FIG. 3-27 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (1000 HZ) E A VOLUME.....	42
FIG. 3-28 – CORRELAÇÃO ENTRE O ΔTR MÁXIMO (2000 HZ) E A VOLUME.....	43
FIG. 4-1 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS EM FUNÇÃO DO USO E VOLUME	45
FIG. 4-2 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS PARA DIVERSOS FINS.....	45
FIG. 4-3 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS EM FUNÇÃO DO USO	46
FIG. 4-4 – ESQUEMA DE ÁREAS PARA CAFÉ-CONCERTO	48
FIG. 4-5 – TECTOS ABSORVENTES GUSTAFS EM AUDITÓRIO.....	52

FIG. 4-6 – PAINÉIS ACÚSTICOS NUSING COMO ACABAMENTO DA PAREDE	53
FIG. 4-7 – PAINÉIS ACÚSTICOS GUSTAFS EM SALA DE REUNIÕES	53
FIG. B1 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (500 HZ) E A <i>ALTURA</i>	h
FIG. B2 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (1 KHZ) E A <i>ALTURA</i>	h
FIG. B3 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (2 KHZ) E A <i>ALTURA</i>	h
FIG. B4 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (500 HZ) E A <i>SUPERFÍCIE</i>	i
FIG. B5 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (1 KHZ) E A <i>SUPERFÍCIE</i>	i
FIG. B6 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (2 KHZ) E A <i>SUPERFÍCIE</i>	i
FIG. B7 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (500 HZ) E O <i>VOLUME</i>	j
FIG. B8 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (1 KHZ) E O <i>VOLUME</i>	j
FIG. B9 – CORRELAÇÃO ENTRE O <i>TR NORMALIZADO</i> (2 KHZ) E O <i>VOLUME</i>	j

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2-1 – NOMES E CÓDIGOS DOS CAFÉS-CONCERTO	5
QUADRO 2-2 – QUADRO DE ANÁLISE AO CAFÉ-CONCERTO DA E.S.M.A.E.....	7
QUADRO 2-3 – QUADRO DE ANÁLISE AO CAFÉ-TEATRO SANTIAGO ALQUIMISTA.....	8
QUADRO 2-4 – QUADRO DE ANÁLISE AO CAFÉ-CONCERTO DO CENTRO CULTURAL VILA FLÔR	9
QUADRO 2-5 – QUADRO DE ANÁLISE AO CAFÉ-CONCERTO SERVARTES	10
QUADRO 2-6 – QUADRO DE ANÁLISE AO CAFÉ-CONCERTO DA CASA DAS ARTES	11
QUADRO 2-7 – QUADRO DE ANALISE AO CAFÉ-CONCERTO HOTFIVE, JAZZ AND BLUES	12
QUADRO 2-8 – QUADRO DE ANÁLISE AO PIANO-BAR DO CLUBE LITERÁRIO DO PORTO	13
QUADRO 2-9 – QUADRO DE ANÁLISE AO BAR-CONCERTO TERTÚLIA CASTELÊNSE	14
QUADRO 2-10 – QUADRO DE ANÁLISE AO BAR-CONCERTO ONDA JAZZ	15
QUADRO 2-11 – QUADRO DE ANÁLISE AO BAR-CONCERTO HOT CLUB PORTUGAL	16
QUADRO 2-12 – QUADRO DE ANÁLISE AO BAR-CONCERTO PLANO B	17
QUADRO 2-13 – ABSORÇÃO SONORA DO AR.....	20
QUADRO 2-14 – VALORES DE COEFICIENTES DE ABSORÇÃO SONORA (α) DE ALGUNS MATERIAIS OU SISTEMAS	20
QUADRO 2-15 – EXEMPLOS DE ABSORÇÕES LOCALIZADAS.....	21
QUADRO 2-16 – DIMENSÕES ARQUITECTÓNICAS DOS CAFÉS-CONCERTO EM ANÁLISE	23
QUADRO 2-17 – AVALIAÇÃO ACÚSTICA E DE CONFORTO.....	24

QUADRO 3-1 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO REGISTRADOS	26
QUADRO 3-2 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO NORMALIZADOS	26
QUADRO 3-3 – DOMÍNIO DA VALIDADE DAS EXPRESSÕES	27
QUADRO 3-4 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR USANDO MODELOS SIMPLES	27
QUADRO 3-5 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR PARA AS TRÊS FREQUÊNCIAS	29
QUADRO 3-6 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR USANDO MODELOS GERAIS LINEARES	33
QUADRO 3-7 – MODELOS GERAIS LINEARES COM H+S+V E OS RESTANTES PARÂMETROS.....	33
QUADRO 3-8 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS TRÊS MELHORES PARÂMETROS	33
QUADRO 3-9 – EFEITO DAS ABSORÇÕES DA AUDIÊNCIA	34
QUADRO 3-10 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR SEM AUDIÊNCIA E COM LOTAÇÃO ESGOTADA, NA SUA CORRELAÇÃO COM A ALTURA	35
QUADRO 3-11 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR SEM AUDIÊNCIA E COM LOTAÇÃO ESGOTADA, NA SUA CORRELAÇÃO COM A SUPERFÍCIE	36
QUADRO 3-12 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE TR SEM AUDIÊNCIA E COM LOTAÇÃO ESGOTADA, NA SUA CORRELAÇÃO COM O VOLUME.....	38
QUADRO 3-13 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE ΔTR MÁXIMO NA SUA CORRELAÇÃO COM A ALTURA.....	39
QUADRO 3-14 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE ΔTR MÁXIMO NA SUA CORRELAÇÃO COM A SUPERFÍCIE.....	40
QUADRO 3-15 – FÓRMULAS DE PREVISÃO DOS VALORES DE ΔTR MÁXIMO NA SUA CORRELAÇÃO COM O VOLUME	42
QUADRO 4-1 – TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS DE ACORDO COM O USO (A 1000 Hz).....	46
QUADRO 4-2 – QUADRO DE ANÁLISE PARA ESQUEMA DE ESTUDO	47
QUADRO 4-3 – VALORES DOS PARÂMETROS RESPEITANTES AO ESQUEMA DE ESTUDO	48
QUADRO 4-4 – VALORES DOS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS PARA UM INTERVALO ESPECÍFICO DE TR, PARA AS FREQUÊNCIAS 500, 1000 E 2000 Hz.....	50
QUADRO 4-5 – MATERIAIS E SISTEMAS PARA CORRECÇÃO ACÚSTICA.....	54

1

INTRODUÇÃO

1.1. PREÂMBULO

A clivagem entre os vários ramos profissionais intervenientes no processo da construção, contribuiu ao longo dos anos para que as várias especialidades surgissem apenas como uma sobreposição de camadas de informação, em muitos casos desligadas entre si, e em nada contribuindo para a qualidade do produto final.

O estudo da acústica de edifícios e a aplicação dos conhecimentos já existentes nesta área à realidade da construção é assim um assunto genericamente negligenciado.

Por falta de interesse ou desconhecimento são frequentes as más práticas neste ramo, revelando-se tanto mais graves quanto maior é o desempenho delas solicitado.

Tal como em outros tipos de edificado, também no que diz respeito ao estudo da acústica para pequenos espaços de música ao vivo, a aproximação de projectistas, construtores, e mesmo donos de obra é frequentemente descuidada e pouco profissional.

De facto, nomeadamente no que diz respeito à fase de projecto e apesar da generalizada “simpatia” pelo tema, raras serão as vezes em que alguma atenção é dada a esta questão, tendo como uma das principais causas o desconhecimento e a falta de informação sobre o assunto.

É assim vulgar que só mais tarde após a construção e com o início do funcionamento dos respectivos estabelecimentos, os responsáveis reconheçam a necessidade de recorrer à ajuda de um técnico qualificado, numa tentativa de solucionar problemas, e que por vezes passam não só pela correcção acústica como inclusivamente pelo isolamento sonoro.

É também da aceitação geral que o mercado imobiliário tende cada vez menos para a construção de raiz, e mais no sentido da recuperação e reabilitação de edifícios já existentes. Nestes o estudo e trabalho com o edificado existente obrigam então a uma perspectiva de intervenção de uma óptica mais correctiva do que preventiva.

1.2. FORMULAÇÃO DA TESE

Independentemente da fase em que se encontre o objecto de trabalho sobre o qual se pretenda intervir (projecto, obra, reabilitação, pleno funcionamento, ou outras), é importante saber claramente quais os objectivos que se procuram atingir, ou quais as metas a cumprir para que se possa traçar o caminho que pareça mais conveniente para chegar até elas.

É com vista neste objectivo de conhecer com maior profundidade a realidade acústica dos cafés-concerto que surge este estudo sobre “Caracterização Acústica de Cafés-Concerto”, numa tentativa de que futuras abordagens a estes espaços possam ser feitas com um maior conhecimento de causa.

Assim, a tese que se pretende testar com este estudo é que “Existe variabilidade no comportamento acústico entre os cafés-concerto e que ela é quantificável.”

No âmbito deste trabalho, e de forma a que se possa ter uma noção mais específica sobre objecto de estudo, considera-se “café-concerto” como sendo uma pequena sala de espectáculos, com uma lotação não superior a 250 pessoas (sentadas e/ou em pé), onde exista a possibilidade de consumo de bebidas e, ou algumas refeições ligeiras, enquanto se assiste por exemplo a um espectáculo musical, ou pequenas peças de teatro ou dança.

1.3. OBJECTIVOS E DESCRIÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objectivo principal conseguir uma compreensão mais aprofundada do comportamento e funcionamento da acústica dos cafés-concerto.

Para tal, é determinante entender qual a importância e influência das características arquitectónicas na criação de um espaço acústico, no sentido permitir a determinação de princípios de base para criação ou correcção destes mesmos espaços acústicos, dentro dos arquitectónicos.

A aproximação ao trabalho começou com o desenvolvimento de uma “ficha de levantamento” que pudesse servir de suporte para a análise pretendida dos cafés-concerto.

Esta ficha, é constituída por duas partes distintas, a primeira das quais mais objectiva, e diz respeito ao levantamento do local, as suas áreas e volumetrias, os materiais constituintes das várias superfícies, e respectivo mobiliário existente.

A outra, assumindo um carácter mais subjectivo, dá conta da avaliação acústica segundo uma escala numérica escolhida pelo autor, e utilizada para atribuir uma classificação em vários parâmetros acústicos durante a realização de um espectáculo num café-concerto previamente medido.

Foram então feitas as visitas a vários cafés-concerto, durante as quais se procedia ao preenchimento da ficha de trabalho, e eram tiradas fotografias ao local, ao que se seguia a avaliação acústica enquanto se assistia ao decorrer do espectáculo agendado para o dia em questão.

Procurou-se sempre que possível, conseguir uma conversa quer com o autor do projecto (no sentido de descobrir eventuais preocupações do foro acústico na sua intervenção) quer com o responsável pelo café-concerto em questão, procurando indicadores do funcionamento do local, e possíveis anteriores intervenções especificamente derivadas da necessidade de resolver problemas acústicos.

De notar duas tendências curiosas e persistentes nestas conversas quer com projectistas, quer com responsáveis pelos locais: se por um lado ambos mostraram bastante receptividade à temática “acústica” como base de conversa, por outro se notou a facilidade com que surgia a confusão entre “correção acústica” e “isolamento sonoro”.

Após a recolha dos dados de estudo relativos a cada um dos cafés-concerto, estes foram organizados de forma que permitisse uma fácil análise e interpretação dos mesmos.

Tal serviu também de suporte para os resultados provenientes dos cálculos dos Tempos de Reverberação de cada uma das salas analisadas.

2

MÉTODO

2.1. AMOSTRA

2.1.1. SALAS DA AMOSTRA

Salvaguardando que se enquadrassem na definição de “cafés-concerto” no âmbito do trabalho, a escolha dos locais de estudo foi feita de modo aleatório, estando apenas condicionada ao tipo de espectáculos nestes apresentados, e dando óbvia preferência a espectáculos com instrumentos maioritariamente acústicos.

De modo a mais facilmente serem caracterizados os objectos de estudo, será apresentado um quadro de síntese para cada um, acompanhado por plantas esquemáticas e fotografias do local, todas do autor.

No Quadro 2.1 encontram-se explicitados os nomes dos cafés-concerto que são estudados neste trabalho, bem como os códigos que lhes foram atribuídos por questões de maior facilidade e rapidez de consulta.

Quadro 2.1- Nomes e códigos dos café-concerto

Código do café-concerto	Denominação	Local
ES	Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo	Porto
SA	Santiago Alquimista	Lisboa
VF	C.C. Vila Flôr	Guimarães
SV	Servartes	Porto
CA	C.C. Casa das Artes	V.N. Famalicão
HF	Hotfive, Jazz & Blues	Porto
CP	Clube Literário do Porto	Porto
TC	Tertúlia Castelêense	Maia
OJ	Onda Jazz	Lisboa
HP	Hot Club Portugal	Lisboa
PB	Plano B	Porto

Após um primeiro contacto com o dono ou responsável pelo local de estudo, e logo que havia autorização para tal, era iniciado o processo de levantamento, sempre de modo muito similar, e dividido por duas fases distintas: análise arquitectónica e avaliação acústica.

Devido à especificidade das análises, estas eram levadas a cabo em horários diferentes, a primeira usualmente durante o dia de modo a evitar quaisquer transtornos no normal funcionamento da casa de espectáculos, nomeadamente na questão das medições e das fotografias, ao passo que a segunda, uma vez que diz respeito à avaliação acústica era efectuado em pleno funcionamento da casa, dentro dos horários por esta ditados, de modo a coincidir com o espectáculo ao vivo.

2.1.2. CAFÉ-CONCERTO DA E.S.M.A.E. (PORTO)

Pode-se encontrar este café-concerto junto do Edifício Normal da Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo do I.P.P. (antiga escola do Magistério Primário), alvo de uma intervenção de reabilitação (finais da década de 90) da autoria do Arq. Filipe Oliveira Dias. É caracterizado por uma área que ronda os 150 m², a maior parte dos qual com um pé direito duplo (Figs. 2-2 A e B), apenas interrompido pelo balcão adossado as paredes exteriores, e voltado para o palco.

Quadro 2-2 – Quadro de análise ao Café-Concerto da E.S.M.A.E.

Designação	Café-Concerto da Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo (ESMAE) do I.P.P. [15]
Localização	Santo Ildefonso/ Porto/ Porto
Morada	Rua da Alegria, nº 503, 4000-049 Porto
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	150 m ²
Volume total	916 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Tela texturada com pintura, painéis de madeira perfurada em todo o balcão, cortina de elevada massa superficial em zona posterior e lateral ao palco.
Tecto	Tela texturada com pintura
Pavimento	Pedra e madeira
Palco	Pavimento flutuante

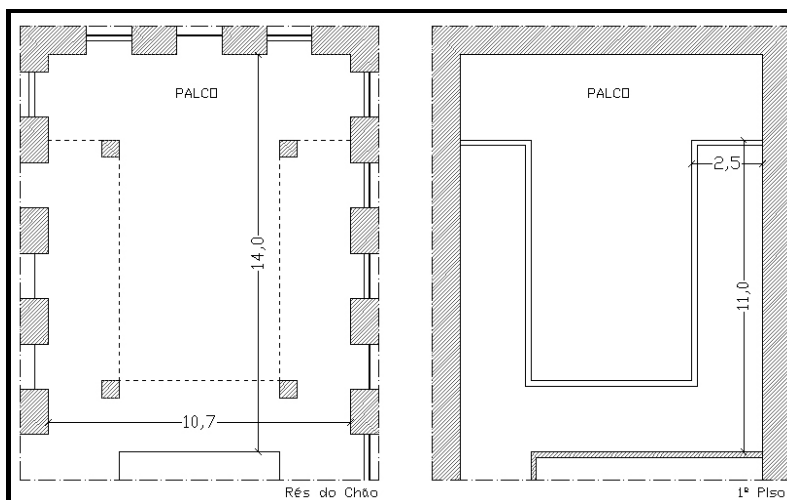


Fig. 2-1 Plantas do Rés-do-Chão e do balcão do Café-Concerto da E.S.M.A.E.



Fig. 2-2 (A e B) Fotografia do rés-do-chão e 1º Piso (balcão) do café-concerto do E.S.M.A.E.

2.1.3. BAR-CONCERTO SANTIAGO ALQUIMISTA (LISBOA)

Situado na colina do Castelo de São Jorge, o “Santiago Alquimista” nasce de uma reabilitação de um edifício de apoio a um palácio do séc. XVII-XVIII. Com um pé direito duplo (até aos 10 m na zona central), a ausência de tecto falso permite observar as asnas de madeira que suportam a cobertura, bem como todas estruturas metálicas que suportam as partes técnicas (iluminação, ar condicionado, etc.) necessárias para o funcionamento de um espaço com estas funções. A existência de um balcão com estrutura de ferro e soalho de madeira em todo o perímetro interior do edifício (Figs. 2-4 A e B), permite a visualização dos espectáculos de uma posição elevada.

Quadro 2-3 – Quadro de análise ao Café-Teatro Santiago Alquimista

Designação	Café-Teatro Santiago Alquimista [16]
Localização	Santiago /Lisboa /Lisboa
Morada	Rua de Santiago, nº19, 1100-493 Lisboa
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	183 m ²
Volume total	1.723 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Reboco pintado, pedra aparente com argamassa nas juntas, cortina de elevada massa superficial em zona posterior ao palco.
Tecto	Asnas de madeira, estrutura metálica a suportar material técnico
Pavimento	Cerâmico e madeira
Palco	Estrado em madeira com caixa de ar

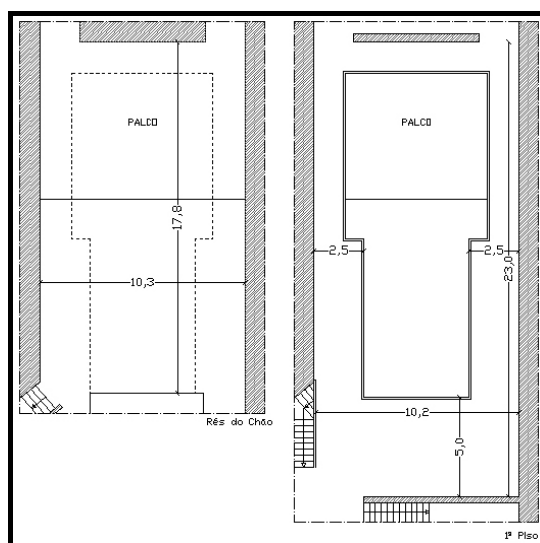


Fig. 2-3 – Plantas do rés-do-chão e piso do Santiago Alquimista



Fig. 2-4 (A e B) Vista do balcão e do rés-do-chão do Santiago Alquimista

2.1.4. CAFÉ-CONCERTO DO CENTRO CULTURAL VILA FLOR (GUIMARÃES)

Junto do Palácio Vila Flôr (séc. XVIII), com uma vista privilegiada sobre a cidade de Guimarães, e alguns de seus mais emblemáticos monumentos como o Paço dos Duques de Bragança, ou o Castelo de Guimarães, encontra-se o Centro Cultural Vila Flôr. Incluído nesta obra do Arquitecto Fernando Seara de Sá e Pitágoras Arquitectos (inaugurada em Setembro de 2005), encontra-se o café-concerto, caracterizado por uma volumetria de linhas muito simples, em que uma grande parte da parede exterior é em vidro, permitindo que durante o dia este possa funcionar com iluminação natural (Fig. 2-6 A), acrescida simultaneamente de uma interessante vista para os jardins.

Quadro 2-4 – Quadro de análise ao Café-Concerto do Centro Cultural Vila Flôr

Designação	Café-Concerto do Centro Cultural Vila Flor [17]
Localização	São Sebastião/ Guimarães /Braga
Morada	Av. Afonso Henriques, nº 701, 4800 Guimarães
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	185 m ²
Volume total	560 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Painéis de madeira e acrílico, vidro, cortina de elevada massa superficial em zona posterior e lateral ao palco.
Tecto	Painéis de madeira perfurada
Pavimento	Pedra
Palco	Estrado em madeira com caixa de ar

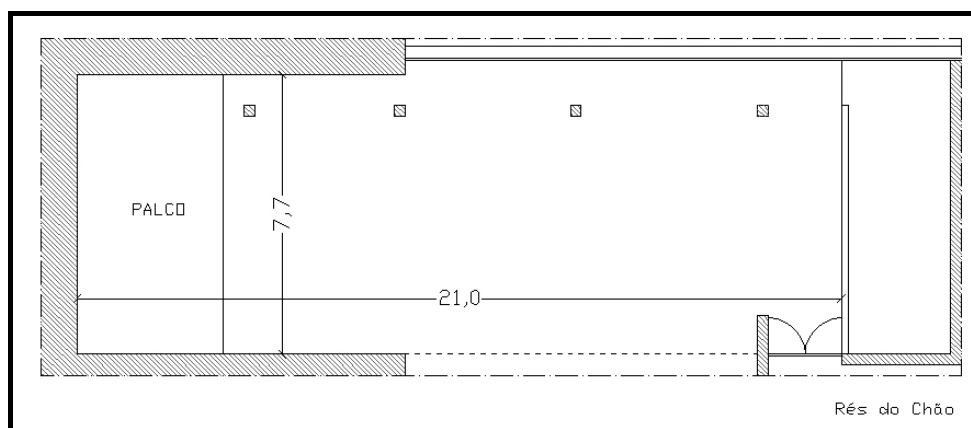


Fig. 2-5 – Planta do Café-Concerto do Centro Cultural Vila Flôr



Fig. 2-6 (A e B) Café-Concerto do C.C. Vila Flôr em funcionamento de dia e de noite (concerto)

2.1.5. CAFÉ-CONCERTO SERVARTES (PORTO)

Englobado num conjunto de espaços de vertente cultural e lazer (auditório, galeria, restaurante, loja) o Café-Concerto Servartes distingue-se dos congéneres pela localização central do seu palco bem como pelas incontornáveis colunas estruturais nos vértices do mesmo (Fig. 2-8 A e B).

A “galeria” que envolve o palco transforma-se assim no espaço dedicado aos espectadores/clientes, tanto no que diz respeito à circulação como quando surge a necessidade de parar para assistir ao evento que se encontre a decorrer.

Quadro 2-5 – Quadro de análise ao Café-Concerto Servartes

Designação	Café-Concerto Servartes [18]
Localização	Cedofeita /Porto /Porto
Morada	Rua da Constituição, nº 2105 Rés-do-chão, 4250-170 Porto
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	100 m ²
Volume total	275 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Madeira, gesso cartonado, vidro
Tecto	Gesso cartonado, painéis perfurados na zona do palco
Pavimento	Alcatifa
Palco	Estrado com caixa de ar forrado com alcatifa

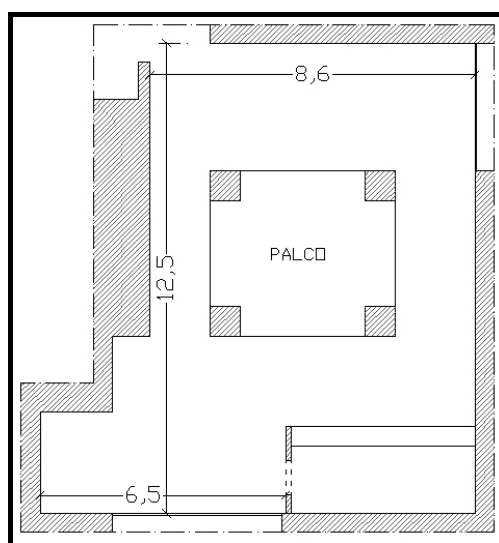


Fig. 2-7 – Planta do Café-Concerto Servartes



Fig. 2-8 (A e B) Vista para o palco do Café-Concerto Servartes

2.1.6. CAFÉ-CONCERTO DA CASA DAS ARTES (V.N. FAMILICÃO)

Num ambiente onde predominam os tons quentes da madeira (chão e mobiliário), e o branco das paredes e do tecto (Figs. 2-10 A e B), o café-concerto da Casa das Artes de Famalicão (da autoria do Arq. Pedro Ramalho), funciona como uma espécie de pequeno anfiteatro, voltando-se para o palco com duas galerias a níveis distintos facilitando deste modo aos espectadores a visibilidade sobre quaisquer actividades que se desenrolem sobre o mesmo.

Quadro 2-6 – Quadro de análise ao Café-Concerto da Casa das Artes

Designação	Café-Concerto da Casa das Artes de Vila Nova de Famalicão [19]
Localização	V.N. Famalicão/ V.N. Famalicão /Braga
Morada	Parque de Sinções
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	150 m ²
Volume total	550 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Gesso cartonado, Madeira, vidros resguardados com cortina de elevada massa superficial.
Tecto	Gesso cartonado
Pavimento	Madeira
Palco	Estrado forrado com alcatifa

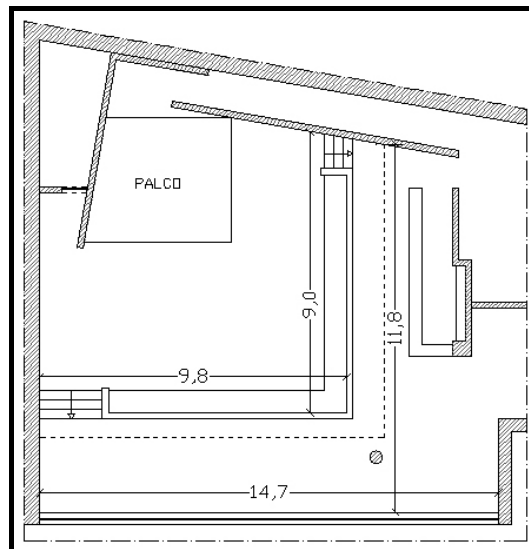


Fig. 2-9 – Planta do Café-Concerto da Casa das Artes



Fig. 2-10 (A e B) Vistas do Café-Concerto da Casa das Artes de V.N. Famalicão

2.1.7. CAFÉ-CONCERTO HOTFIVE, JAZZ AND BLUES (PORTO)

É numa das mais antigas zonas do Porto (Sé), que está situado o Hotfive.

É caracterizado por um Rés-do-chão onde se encontra o palco (Fig. 2-12 B) acrescido de uma varanda ou balcão (Fig. 2-12 A) montado em perfis de ferro, no seu interior.

O palco está localizado num pequeno estrado ligeiramente elevado o que, juntamente com a reduzida profundidade do estabelecimento, proporcionam uma excelente intimidade e visibilidade do espectáculo a decorrer.

Quadro 2-7 – Quadro de análise ao Café-Concerto Hotfive, Jazz and Blues

Designação	Café-Concerto Hotfive Jazz and Blues [20]
Localização	Sé/ Porto/ Porto
Morada	Largo do Actor Dias, nº 51
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	77 m ²
Volume total	321 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Reboco, pedra, tecido
Tecto	Gesso cartonado
Pavimento	Madeira
Palco	Estrado forrado com alcatifa, cortina de elevada massa superficial em zona posterior ao palco.

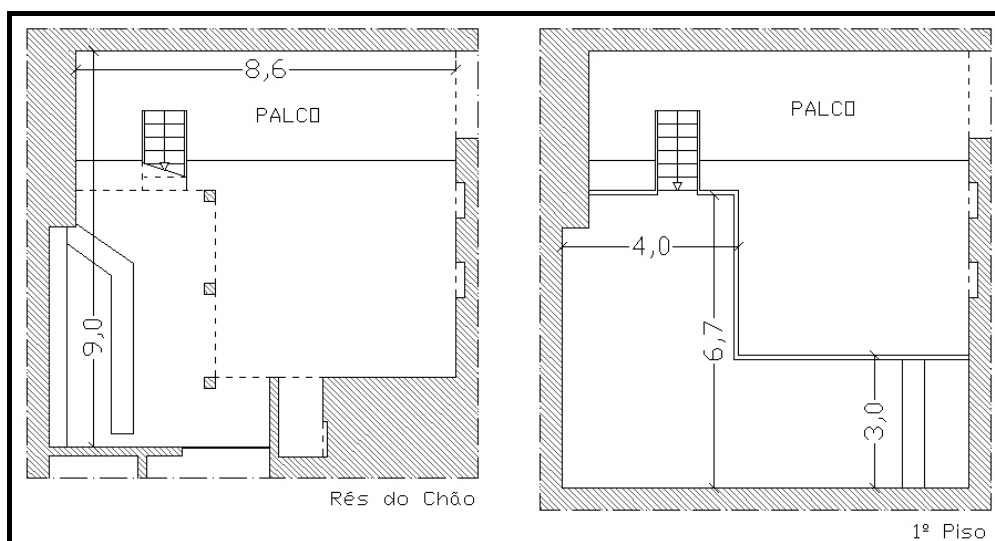


Fig. 2-11 – Plantas do Café-Concerto Hotfive, Jazz and Blues



Fig. 2-12 (A e B) O palco do Hotfive visto do balcão e do Rés-do-chão

2.1.8. PIANO-BAR DO CLUBE LITERÁRIO DO PORTO (PORTO)

A poucas dezenas de metros da Alfândega do Porto, e com a frente voltada ao rio Douro, o Clube Literário do Porto alberga no seu 1º andar o Piano-Bar.

Com umas dimensões que pouco ultrapassam os 50 m² (tal como se consegue observar nas figuras 2-14 A e B), o espaço adquire um carácter intimista, quase familiar, o que induz ao silêncio durante as actuações dos artistas.

Quadro 2-8 – Quadro de análise ao Piano-Bar do Clube Literário do Porto

Designação	Piano-Bar do Clube Literário do Porto [21]
Localização	São Nicolau/ Porto /Porto
Morada	Rua Nova da Alfândega, nº22, 4050-430 Porto
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	52 m ²
Volume total	170 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Reboco, Gesso cartonado, Madeira e Vidro
Tecto	Gesso cartonado
Pavimento	Soalho de madeira com caixa de ar
Palco	Soalho de madeira com caixa de ar

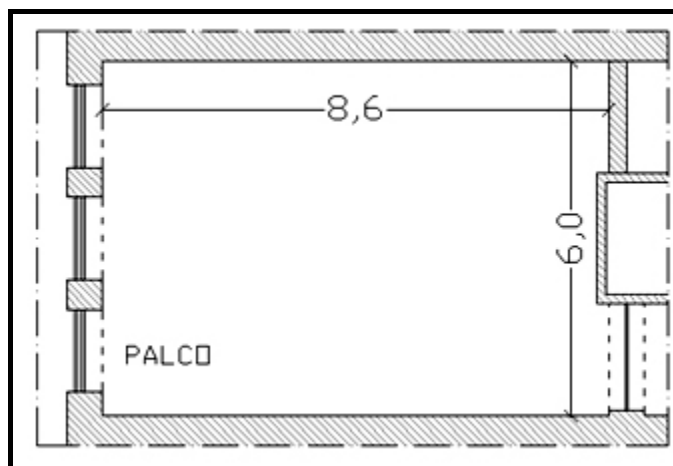


Fig. 2-13 – Planta do Piano-Bar do Clube Literário do Porto



Fig. 2-14 (A e B) Interior do Piano-Bar do Clube Literário do Porto

2.1.9. BAR-CONCERTO TERTÚLIA CASTELÊNSE (CASTÊLO DA MAIA)

Localizado junto à estrada N14 (imediatamente a seguir ao centro da Maia em direcção à Trofa), em frente ao Museu de Etnologia da Terra da Maia, o bar-concerto Tertúlia Castelêense, apresenta a sua área articulada em dois espaços com funcionalidades diferentes: um dedicado à restauração e que mais tardiamente assume a função de bar, e o outro situado na cave, local onde se realizam os concertos e que inclui também um bar de apoio (Figs. 2-16 A e B).

Este espaço é definido por uma forma rectangular, com uma área de 126 m², e um tecto falso situado aos 3 m de altura.

Quadro 2-9 Quadro de análise ao Bar-Concerto Tertúlia Castelêense

Designação	Bar-Concerto Tertúlia Castelêense [22]
Localização	Santa Maria (Avioso)/ Maia/ Porto
Morada	Rua Augusto Nogueira da Silva, nº779, 4475-615 Avioso
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	126 m ²
Volume total	377 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Reboco, gesso cartonado, madeira, cortina de elevada massa superficial em zona posterior e lateral ao palco.
Tecto	Gesso Cartonado
Pavimento	Cerâmico
Palco	Estrado com caixa de ar forrado com alcatifa

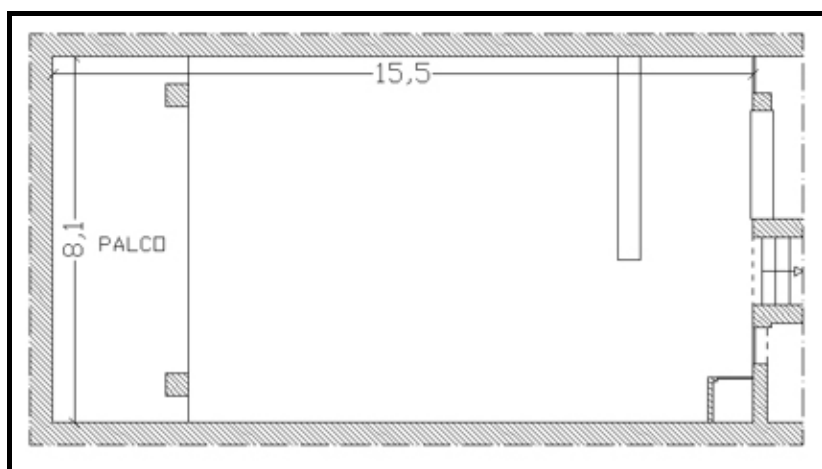


Fig. 2-15 - Planta do Bar-Concerto Tertúlia Castelêense



Fig. 2-16 (A e B) Vista do palco e do bar do espaço de concertos do Tertúlia Castelêense

2.1.10. BAR-CONCERTO ONDA JAZZ (LISBOA)

Numa zona carismática da cidade de Lisboa (bairro de Alfama) e localizado num antigo armazém de café, o Bar-Concerto Onda Jazz é caracterizado por uma forma rectangular bastante esguia, ao fundo da qual se encontra o palco (Figs. 2-18 A e B).

Toda esta “galeria” tem como pavimento soalho de madeira, e está pontuada por arcos de pedra estruturais (aparentes) com estuque como acabamento entre eles.

Quadro 2-10 – Quadro de análise ao Bar-Concerto Onda Jazz

Designação	Bar-Concerto Onda Jazz [23]
Localização	Mercês/ Lisboa/ Lisboa
Morada	Arco de Jesus, nº 7, Alfama, 1200-033 Lisboa
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	141 m ²
Volume total	402 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Estuque e pedra, cortina de elevada massa superficial em zona posterior e lateral ao palco.
Tecto	Estuque e pedra
Pavimento	Soalho de madeira com caixa de ar
Palco	Estrado de madeira com caixa de ar, algumas zonas com alcatifa. Tecto do palco com pequenas telas de tecido, com rolos de material absorvente por trás.

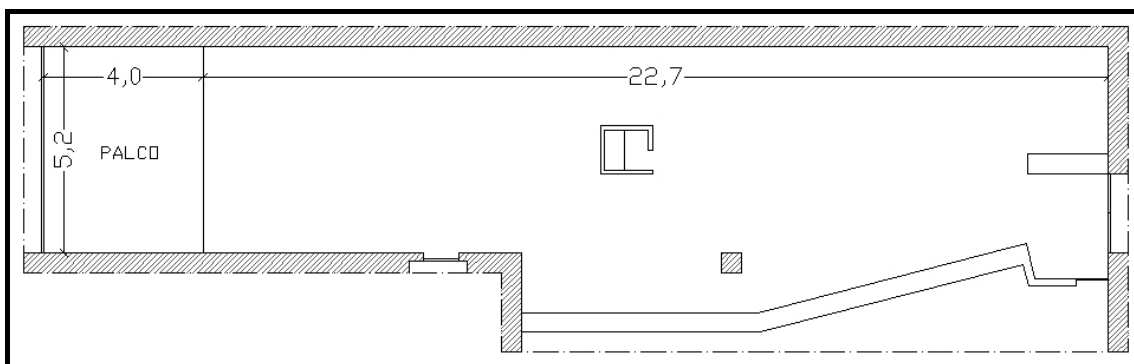


Fig. 2-17 – Planta do Bar-Concerto Onda Jazz



Fig. 2-18 (A e B) O palco do Onda Jazz visto de zonas diferentes do bar

2.1.11. BAR-CONCERTO HOT CLUB PORTUGAL (LISBOA)

Um dos mais antigos e emblemáticos Bar-Concerto de jazz do país, o Hot Club Portugal encontra-se situado na cave do nº 39 da Praça da Alegria (Lisboa). É um espaço discreto e de pequeníssimas dimensões (Figs. 2-20 A e B) mas cuja longevidade ao serviço da música (60 anos) ajudou a educar e cativar novas audiências, inclusivamente assumindo actualmente o papel de escola de jazz nos períodos diurnos.

Quadro 2-11 – Quadro de análise do Bar-Concerto Hot Club Portugal

Designação	Bar-Concerto Hot Club Portugal [24]
Localização	São José/ Lisboa/ Lisboa
Morada	Praça da Alegria, nº 39, 1250-004 Lisboa
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	46 m ²
Volume total	98 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Reboco pintado, cortina de elevada massa superficial em zona posterior e lateral ao palco.
Tecto	Reboco pintado
Pavimento	Cerâmico
Palco	Estrado de madeira com caixa de ar. Tecto do palco em madeira.

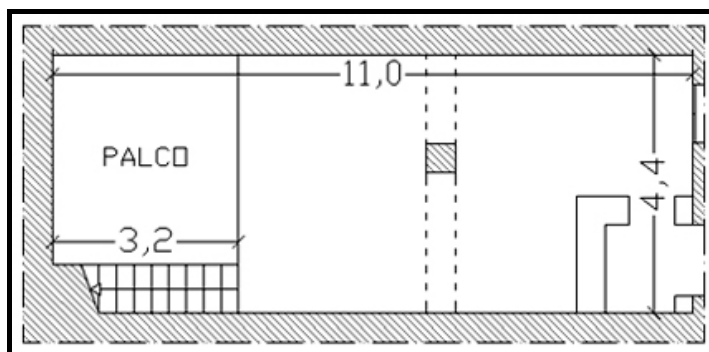


Fig. 2-19 – Planta do Bar-Concerto do Hot Club Portugal



Fig. 2-20 (A e B) O palco do Hot Club visto de duas perspectivas diferentes

2.1.12. BAR-CONCERTO PLANO B (PORTO)

Situado junto aos Clérigos na rua Cândido dos Reis (antiga Rua da Rainha Dona Amélia), e englobado num conjunto espaços dedicados á musica e a cultura, o espaço de concertos do Plano B esta situado na cave do nº 30 da Rua de Cedofeita no Porto.

Com uma superfície aproximada de 70 m² a área de concertos encontra-se despida de decoração podendo também ficar sem mobiliário para espectáculos mais concorridos, dada a proximidade e dimensões das áreas contíguas (compreendendo vários bares, pista de dança, zona de exposições entre outras).

Quadro 2-12 – Quadro de Análise ao Bar-Concerto do Plano B

Designação	Bar-Concerto do Plano B
Localização	Vitória/ Porto/ Porto
Morada	Rua Cândido do Reis, nº 30
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	71 m ²
Volume total	220 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	Gesso cartonado, Painéis de absorção acústica e cortina de tecido.
Tecto	Tecto falso de painéis de madeira perfurados
Pavimento	Betão liso
Palco	Estrado de madeira com caixa de ar, painéis de absorção sonora nas zonas laterais e posterior do palco, tecto em painéis de aglomerado de madeira muito rugoso.

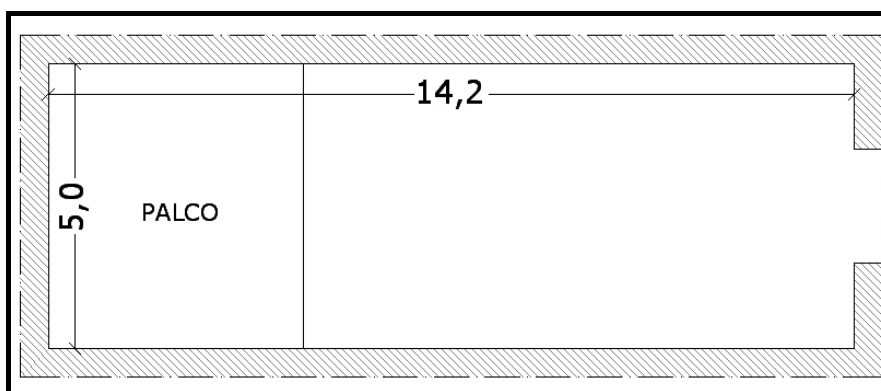


Fig. 2-21 – Planta do Bar-Concerto do Plano B

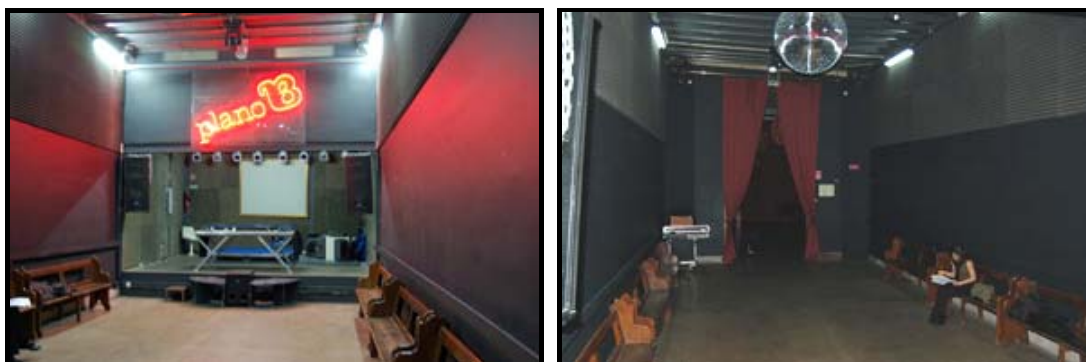


Fig. 2-22 (A e B) Vistas do interior do Plano B

2.2. METODOLOGIA

2.2.1. ANÁLISE ARQUITECTÓNICA

Em cada sala o processo seguido para sua caracterização foi semelhante.

Dá-se início a um levantamento fotográfico do espaço a estudar servindo por um lado como primeira aproximação à volumetria, às texturas das superfícies nesta compreendidas, bem como para posterior arquivamento para consulta das mesmas em caso de necessidade.

Salienta-se a utilidade de um breve esquisso do local a levantar, e com a ajuda de um medidor laser iniciam-se as medições das superfícies, áreas e volumes que definam, organizem ou de algum modo possam ter interferência no espaço acústico.

Nestas medições são distinguidos os tipos de materiais constituintes das diversas superfícies, e a sua área relativa, não só do volume do “café-concerto” propriamente dito, mas também de quaisquer peças de mobiliário nele existentes, uma vez que a sua presença (bem como do material que reveste a sua superfície), podem ter grande influencia no modo como o espaço se comporta do ponto de vista acústico.

Assim devem ser contabilizados o número de cadeiras (registrado a existência ou não zonas de tecido ou zonas almofadadas), mesas (os respectivos materiais), ou outras peças de mobiliário existentes, e as áreas superficiais dos materiais que revestiam cada uma destas peças.

De igual modo foi dada importância e foram registados os materiais constituintes das diferentes superfícies existentes: os diferentes materiais nas superfícies do chão (madeira, cerâmico, borracha, etc.), das paredes e do tecto da zona de público (painéis de madeira, vidros, pedra, reboco, gesso cartonado, etc.) e também os materiais relativos ao palco (alcatifa, cortiça, cortinados e densidade dos mesmos, existência de painéis acústicos, etc.).

Estas e outras questões foram sendo registadas exaustivamente para cada um dos cafés-concerto em estudo, seguindo a ordem dos vários pontos constituintes das fichas de trabalho, de modo a obter a mesma quantidade e o mesmo tipo de informação sobre cada um deles.

O conhecimento dos materiais de acabamento e/ou revestimento das diferentes superfícies de determinado café-concerto bem como das suas áreas relativas, juntamente com o levantamento arquitectónico (áreas e volumetrias), permite fazer uma previsão do tempo de reverberação desse mesmo espaço.

São também contabilizadas, não só o número de pessoas presentes no espaço (espectadores, empregados, outros) como o número de músicos ou artistas no palco, uma vez que adquirem também uma grande importância do ponto de vista da absorção sonora, e por conseguinte do cálculo propriamente dito.

2.2.2. AVALIAÇÃO ACÚSTICA (OBJECTIVA)

Para o cálculo do tempo de reverberação previsto em cada um dos espaços estudados, e de modo a definir um conjunto de termos, vamos usar como referência textos de apoio à disciplina de “Acústica Ambiental e de Edifícios”, de A. P. Oliveira Carvalho (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Abril 2006, 5ª edição) [11]:

Absorção Sonora

“*Absorção sonora* é a propriedade que possuem certos materiais, de poderem transformar parte da energia sonora que sobre eles incide em outra qualquer modalidade de energia, geralmente a térmica.”

Coefficiente de absorção sonora

“Chama-se *coeficiente de absorção sonora* e designa-se por α (alfa) a relação existente entre a quantidade de energia que é absorvida por determinado material e aquela que sobre ele incide. Assim, um material que possui um coeficiente de absorção sonora igual a 0,10 absorve 10% da energia que sobre ele incide. O coeficiente de absorção sonora varia pois entre 0 e 1.”

Tempo de Reverberação

“Chama-se *tempo de reverberação* ao intervalo de tempo (medido em segundo) que um qualquer som demora a extinguir-se por completo, após múltiplas reflexões. Por definição é o tempo em que o nível de pressão sonora demora a decair 60 dB desde que a fonte sonora pára de emitir. Ou dito de outra forma, o tempo que a intensidade sonora demora para diminuir 1 milésimo ($20 \log 1.000.000 = 60 \text{ dB}$) ou a pressão sonora para diminuir para 1 milésimo ($20 \log 1000 = 60 \text{ dB}$). Quantifica pois o “rasto sonoro” de um sim numa sala e caracteriza o seu ambiente sonoro.”

Para o cálculo das previsões do Tempo de Reverberação aos 500, 1000 e 2000 Hz, foi usada uma sistematização da fórmula de Sabine (expressão 2-1), dada a grande proximidade da realidade dos seus valores para locais com campos sonoros difusos e com coeficiente de absorção sonora média inferior a 0,20 (situação existente na generalidade dos Cafés-Concerto analisados).

Todos os tempos de reverberação apresentados ao longo do trabalho, sem estar referenciados como sendo relativos a uma frequência específica, referem-se invariavelmente ao cálculo da média entre as três frequências seguintes: 500, 1000 e 2000 Hz.

Em algumas das figuras e quadros encontra-se ainda a referência ao *Tempo de Reverberação Normalizado*, e que diz respeito ao cálculo do tempo de reverberação previsto tendo em consideração metade da lotação do espaço em estudo.

As restantes figuras e quadros fazem referência ao *Tempo de Reverberação Registrado*, e que é referente ao cálculo do tempo de reverberação tendo em conta o número de pessoas presentes no local aquando do registo.

$$T = \frac{0,16 * V}{\sum_{i=1}^N \alpha_i S_i + \sum_{j=1}^M A_j + m V} \quad (\text{expressão 2-1})$$

Em que,

T- Tempo de reverberação (s);

V- Volume do compartimento (m³);

α - coeficiente de absorção sonora do material (sem unidades)(quadro 2-12);

S- superfície real do material (m²)

A_j - Absorção sonora localizada (m²) (ver exemplos no quadro 2-13)

m - absorção sonora do ar (m⁻¹) em função da humidade relativa (o *default* deverá ser 60%)

Quadro 2-13 Absorção sonora do ar

HR (%)	< 1 kHz	1 kHz	2 kHz
0	0	0	0
20	0	0,008	0,016
40	0	0,004	0,008
60	0	0,003	0,004
80	0	0,002	0,004

Quadro 2-14 - Valores de coeficientes de absorção sonora (α) de alguns materiais ou sistemas [adaptado de Beranek, 1996 e outros]

Frequência (Hz)	500	1000	2000
Argamassa	0,06	0,05	0,04
Gesso Cartonado, 2 placas (32 mm)	0,10	0,17	0,13
Madeira com caixa de ar de 25 mm	0,09	0,06	0,06
Painéis de contraplacado fino	0,10	0,08	0,06
Blocos de betão com acabamento liso	0,07	0,06	0,05
Vidro espesso	0,04	0,03	0,02
Pavimento em betão	0,02	0,02	0,02
Pavimento em betão armado revestido com mosaico ou mármore	0,01	0,01	0,02
Tecto de betão rebocado e estucado	0,03	0,03	0,04
Linóleo sobre betão	0,03	0,03	0,03
Soalho (parquet) de madeira sobre betão	0,07	0,06	0,06
Soalho sobre vidras de madeira com caixa de ar	0,10	0,10	0,10
Alcatifa densa colada sobre betão	0,14	0,37	0,70
densa com base em borracha	0,57	0,69	0,71
leve colada sobre betão	0,08	0,20	0,35
Cortina leve	0,11	0,17	0,24
pesada	0,55	9,72	0,70
Espelho de água (piscina ou similar)	0,01	0,02	0,02
Cadeiras vazias	0,88	0,91	0,91
Estofa espesso	0,82	0,85	0,86
Estofa médio	0,79	0,83	0,86
Estofa leve	0,79	0,83	0,86
Espuma flexível de poliuretano	0,61	0,98	0,89
Arkobel	0,61	0,98	0,89
Sonex	0,80	1,00	1,00

Quadro 2-15- Exemplos de absorções localizadas (m²)

Absorção localizada (m ²)	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Pessoa de pé	0,44	0,42	0,46
Músico de orquestra com instrumento	1,15	1,40	1,30
Cadeira ou pequena mesa de madeira ou metal (1)	0,01	0,02	0,02
Cadeira de madeira ocupada (1)	0,47	0,52	0,50
Cadeira estufada ocupada (1)	0,38	0,39	0,41

(1) Se as cadeiras estiverem muito agrupadas (como numa sala de espectáculos) deve utilizar-se o valor de um coeficiente de absorção sonora (cf. Quadro 2-12) e multiplica-se pela área de pavimento da audiência (contando com uma margem de 0,5 m para atender ao acréscimo em altura das áreas de absorção reais)

2.2.3. AVALIAÇÃO ACÚSTICA (SUBJECTIVA)

2.2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO

Terminada a análise arquitectónica, segue-se a avaliação acústica, no dia ou horário correspondente ao espectáculo previamente escolhido.

Já no local e iniciado o espectáculo, regista-se o número aproximado de espectadores presentes no local (valor determinante para o cálculo mais aproximado dos tempos de reverberação nas diferentes frequências).

Escolhida então uma posição de audição e observação numa zona o mais central possível, dá-se início à avaliação acústica, uma vez mais seguindo os parâmetros previamente definidos na ficha de trabalho, e classificando numa escala de 1 a 7, parâmetros como o “Ruído”, “Intensidade do Som”, “Eco” e todos os outros existentes na ficha e que são de seguida discriminados.

É importante ter em conta que esta é uma avaliação subjectiva, uma vez que diz respeito unicamente à opinião e percepção do autor.

2.2.3.2. PARÂMETROS DA AVALIAÇÃO ACÚSTICA (SUBJECTIVA)

Para que seja claro o que se pretende classificar em cada um dos parâmetros da avaliação acústica incluídos na ficha de trabalho, segue-se uma breve definição de cada um.

Ruído Exterior: os sons escutados no local mas provenientes de fontes exteriores como sejam ruídos de tráfego, buzinas, louças de cozinha, ou outros.

Ruído Interior: os sons escutados no local, provenientes do próprio espaço, nomeadamente conversas, talheres, etc. vindos de mesas próximas.

Intensidade do Som: a intensidade geral ou “volume” do som sentido no local.

Clareza do Discurso Musical: o grau em que as notas musicais são claramente separadas no tempo e distintamente ouvidas; este grau de definição depende directamente do tipo de superfícies reflectoras do som existentes na sala em questão.

Reverberância: a persistência do som no espaço. Permite ter uma noção aproximada do tempo que o som permanece nesse espaço após a fonte sonora ter cessado.

Eco: Reflexões atrasadas do som emitido pela fonte, mas claramente audíveis. Estes têm por vezes origem quando os tectos ou paredes tem características bastante reflectoras.

Intimidade: a sensação auditiva de proximidade da fonte sonora. Numa sala com intimidade acústica e independentemente do seu tamanho, a música nela tocada soa como se fosse tocada numa sala pequena.

Direccionalidade: a sensação de que o som vem do eixo da fonte sonora ou seja, que o som vem da direcção em que vemos a sua fonte. Devido ao cada vez maior recurso a amplificação das fontes sonoras, este é um parâmetro por vezes difícil de avaliar.

Envolvimento: o sentimento de estar imerso, ou rodeado no som. Este envolvimento resulta da maneira como o som reverberante se distribui no espaço. Quando existe um bom envolvimento, o auditor tem a sensação de que o som lhe chega aos ouvidos com a mesma energia sonora de todas as direcções.

Equilíbrio Tímbrico: níveis relativos das frequências graves e agudas.

Impressão Geral: a impressão geral da qualidade acústica sentida.

2.2.4. AVALIAÇÃO DO CONFORTO (SUBJECTIVO)

2.2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO

No final da ficha de trabalho surge ainda a “Avaliação do Conforto”, que tal como na avaliação acústica diz respeito às condições do local aquando da realização do espectáculo.

À semelhança da avaliação acústica, esta é também uma classificação de carácter subjectivo, que se julgou ser pertinente acrescentar, uma vez que factores como “visibilidade” ou “conforto térmico”, podem influenciar directamente a concentração dos espectadores no espectáculo em questão.

2.4.2.2. PARÂMETROS DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO

De modo a que seja claro o que se pretende classificar em cada um dos parâmetros da avaliação do conforto incluídos na ficha de trabalho, segue-se então uma breve definição de cada um:

Conforto Visual: diz respeito à qualidade da posição de observador relativamente à fonte sonora.

Conforto Térmico: Temperatura ambiente sentida no local de observação.

Mobiliário: Quantidade “abstracta” de mobiliário existente no local (mesas, cadeiras, balcões, armários, etc.) que possa interferir com o conforto no local.

2.3. VALORES OBTIDOS

O quadro 2-16 diz respeito aos parâmetros arquitectónicos dos vários cafés-concerto em estudo.

Nele podem encontrar-se a Altura a Área e o Volume, bem como um código alfabético atribuído a cada um, de modo a facilitar futuras referências a cada um dos espaços estudados.

Tal como pode ser observado no quadro em questão, se se abstraírem os dois primeiros casos devido ao seu pé-direito duplo (ES e SA), a média de Alturas ronda os 3,10 m. Em relação à área (superfície relativa ao rés-do-chão) a média anda pelos 145 m², e se não tivermos em conta os objectos de estudo CP e HP devido às suas reduzidas dimensões, podemos constatar que a média sobe então para cerca de 170 m². No que diz respeito ao Volume, e do mesmo modo que com a Altura, não tendo em conta os dois espaços com pé-direito duplo (ES e SA), temos um Volume médio de aproximadamente 345 m³.

Quadro 2-16 Dimensões arquitectónicas dos cafés-concerto em análise

Código do Café-Concerto	Local	Altura média (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
ES	E.S.M.A.E.	7,20	219	916
SA	Santiago Alquimista	10,00	318	1723
VF	C.C. Vila Flôr	3,30	185	560
SV	Servartes	2,75	100	275
CA	C.C. Casa das Artes	3,50	150	550
HF	Hotfive, Jazz & Blues	4,05	115	322
CP	Clube Literário do Porto	3,30	52	170
TC	Tertúlia Castelêense	3,00	126	377
OJ	Onda Jazz	2,85	141	402
HP	Hot Club Portugal	2,10	46	97
PB	Plano B	4,90	71	220
	Média	4,27	138	510
	Mediana	3,30	126	377
	Desvio-Padrão	2,34	80	462

No que diz respeito as avaliações acústicas e de conforto (subjectivas), representadas no Quadro 2-17, é interessante notar que de uma maneira geral o *Ruído Exterior* assumiu sempre valores muito baixos, sendo por isso difícil encontrar algum tipo de relação com outros parâmetros que poderiam por ventura estar directamente ligados a este como por exemplo a *Intensidade do Som*.

De igual modo o *Ruído Interior* não parece ter tido nos casos estudados alguma correlação com parâmetros como *Intensidade do Som*, *Reverberância* ou mesmo *Eco*.

Outros parâmetros como *Clareza do Discurso Musical*, *Reverberância*, *Direccionalidade*, *Envolvimento* e *Impressão Geral* oscilam entre valores bastante próximos, numa relação de alguma previsibilidade dado o tipo de avaliação a que se refere cada um destes.

Quadro 2-17 Avaliações acústica e de conforto

Código do café-concerto	Avaliação acústica subjectiva *											Avaliação de conforto*		
	Ruído Exterior	Ruído Interior	Intensidade do Som	Clareza do Discurso Musical	Reverberância	Eco	Intimidade	Direccionalidade	Envolvimento	Equilíbrio Tímbrico	Impressão Geral	Conforto Visual	Conforto Térmico	Mobiliário
ES	1	2	5	6	3	1	5	6	6	4	6	5	4	5
SA	1	2	5	5	6	5	5	3	4	3	4	5	5	3
VF	1	4	4	5	5	1	4	4	4	4	5	6	5	3
SV	1	5	5	3	3	1	5	2	3	3	3	3	5	4
CA	1	2	6	4	5	1	6	6	5	4	5	7	5	3
HF	1	2	4	4	5	1	7	6	6	4	6	7	4	4
CP	3	3	5	7	5	1	7	7	6	4	7	6	4	4
TC	1	3	5	4	4	1	4	4	4	5	4	4	3	5
OJ	1	4	5	5	5	1	5	4	5	3	5	3	5	4
HP	1	1	5	7	5	1	6	6	5	4	5	3	4	4
PB	1	2	6	3	3	1	3	3	4	3	3	3	5	1
Média	1,2	2,7	5,0	4,8	4,5	1,4	5,2	4,6	4,7	3,7	4,8	4,7	4,5	3,6
Mediana	1	2	5	5	5	1	5	4	5	4	5	5	5	4
Desvio-Padrão	0,6	1,2	0,6	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,0	0,7	1,3	1,6	0,7	1,1

* Escala de 1 a 7, onde 1 corresponde a pouco/baixo e 7 a muito/elevado

Apesar da média elevada presente nos valores de alguns dos parâmetros (*Intensidade do Som*, *Clareza do Discurso Musical*, *Reverberância*, *Intimidade*, *Direccionalidade*, *Envolvimento*, *Equilíbrio Tímbrico*, *Impressão Geral*, *Conforto Visual*, ou *Conforto Térmico*), quanto menor for o valor do seu Desvio-Padrão, menor é a divergência entre os valores obtidos para as salas, e consequentemente mais representativo esse valor médio do parâmetro se apresenta (como por exemplo com a *Intensidade do Som*, *Equilíbrio Tímbrico* ou *Conforto Térmico*).

3

ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1. OBJECTIVO

O objectivo deste capítulo é caracterizar e relacionar os valores obtidos relativos aos parâmetros arquitectónicos e acústicos recolhidos para cada caso de estudo, tanto entre si como com os valores resultantes dos cálculos de previsão do tempo de reverberação para cada espaço.

3.2. ANÁLISE GLOBAL

Nos Quadros 3-1 e 3-2, estão presentes os valores calculados correspondentes aos tempos de reverberação previstos nos vários cafés-concerto.

Estes estão divididos por quatro colunas, três referentes a cada uma das gamas de frequências estudadas (500, 1000 e 2000 Hz) sendo a última coluna de cada um dos quadros dedicada à média aritmética dos valores obtidos nas três frequências.

No Quadro 3-1, encontram-se o tempo de reverberação (denominado *Tempo de Reverberação Registado*), calculado com o número de pessoas que se encontravam a assistir ao espectáculo realizado no café-concerto aquando da avaliação acústica e avaliação de conforto subjectivas. Este número não abrange os músicos em palco, mas inclui o número de empregados presentes no local em estudo, no normal funcionamento da casa.

No Quadro 3-2, estão presentes os valores de previsão para os tempos de reverberação com o número de pessoas presentes na sala sempre idêntico a metade da lotação da mesma, isto é denominado *Tempo de Reverberação Normalizado*.

Quadros 3-1 Tempo de Reverberação Registrado

Código do café-concerto	Tempo de Reverberação Registrado (s) #			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	(Tr500+Tr1k+Tr2k) /3
ES	1,1	1,3	1,3	1,2
SA	1,5	1,5	1,7	1,6
VF	0,6	0,7	0,7	0,7
SV	0,5	0,4	0,4	0,4
CA	0,9	0,7	0,7	0,7
HF	1,0	0,9	1,0	0,9
CP	0,7	0,6	0,6	0,6
TC	0,6	0,5	0,5	0,5
OJ	0,3	0,3	0,3	0,3
HP	0,3	0,2	0,2	0,2
PB	0,3	0,2	0,2	0,2
Média	0,7	0,7	0,7	0,7
Mediana	0,6	0,6	0,6	0,6
Desvio-padrão	0,4	0,4	0,5	0,4

Previsão feita a partir da Fórmula de Sabine

Quadro 3-2 Tempo de Reverberação Normalizado

Código do café-concerto	Tempo de Reverberação Normalizado (s) #*			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	(Tr500+Tr1k+Tr2k) /3
ES	1,0	1,2	1,2	1,1
SA	1,9	1,8	2,1	1,9
VF	0,8	0,8	0,8	0,8
SV	0,5	0,4	0,4	0,4
CA	0,9	0,7	0,7	0,8
HF	0,8	0,7	0,7	0,7
CP	0,9	0,7	0,8	0,8
TC	0,7	0,5	0,6	0,6
OJ	0,4	0,3	0,3	0,4
HP	0,4	0,3	0,3	0,4
PB	0,3	0,2	0,2	0,2
Média	0,8	0,7	0,7	0,7
Mediana	0,8	0,7	0,7	0,7
Desvio-padrão	0,4	0,5	0,5	0,5

* Considerando 50% da lotação ocupada

3.3. CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS

3.3.1. INTRODUÇÃO

Após a obtenção dos valores de TR expostos nos quadros 3-1 e 3-2, e a partir dos valores neles registados, foram efectuadas diversas correlações entre os vários parâmetros geométricos e acústicos.

Os próximos sub-capítulos apresentam as melhores correlações obtidas entre estes parâmetros, para os diversos cafés-concerto, onde o valor de R^2 representa assim nos vários casos, a variabilidade do parâmetro dependente justificada pela expressão matemática nela apresentada (R^2 varia de 0 (zero) a 1 sendo tão mais eficaz a expressão para a caracterização da interdependência, quanto mais elevado for o valor de R^2).

Exclusivamente para efeitos de análise destas correlações, foi arbitrado que para parâmetros resultantes de cálculo ou de medições, os valores de R^2 acima dos 0,5 seriam já interpretados como sendo de fiabilidade aceitável. No que diz respeito aos parâmetros subjectivos, a fasquia seria para esta análise possivelmente mais baixa, admitindo valores de R^2 a partir dos 0,1.

Foram usados modelos matemáticos simples sob a forma de funções lineares ($y = ax + b$), funções polinomiais do segundo grau ($y = ax^2 + bx + c$), funções exponenciais ($y = ae^{bx}$), funções potência ($y = ax^b$), e funções logarítmicas ($y = a \ln x + b$), bem como modelos gerais lineares, isto é com mais um parâmetro independente, no sentido de complementar os modelos simples.

O domínio de validade destas expressões (Quadro 3-3), está relacionado com o intervalo que compreende aproximadamente os valores máximos e mínimos para cada parâmetro, do conjunto de objectos de estudo seleccionados para este trabalho.

Quadros 3-3 Domínio de validade aproximada das expressões

	mínimo		máximo
H- altura (m)	2	-	11
S- superfície (m ²)	40	-	320
V- volume (m ³)	90	-	1800

3.3.2. MODELOS SIMPLES

3.3.2.1. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E TEMPOS DE REVERBERAÇÃO

Neste ponto incluem-se três figuras (Figs. 3-1, 3-2, e 3-3) relativas as correlações entre os parâmetros arquitectónicos Altura, Volume e Superfície, com o Tempo de Reverberação Normalizado.

Para cada um destes parâmetros foi realizada a mesma correlação para as bandas de frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, e que podem ser encontradas na íntegra no Anexo B.

Da análise efectuada é possível observar que das três frequências em estudo, é nas dos 1000 Hz e 2000 Hz que se encontram os graus de fiabilidade mais elevados em todos os casos.

As figuras 3-1, 3-2 e 3-3, foram efectuada com os valores médios das três bandas de frequências anteriormente citadas, e como se pode notar, o grau de fiabilidade é bastante elevado, variando entre os 75% e os 85% nos três casos em estudo.

Quadro 3-4 – Fórmulas de previsão dos valores de *TR Normalizados médios* usando modelos simples

$TR (s) = 0,1741 H - 0,0035$	$R^2 = 0,74$
$TR (s) = 0,0051 S + 0,0313$	$R^2 = 0,74$
$TR (s) = 0,00095 V + 0,23503$	$R^2 = 0,86$

com H- Altura (m), S- Superfície (m²), V- Volume (m³)

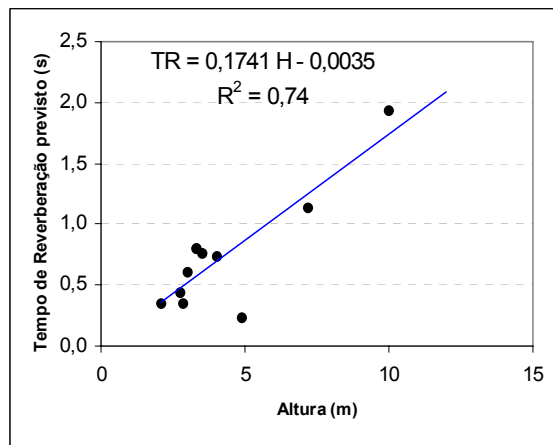


Figura 3-1- Correlação entre o *T.R. Normalizado médio* (500Hz, 1K, 2k Hz) e a *Altura*

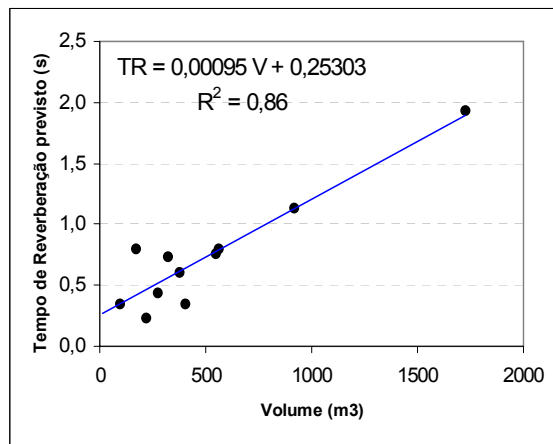


Figura 3-2- Correlação entre o *T.R. Normalizado médio* (500Hz, 1K, 2k Hz) e o *Volume*

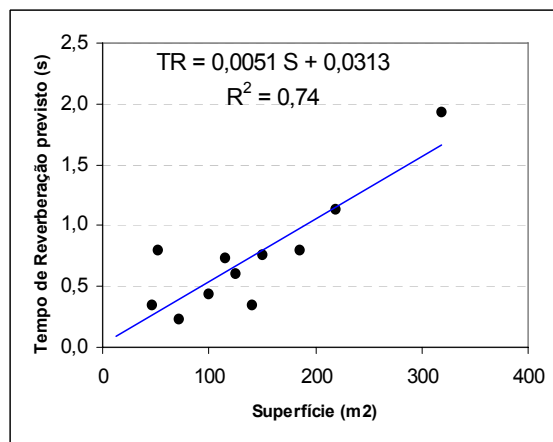


Figura 3-3- Correlação entre o *T.R. Normalizado médio* (500Hz, 1K, 2k Hz) e a *Superfície*

No quadro 3-5 podem ser consultadas as fórmulas de previsão do tempo de reverberação normalizado para cada uma das três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz). Os gráficos relativos a estas podem ser consultados no Anexo B.

Quadro 3-5 – Fórmulas de previsão dos valores de TR normalizado para as três bandas de frequências

500 Hz	TR (s) = 0,1531 H + 0,1283	$R^2 = 0,67$
	TR (s) = 0,0045 S + 0,1563	$R^2 = 0,67$
	TR (s) = 0,00086 V + 0,3454	$R^2 = 0,81$
1000 Hz	TR (s) = 0,1707 H - 0,0313	$R^2 = 0,76$
	TR (s) = 0,0051 S - 0,0044	$R^2 = 0,77$
	TR (s) = 0,00093 V + 0,224	$R^2 = 0,87$
2000 Hz	TR (s) = 0,1986 H - 0,1077	$R^2 = 0,76$
	TR (s) = 0,0058 S - 0,0582	$R^2 = 0,75$
	TR (s) = 0,0011 V + 0,1897	$R^2 = 0,87$

3.3.2.2. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E PARÂMETROS ACÚSTICOS

No conjunto de figuras 3-4, 3-5 e 3-6, podemos encontrar três das melhores correlações entre os parâmetros arquitectónicos e os parâmetros acústicos subjectivos para os cafés-concerto estudados.

Como seria de esperar dada a subjectividade dos parâmetros envolvidos, em ambas podemos observar os valores de R^2 relativamente baixos, com valores de fiabilidade a oscilarem entre os 10% e os 20%, o que significa que 80 a 90% da variabilidade é explicada por outros factores que não a *Altura*, a *Superfície* ou o *Volume*.

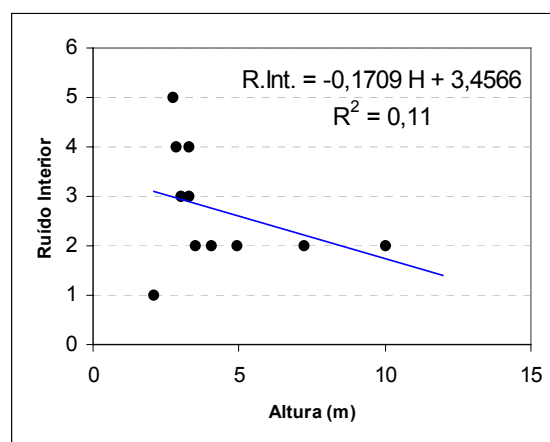


Figura 3-4 - Correlação entre o Ruído Interior e a Altura

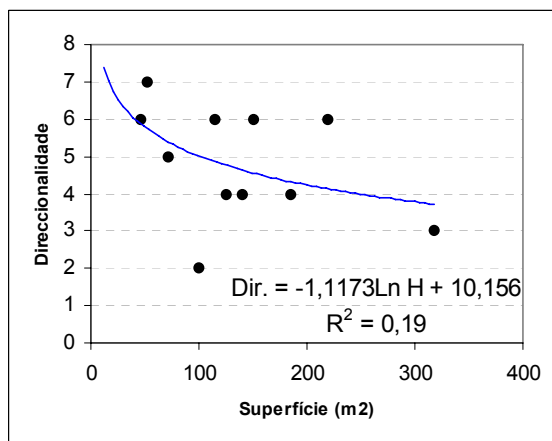


Figura 3-5 - Correlação entre a *Direccionalidade* e a *Superfície*

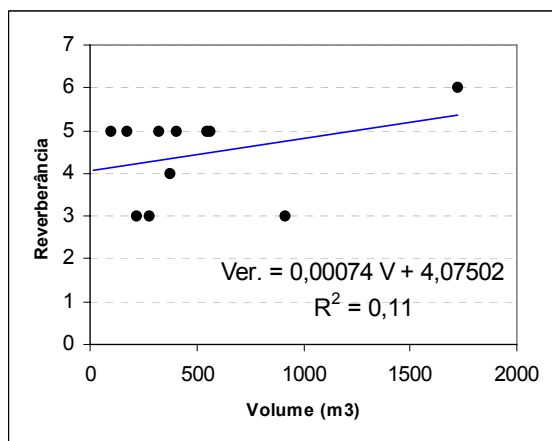


Figura 3-6 - Correlação entre a *Reverberância* e o *Volume*

3.3.2.3. PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E PARÂMETROS DE CONFORTO

Nas figuras 3-7, 3-8 e 3-9 podem ver-se as melhores correlações encontradas entre os Parâmetros Arquitectónicos e os Parâmetros de Conforto.

Tal como no sub capítulo anterior, seria pouco provável o aparecimento de melhores valores de R^2 . Uma vez mais devido à subjectividade da avaliação e ao facto de esta ser feita apenas por uma pessoa, surgem valores bastante baixos (abaixo dos 20%), com uma única excepção para as correlações com o parâmetro subjectivo *Eco* (Figura 3-10) que atinge valores mais elevados.

Pode-se no entanto notar que de um modo geral as melhores correlações se verificam com o parâmetro arquitectónico *Volume*.

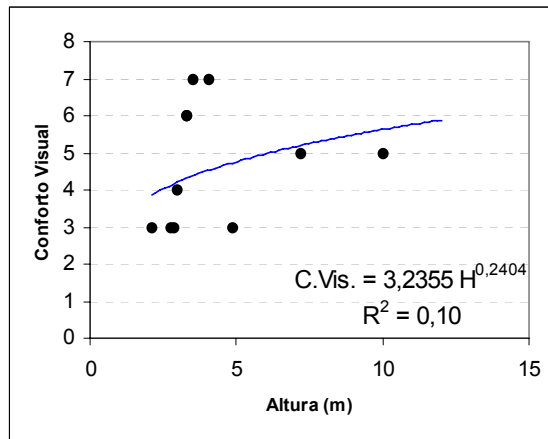


Figura 3-7 - Correlação entre o *Conforto Visual* e a *Altura*

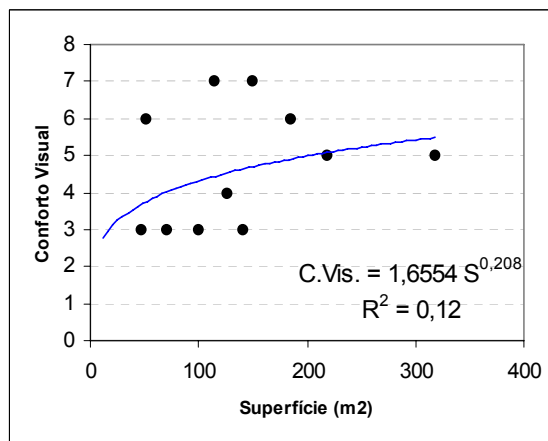


Figura 3-8 - Correlação entre o *Conforto Visual* e a *Superfície*

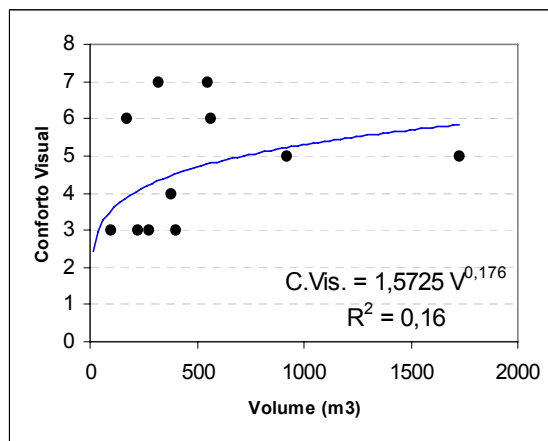


Figura 3-9 - Correlação entre o *Conforto Visual* e o *Volume*

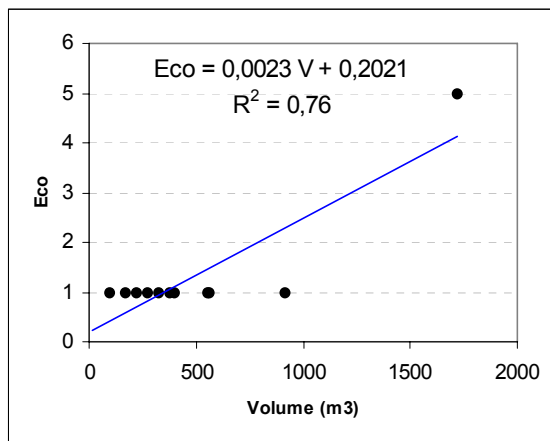


Figura 3-10 - Correlação entre o *Eco* e o *Volume*

Esperava-se que as correlações entre o Conforto Térmico e os parâmetros arquitectónicos, ou mais especificamente a *Altura* pudessem traduzir algum tipo de relação, nomeadamente porque se sabe que espaços mais altos, pelas diferenças de temperatura, podem induzir ao aparecimento de correntes de ar, podendo estas traduzir-se em desconforto térmico. Esta relação não foi no entanto possível verificar, uma vez que os valores de R^2 a elas correspondentes resultaram sempre inferiores aos 0,1 admitidos como mínimos.

Na figura 3-10 é apresentada a melhor correlação entre o parâmetro subjectivo *Eco* e o parâmetro arquitectónico *Volume*.

Com valores de R^2 superiores a 0,5 em todos os parâmetros arquitectónicos, e apesar da importância que se sabe terem os parâmetros arquitectónicos no aparecimento do *Eco*, estes valores devem ser interpretados com cautela, e sempre tendo em conta a grande subjectividade do parâmetro em questão.

3.3.3. MODELOS GERAIS LINEARES

No sentido de complementar os modelos simples alcançados nos sub-capítulos anteriores, e numa tentativa de conseguir melhores correlações, foram estudados modelos gerais lineares entre os parâmetros arquitectónicos e os tempos de reverberação normalizados (Quadro 3-6).

Estes serão apresentados para as três bandas de frequências em estudo (500, 1000 e 2000 Hz).

Ainda com base nos modelos gerais lineares, apresentam-se no Quadro 3-6 os resultados relativos às correlações entre os três parâmetros arquitectónicos (*Altura*, *Superfície* e *Volume*) com os restantes parâmetros.

De notar como devido à utilização dos três parâmetros arquitectónicos em cada uma das correlações com os restantes parâmetros, conduziu a valores de R^2 mais elevados do que nas correlações conseguidas com os modelos matemáticos simples, elevando deste modo o grau de fiabilidade dos mesmos.

Quadro 3-6 – Fórmulas de previsão dos valores de TR normalizado usando modelos gerais lineares

$TR_{500} = 0,68760 - 0,05070 H - 0,00459 S + 0,00186 V$	$R^2 = 0,84$
$TR_{1k} = 0,23672 - 0,01793 H - 0,00088 S + 0,00099 V$	$R^2 = 0,87$
$TR_{2k} = 0,38502 - 0,00589 H - 0,00345 S + 0,00168 V$	$R^2 = 0,89$

com H = *Altura* (m), S = *Superfície* (m²) e V = *Volume* (m³)

Quadro 3-7 – Valores dos R² dos Modelos Gerais Lineares com H+S+V e os restantes parâmetros subjectivos

Ruído Exterior	Ruído Interior	Intensidade do Som	Clareza do Discurso Musical	Reverberância	Eco	Intimidade	Direccionalidade	Envolvimento	Equilíbrio Timbrico	Impressão Geral	Conforto Visual	Conforto Térmico	Mobiliário
0,28	0,32	0,20	0,11	0,44	0,91	0,15	0,25	0,11	0,12	0,08	0,09	0,08	0,11

Quadro 3-8 – Fórmulas de previsão dos três melhores parâmetros (conforme quadro 3.7)

$Eco = 2.00873 - 0,23190 H - 0,02552 S + 0,00760 V$	$R^2 = 0,91$
$Reverberância = 6,56771 - 0,69946 H - 0,02160 S + 0,00757 V$	$R^2 = 0,44$
$Ruído Interior = 2.55937 - 0,33399 H + 0,01909 S - 0,00206 V$	$R^2 = 0,32$

com H = *Altura*, S = *Superfície* e V = *Volume*

3.4- EFEITO DA ABSORÇÃO SONORA DA AUDIÊNCIA

De modo a compreender o efeito da absorção sonora da audiência na variação dos tempos de reverberação previstos, são apresentadas neste capítulo duas situações referentes a pólos opostos:

- *Tempos de Reverberação sem audiência*, em que são considerados todos os dados relativos a cada café-concerto com o espectáculo a decorrer, com a particularidade de não existir ninguém a assistir a este, ou seja com a casa vazia;

- *Tempos de Reverberação com lotação esgotada*, neste caso são também considerados todos os dados referentes aos cafés-concerto estudados, apresentando os resultados da previsão dos tempos de reverberação para lotação esgotada em cada um dos espaços estudados para amostra.

No quadro 3-9 podem ser observados os resultados para as bandas de frequência dos 500, 1000 e 2000 Hz, seguidos da sua média aritmética, para ambos os casos (*sem audiência e com lotação esgotada*).

Nesse quadro existe ainda um conjunto de colunas dedicadas à média entre ambas as situações, de modo a que possa ser conhecida a variação dos tempos de reverberação provocada única e exclusivamente pela audiência.

Quadro 3-9 – Efeito da absorção sonora da audiência

Código do Café-Concerto	TR sem audiência (s)#				TR com lotação esgotada (s)#				Δ TR Máximo (s) (TR sem aud. - TR lot. esg.)			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	(Tr500+Tr1k+Tr2k)/3	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	(Tr500+Tr1k+Tr2k)/3	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	(Tr500+Tr1k+Tr2k)/3
ES	1,2	1,6	1,6	1,5	0,9	1,0	1,0	1,0	0,3	0,6	0,6	0,5
SA	2,7	2,6	3,2	2,8	1,4	1,4	1,6	1,5	1,3	1,2	1,6	1,4
VF	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6
SV	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
CA	1,1	0,9	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4
HF	1,1	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,1	0,4	0,5	0,4	1,0	0,6
CL	1,2	1,0	1,1	1,1	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5
TC	0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
OJ	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
HC	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
PB	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Média	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4
Mediana	1,1	0,9	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
Desvio-Padrão	0,7	0,7	0,8	0,7	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4

Previsão feita a partir da Fórmula de Sabine

Tal como era espectável, a audiência tem um papel importante na reverberação dos cafés-concerto. Analisando o Quadro 3-9, pode ter-se uma noção de como determinados espaços podem ver os seus tempos de reverberação oscilar mais de um segundo consoante o número de pessoas presentes em determinado espectáculo.

Nas figuras 3-11, 3-12 e 3-13 podem ser comparadas as linhas de tendência das correlações entre os tempos de reverberação (nas bandas de frequências 500, 1000 e 2000 Hz) *sem audiência* e *com lotação esgotada*, com o parâmetro arquitectónico *Altura*.

Quadro 3-10 – Fórmulas de previsão dos valores de *TR sem audiência* e *com lotação esgotada*, na sua correlação com a *Altura*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz)

500 Hz	TR s.a. = 0,2224 H + 0,0719	$R^2 = 0,63$
	TR l.e. = 0,1208 H + 0,0835	$R^2 = 0,73$
1000 Hz	TR s.a. = 0,2532 H - 0,1427	$R^2 = 0,76$
	TR l.e. = 0,1334 H - 0,0031	$R^2 = 0,78$
2000 Hz	TR s.a. = 0,2623 H - 0,1263	$R^2 = 0,73$
	TR l.e. = 0,1361 H - 0,0078	$R^2 = 0,76$

s.a. = sem audiência, l.e. = *lotação esgotada* e H = *Altura*

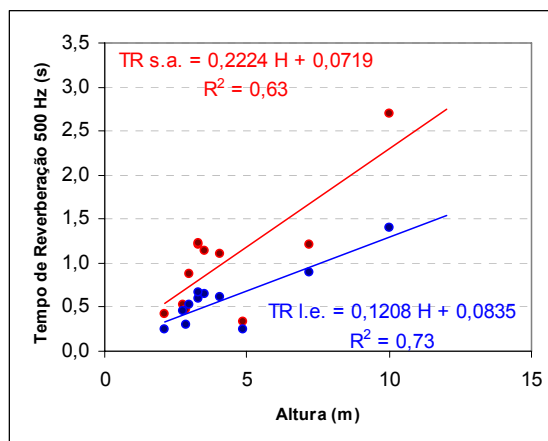


Fig. 3-11 - Relação "*TR (500 Hz) sem audiência vs Altura*" e "*TR (500 Hz) lotação esgotada vs Altura*"

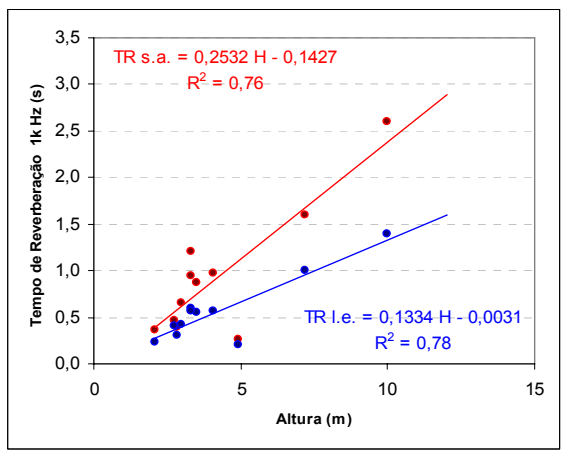


Fig. 3-12 - Relação "TR (1 kHz) sem audiência vs Altura" e "TR (1 kHz) lotação esgotada vs Altura"

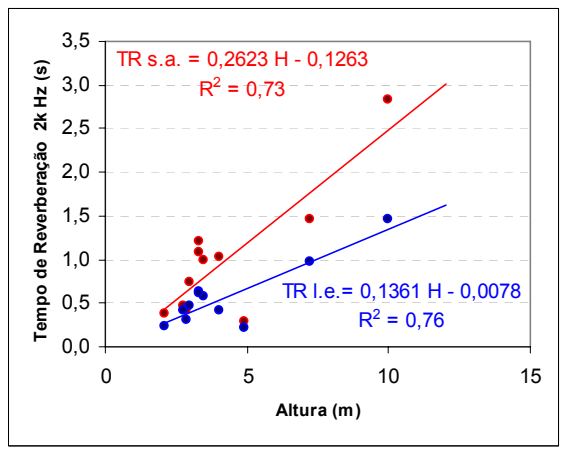


Fig. 3-13 - Relação "TR (2 kHz) sem audiência vs Altura" e "TR (2 kHz) lotação esgotada vs Altura"

Nas figuras 3-14, 3-15 e 3-16 podem ser comparadas as linhas de tendência das correlações entre os tempos de reverberação (nas bandas de frequências 500, 1000 e 2000 Hz) *sem audiência* e *com lotação esgotada*, com o parâmetro arquitectónico *Superfície*.

Quadro 3-11 – Fórmulas de previsão dos valores de TR *sem audiência* e *com lotação esgotada*, na sua correlação com a *Superfície*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz)

500 Hz	TR s.a. = 0,0067 S + 0,0972	R ² = 0,66
	TR l.e. = 0,00352 S + 0,11169	R ² = 0,72
1000 Hz	TR s.a. = 0,0075 S - 0,1041	R ² = 0,78
	TR l.e. = 0,00391 S + 0,02509	R ² = 0,78
2000 Hz	TR s.a. = 0,009 S - 0,2256	R ² = 0,75
	TR l.e. = 0,00467 S - 0,09313	R ² = 0,74

s.a. = sem audiência, l.e. = lotação esgotada e S = Superfície

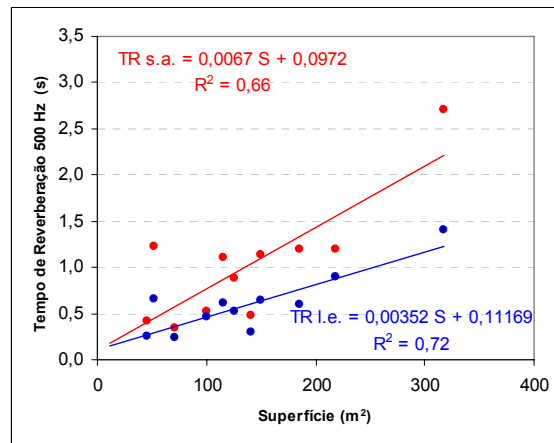


Fig. 3-14 - Relação "TR (500 Hz) *sem audiência* vs *Superfície*" e "TR (500 Hz) *lotação esgotada* vs *Superfície*"

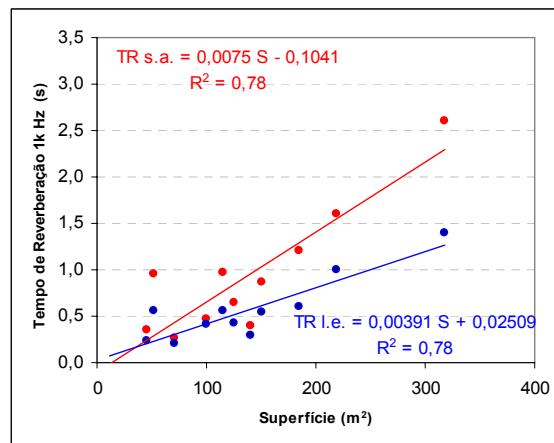


Fig. 3-15 - Relação "TR (1 kHz) *sem audiência* vs *Superfície*" e "TR (1 kHz) *lotação esgotada* vs *Superfície*"

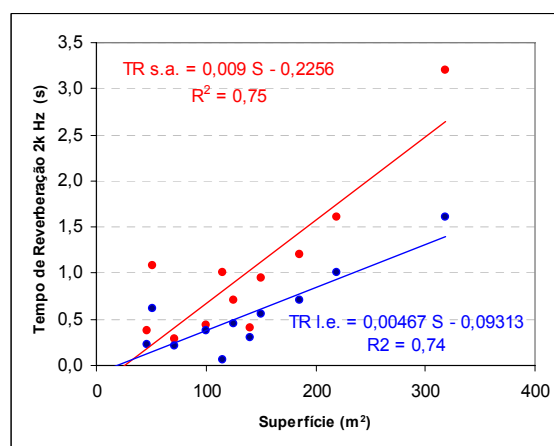


Fig. 3-16 - Relação "TR (2 kHz) *sem audiência* vs *Superfície*" e "TR (2 kHz) *lotação esgotada* vs *Superfície*"

Nas figuras 3-17, 3-18 e 3-19 podem ser comparadas as linhas de tendência das correlações entre os tempos de reverberação (nas bandas de frequências 500, 1000 e 2000 Hz) *sem audiência* e *com lotação esgotada*, com o parâmetro arquitectónico *Volume*.

Quadro 3-12 – Fórmulas de previsão dos valores de *TR sem audiência* e com *lotação esgotada*, na sua correlação com o *Volume*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz)

500 Hz	TR s.a. = 0,0013 V + 0,3808	R ² = 0,78
	TR l.e. = 0,00065 V + 0,26519	R ² = 0,83
1000 Hz	TR s.a. = 0,0014 V + 0,2371	R ² = 0,86
	TR l.e. = 0,00071 V + 0,20199	R ² = 0,87
2000 Hz	TR s.a. = 0,0017 V + 0,1602	R ² = 0,88
	TR l.e. = 0,00087 V + 0,11058	R ² = 0,85

s.a. = *sem audiência*, l.e. = *lotação esgotada* e V = *Volume*

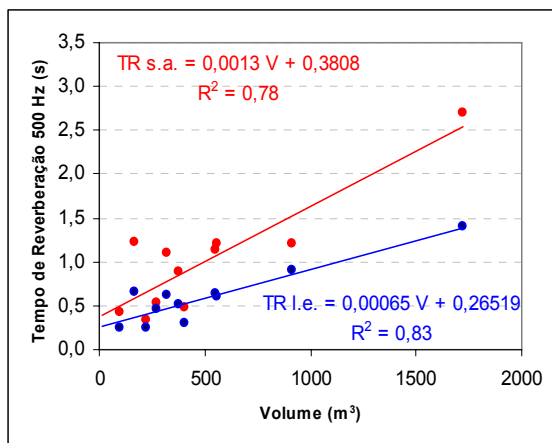


Fig. 3-17 - Relação "TR (500 Hz) *sem audiência* vs *Volume*" e "TR (500 Hz) *lotação esgotada* vs *Volume*".

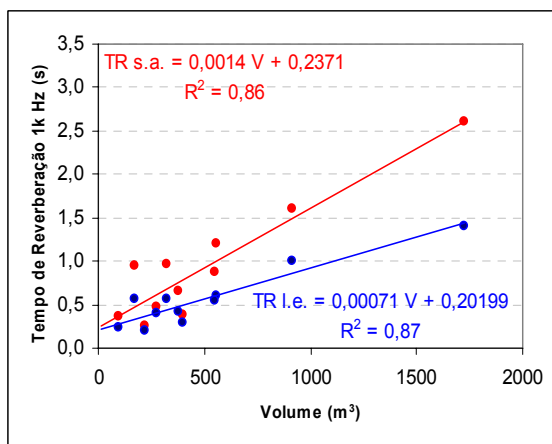


Fig. 3-18 - Relação "TR (1 kHz) *sem audiência* vs *Volume*" e "TR (1 kHz) *lotação esgotada* vs *Volume*".

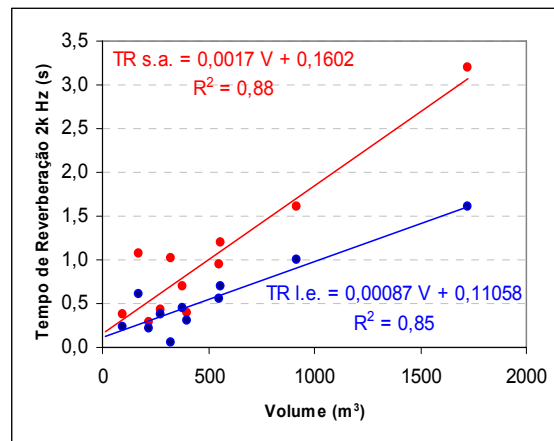


Fig. 3-19 - Relação "TR (2 kHz) *sem audiência* vs Volume" e "TR (2 kHz) *lotação esgotada* vs Volume"

Nas figuras 3-20, 3-21 e 3-22 podem ser vistas as correlações entre o $\Delta T.R.$ *Máximo* (TR *lotação esgotada* - TR *sem audiência*), com o parâmetro arquitectónico *Altura*.

Quadro 3-13 – Fórmulas de previsão dos valores do $\Delta T.R.$ *Máximo*, na sua correlação com a *Altura*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz)

500 Hz	$\Delta TR = 0,1015 H - 0,0116$	$R^2 = 0,47$
1000 Hz	$\Delta TR = 0,1198 H - 0,1396$	$R^2 = 0,69$
2000 Hz	$\Delta TR = 0,1574 H - 0,2042$	$R^2 = 0,63$

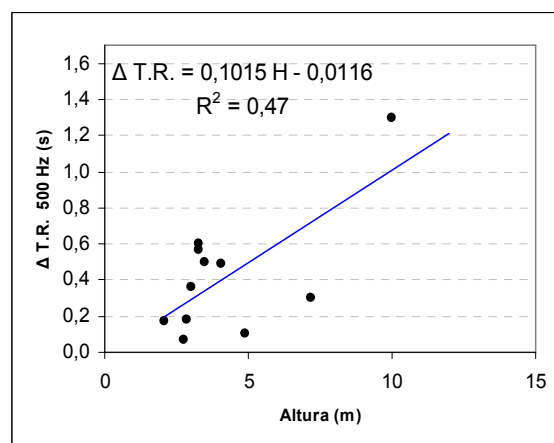


Fig. 3-20 - Relação " $\Delta T.R.$ *Máximo* (500 Hz) vs *Altura* "

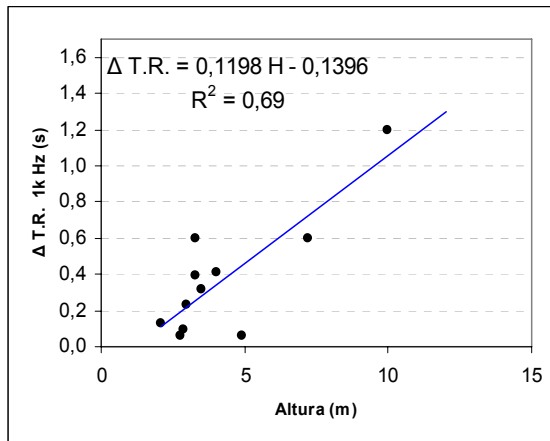


Fig. 3-21 - Relação "ΔTR Máximo (1 kHz) vs Altura "

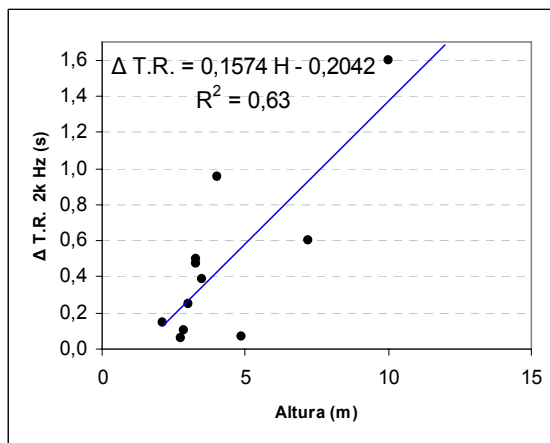


Fig. 3-22 - Relação "ΔTR Máximo (2 kHz) vs Altura "

Nas figuras 3-23, 3-24 e 3-25 podem ser vistas as correlações entre o $\Delta T.R.$ Máximo (TR lotação esgotada - TR sem audiência), com o parâmetro arquitetônico *Superfície*.

Quadro 3-14 – Fórmulas de previsão dos valores do $\Delta T.R.$ Máximo, na sua correlação com a *Superfície*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz)

500 Hz	$\Delta TR = 0,00315 S - 0,01449$	$R^2 = 0,53$
1000 Hz	$\Delta TR = 0,00362 S - 0,12917$	$R^2 = 0,73$
2000 Hz	$\Delta TR = 0,00433 S - 0,13245$	$R^2 = 0,56$

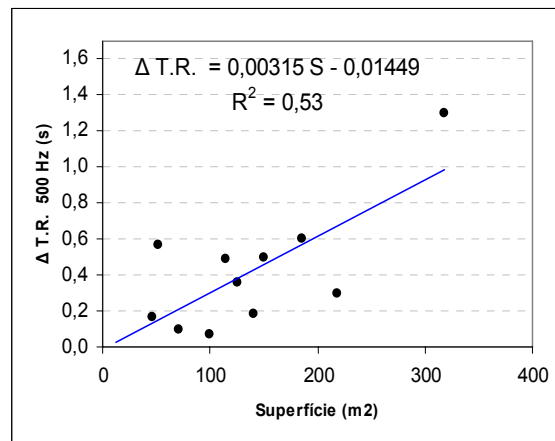


Fig. 3-23 - Relação "ΔTR Máximo (500 Hz) vs Superfície "

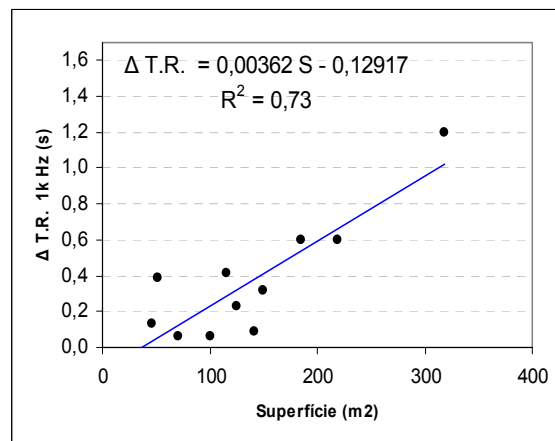


Fig. 3-24 - Relação "ΔTR Máximo (1 kHz) vs Superfície "

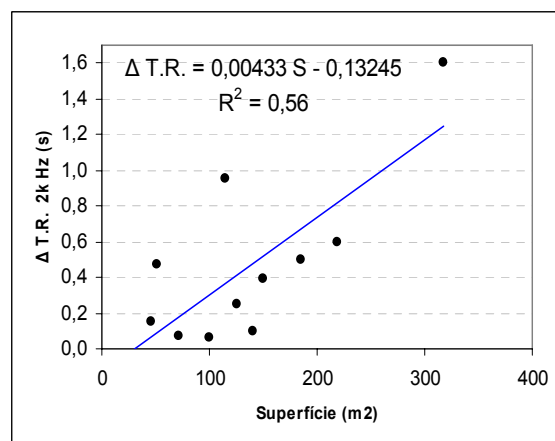


Fig. 3-25 - Relação "ΔTR Máximo (2 kHz) vs Superfície "

Nas figuras 3-26, 3-27 e 3-28 podem ser vistas as correlações entre o $\Delta T.R. \text{ Máximo}$ (TR *lotaao esgotada* - TR *sem audiência*), com o parâmetro arquitectónico *Volume*.

Quadro 3-15 – Fórmulas de previsão dos valores do $\Delta TR \text{ Máximo}$, na sua correlao com a *Volume*, nas três bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz).

500 Hz	$\Delta TR = 0,0006003 V + 0,1155959$	$R^2 = 0,64$
1000 Hz	$\Delta TR = 0,00066 V + 0,03515$	$R^2 = 0,81$
2000 Hz	$\Delta TR = 0,00082 V + 0,04966$	$R^2 = 0,67$

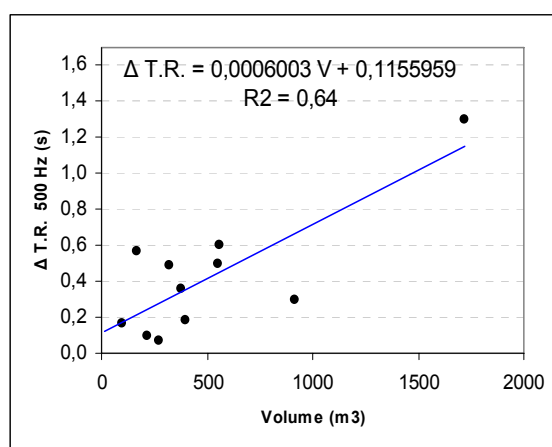


Fig. 3-26 - Relação " $\Delta TR \text{ Máximo}$ (500 Hz) vs *Volume* "

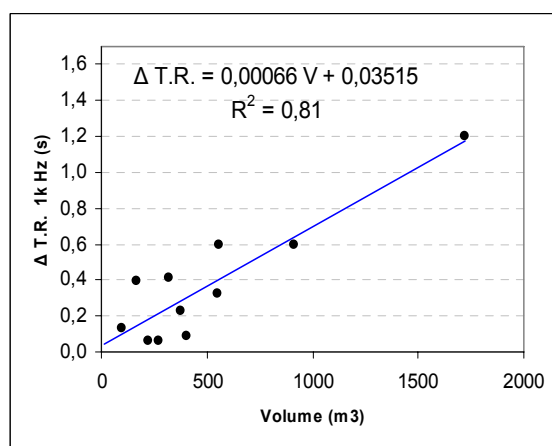


Fig. 3-27 - Relação " $\Delta TR \text{ Máximo}$ (1 kHz) vs *Volume* "

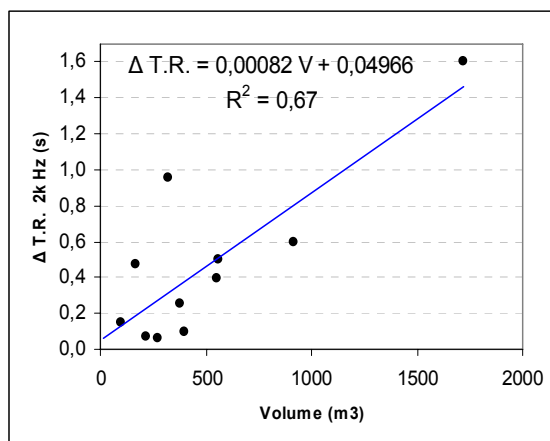


Fig. 3-28 - Relação "ΔTR Máximo (2 kHz) vs Volume "

Na realidade dos cafés-concerto, e na generalidade das circunstâncias, o número de pessoas a assistir a determinado espectáculo é uma variável que pouco ou nada pode ser controlada, uma vez que será praticamente impossível assegurar uma determinada lotação ao longo de toda uma época de espectáculos.

Porém estando alerta para este tipo de influência na absorção sonora, pode ajudar não só a explicar e compreender o fenómeno, como inclusivamente permitir a adopção de medidas de defesa em relação ao mesmo.

Soluções simples como cortinados pesados e espessos a encobrirem painéis de betão liso ou vidro, podem ser facilmente fechados ou abertos, expondo a superfície absorvora ou reverberante consoante for mais conveniente na altura.

Painéis perfurados amovíveis, ou mesmo telas estrategicamente posicionadas de modo a condicionar a visibilidade e persuadir a assistência a concentrar-se em zonas mais próximas do palco, podem também ser hipóteses para minimizar problemas de reverberação resultantes da oscilação do número de assistência.

Lugares sentados (bancos e cadeiras) que tenham uma absorção sonora idêntica quer estejam ocupados quer não.

Outro tipo de soluções mais onerosas poderiam ser tidas em conta, recorrendo por exemplo a sistemas mecânicos com painéis absorvora, mas certamente que a para a generalidade dos casos a relação "custo – benefício" não seria compensadora.

4

APLICAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como propósito utilizar a informação anteriormente produzida e aplicá-la num caso concreto ou seja, ainda no processo de ante-projecto para um café-concerto, verificar em que medida a aplicação destas regras podem aconselhar ou conduzir a dimensões e ou volumetrias diferentes do esquema original.

Tendo consciência de que em muitos casos a alteração às dimensões do projecto poderá não ser desejável ou mesmo viável (por exemplo em reabilitações de espaços existentes, ou mesmo projectos de áreas condicionadas), o projectista estará ainda assim alertado para possíveis resultados acústicos não desejáveis, podendo nestes casos precaver-se, incluindo no seu projecto os materiais ou sistemas indicados para a correcção acústica, para que se possa aproximar dos valores que se considerem ideais para o caso em particular.

4.2. TEMPOS DE REVERBERAÇÃO IDEAIS

Os tempos de reverberação estão estreitamente relacionados com a geometria (parâmetros arquitectónicos) e características de absorção sonora do espaço em questão.

Locais que compreendem volumetrias de grande dimensão como naves industriais, ou grandes igrejas, são usualmente caracterizados por tempos de reverberação elevados (4, 5 ou mais segundos), ao passo que em estúdios de gravação podemos ter tempos tão baixos como 0,4 s.

Assim, tendo em conta as díspares consequências da reverberação, torna-se evidente a utilidade de ter valores ideais para os tempos de reverberação consoante o uso pretendido para determinado espaço, ou de uma forma ainda mais específica, consoante o tipo de som que se pretenda escutar nesse local.

Nas figuras 4-1 a 4-3 encontram-se exemplos de gráficos representativos dos tempos de reverberação ideais consoante o uso em questão.

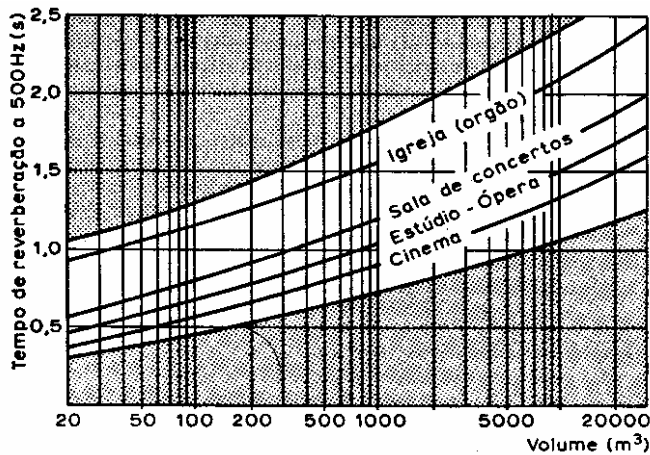


Figura 4-1 Tempos de reverberação ideais em função do uso e Volume da Sala [1]

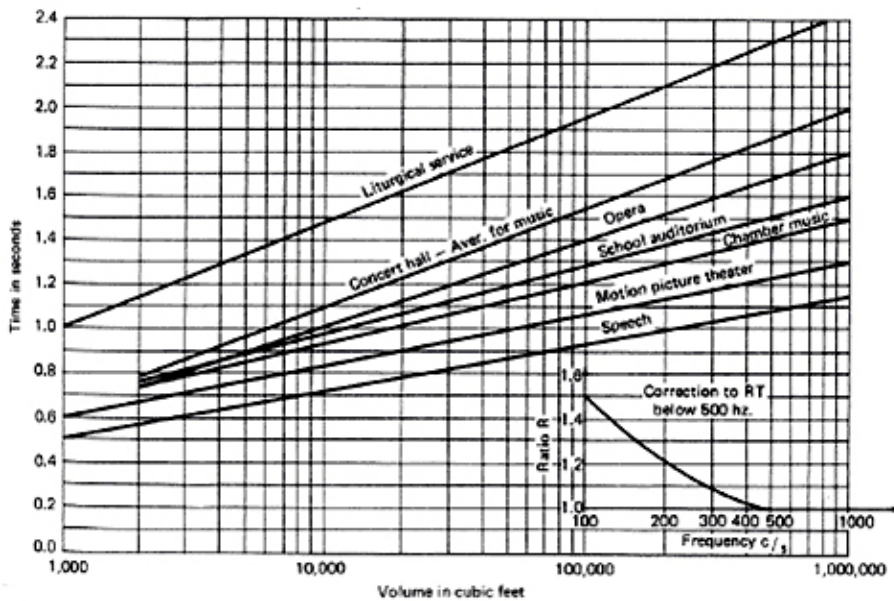


Figura 4-2 Tempos de reverberação ideais para diversos fins em função do uso e Volume da sala [2]

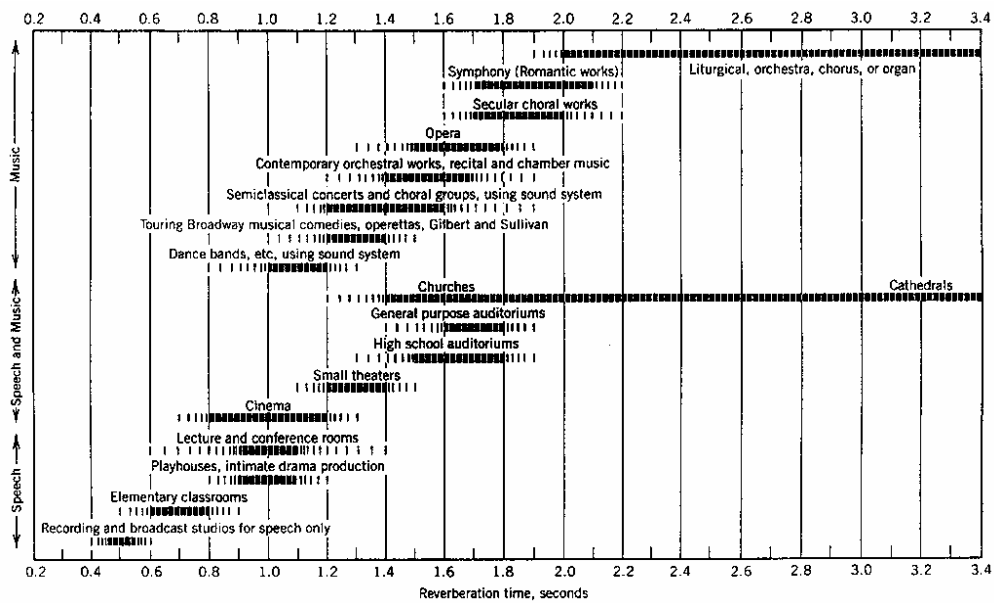


Figura 4-3 Tempos de reverberação ideais em função do uso [4]

Destes e outros autores existem ainda documentos que fornecem referências sobre tempos de reverberação ideais para outros tipos de música ou mesmo outro tipo de espetáculos, mas não serão citados neste trabalho uma vez que estes se afastam da utilização usual dos cafés-concerto e por conseguinte do âmbito desta tese.

Baseado em autores como Silva [1] ou Cavanaugh [4], apresenta-se no quadro 4-1, uma proposta de indicação sobre os tempos de reverberação ideais consoante o uso possível para os Cafés-Concertos.

Quadros 4-1 Tempos de Reverberação Ideais de acordo com o uso (para a Banda de 1000 Hz)

Tipo de uso	Exemplos	Tempo de Reverberação Ideal (s)	
		Intervalo	Valor de referência
Palavra	Declamações, pequenas peças	[0,9 - 1,1]	1,0
Música (inst. electroacústicos)	Bandas de <i>Blues</i> ou <i>Jazz</i>	[1,0 - 1,3]	1,1
Música de câmara, Canto lírico	Voz acompanhada ao piano	[1,5 - 1,7]	1,6
Música (inst. acústicos)	Recitais de piano, harpa	[1,3 - 1,7]	1,5

4.3. CASOS DE ESTUDO

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES CASOS

No processo de projectar um café-concerto, surge vulgarmente um de dois cenários de trabalho com que o profissional tem de lidar:

O primeiro, que vamos apelidar de *Projectos com Condicionantes Arquitectónicas*, abarca a grande generalidade das situações, e diz respeito a um qualquer tipo de pré-existência no local para o qual se vai projectar, e que de uma forma ou outra condiciona a superfície, a altura, em suma a volumetria disponível para projecto.

Também englobadas neste ponto estão desde as recuperações ou reabilitações, para o mesmo ou para uso diferente, até à loja livre da cave, rés-do-chão ou outro piso, numa construção nova que logo à partida confina e limita com exactidão as áreas disponíveis para o projecto.

Como segundo cenário que apesar de menos vulgar não pode ser descurado, temos a assunção de que o projecto nasce especificamente para o fim em questão, e como tal o projectista tem a total liberdade para jogar com as superfícies, as áreas e as alturas. A este iremos chamar *Projectos sem Condicionantes Arquitectónicas*.

Nesta óptica, passam a apresentar-se dois casos de estudo, reflectindo ambas as vertentes deste tipo de projectos: com e sem as condicionantes arquitectónicas, e demonstrando a possível utilidade deste trabalho no sentido de proporcionar um melhor desempenho acústico aos espaços em questão.

4.3.2. PROJECTOS COM CONDICIONANTES ARQUITECTÓNICAS

Na figura 4-4 encontra-se um organigrama de estudo, onde estão organizadas as áreas e posições aproximadas das várias zonas constituintes de um estudo para um café-concerto de um só piso.

Acrescentam-se a esses dados o pé direito máximo possível para esse espaço de 4 m.

Pode-se deste modo utilizar como referência o Quadro 4.2, sabendo neste caso específico que, apesar de não ser possível aumentar as dimensões da área ou de altura acima dos 4 m, pode-se recorrer à utilização de tectos falsos, e assim reduzir a altura do espaço e consequentemente o seu volume, se tal for conveniente.

Quadro 4-2 Quadro de análise do esquema de estudo

Designação	Esquema de estudo para café-concerto
Características Gerais	
Área do Rés-do-chão	153 m ²
Volume total	612 m ³
Materiais das superfícies	
Paredes	A definir
Tecto	A definir
Pavimento	A definir
Palco	A definir

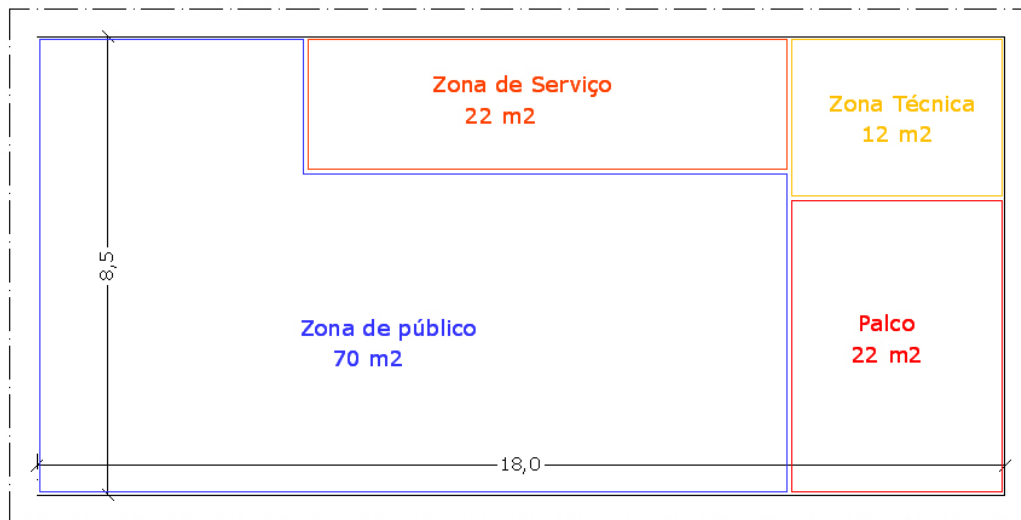


Fig.4-4 Esquema de áreas para Café-Concerto

Sabendo de antemão que estando o propósito deste espaço principalmente relacionado com concertos de blues ou jazz, deve então procurar conseguir-se tempos de reverberação da ordem dos 1,6 s (Quadro 4-1).

Com base nas expressões alcançadas nos sub capítulos 3.3.2.1 e 3.3.3, e admitindo que este espaço fosse mobilado com materiais semelhantes aos da amostra, podemos prever para este local os Tempos de Reverberação apresentados no quadro 4-3.

De notar que neste caso específico, os valores obtidos a partir das expressões simples são muito semelhantes aos do modelo geral linear.

Quadro 4-3 - Valores dos parâmetros respeitantes ao esquema de estudo (considerando 50% da lotação)

Valor do parâmetro	TR 500 Hz (Expressões do Quadro 3-5)	Resultado (TR)	Modelo Geral Linear	
			Expressão do quadro 3-4	Δ TR
H = 4 m	TR (s) = 0,1531 H + 0,1283	TR = 0,7 s	TR 500 Hz = 0,9 s	± 0,2 s
S = 153 m ²	TR (s) = 0,0045 S + 0,1563	TR = 0,8 s		
V = 612 m ³	TR (s) = 0,00086 V + 0,3454	TR = 0,9 s		

Valor do parâmetro	TR 1000 Hz (Expressões do Quadro 3-5)	Resultado (TR)	Modelo Geral Linear	
			Expressão do quadro 3-4	Δ TR
H = 4 m	TR (s) = 0,1707 H - 0,0313	TR = 0,7 s	TR 1k Hz = 0,6 s	± 0,2 s
S = 153 m ²	TR (s) = 0,0051 S - 0,0044	TR = 0,8 s		
V = 612 m ³	TR (s) = 0,00093 V + 0,224	TR = 0,8 s		

Valor do parâmetro	TR 2000 Hz (Expressões do Quadro 3-5)	Resultado (TR)	Modelo Geral Linear	
			Expressão do quadro 3-4	Δ TR
H = 4 m	TR (s) = 0,1986 H - 0,1077	TR = 0,7 s	TR 2k Hz = 0,9 s	± 0,2 s
S = 153 m ²	TR (s) = 0,0058 S - 0,0582	TR = 0,8 s		
V = 612 m ³	TR (s) = 0,0011 V + 0,1897	TR = 0,9 s		

Podemos assim antever que o tempo de reverberação no nosso objecto de estudo (salvaguardando que o revestimento das suas superfícies interiores seja feito com materiais idênticos aos da amostra), se situaria num intervalo entre os 0,7 e os 0,9 s ou seja, bastante abaixo do que seria desejável.

Este cálculo serviria para alertar o projectista para o tipo de materiais a utilizar nas superfícies do café-concerto, devendo promover neste caso materiais com coeficientes de absorção sonora (α) mais baixos (ou seja menos absorventes), de modo a aproximar-se do tempo de reverberação desejado.

No processo de definir os acabamentos para o espaço, a escolha deveria recair então em materiais de acordo com as nossas necessidades acústicas, provocando assim um aumento ou diminuição da absorção sonora.

No caso em estudo, a escolha dos materiais das superfícies deverá cair em materiais de pouca rugosidade como lajetas de pedra, peças cerâmicas, betão aparente ou com pintura, painéis de vidro (ou espelhos), ou seja materiais cuja superfície seja pouco absorvente de modo a promover a reverberação do espaço em questão.

De igual modo a nível do mobiliário a atenção deve voltar-se para o tipo de superfícies, evitando cadeiras ou bancos com estofos espessos (embora isto ajude a tornar o espaço menos alterável com a lotação presente), e no caso de ser necessária a utilização de cortinas ou almofadas, procurar que estas não sejam pesadas (isto é cuja massa superficial não seja muito elevada), e mesmo no que diz respeito ao restante mobiliário, a escolha de materiais com superfícies em vidro, metálicas, e preferencialmente sem reentrâncias ou buracos, ajudariam certamente a elevar o tempo de reverberação.

4.3.3. CASO DE ESTUDO - PROJECTOS SEM CONDICIONANTES ARQUITECTÓNICAS

Neste exemplo, parte-se do princípio que não existem limitações arquitectónicas de qualquer ordem ao projecto, e que o objectivo deste é cumprir da melhor forma possível a sua função como Café-Concerto para um determinado tipo de espectáculo.

Vamos tomar por hipótese que o café-concerto deverá albergar concertos de piano na maioria do seu tempo.

Consultando o Quadro 4-1, sabe-se que o tempo de reverberação ideal de referência (aos 1000 Hz) para este tipo de salas anda entre os 1,3 e 1,7 s, e como tal o objectivo do projecto é conseguir que mediante a sua geometria esse valor seja o atingido.

Para tal, de modo a permitir uma ideia (ou um intervalo de valores) da volumetria aproximada no sentido de conseguir os tempos de reverberação desejados, pode recorrer-se as expressões apresentadas no Quadro 3-5, (no quadro 4-4 é apresentada a fórmula sistematizada), substituindo o TR pelos valores que procuramos atingir, ou seja 1,3 e 1,7s.

De igual modo pode conseguir-se uma aproximação aos valores da superfície, recorrendo também a uma sistematização da fórmula apresentada no quadro 3-4, de modo a obter um intervalo que cumpra as condicionantes relativas ao tempo de reverberação.

Quadro 4-4 Valores dos parâmetros arquitectónicos para um intervalo específico de TR para as bandas de frequência dos 500, 1000 e 2000 Hz

Intervalo de valores pretendido	Expressão sistematizada do Quadro 3-5 para os 500 Hz	Intervalo (valores aproximados)
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$V (m^3) = 1162,7906 TR - 401,6279$	$V (m^3) = [1080 - 1600]$
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$S (m^2) = 222,2222 TR - 34,7333$	$S (m^2) = [250 - 350]$

Intervalo de valores pretendido	Expressão sistematizada do Quadro 3-5 para os 1000 Hz	Intervalo (valores aproximados)
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$V (m^3) = 1075,2688 TR - 240,8602$	$V (m^3) = [1130 - 1600]$
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$S (m^2) = 196,0784 TR + 0,8627$	$S (m^2) = [250 - 340]$

Intervalo de valores pretendido	Expressão sistematizada do Quadro 3-5 para os 2000 Hz	Intervalo (valores aproximados)
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$V (m^3) = 909,0909 TR - 0,1897$	$V (m^3) = [1150 - 1575]$
TR (s) = [1,3 – 1,7]	$S (m^2) = 172,4137 TR - 1,0034$	$S (m^2) = [215 - 300]$

Tendo como base os intervalos aproximados indicados no Quadro 4-4, optando um volume de por exemplo $1200 m^3$, e uma superfície de $280 m^2$ (ambos situados nos intervalos previstos para as três bandas de frequências), através de uma divisão do *Volume* pela *Superfície* facilmente se chegaria à altura média indicada de 4,3 m.

Ambos os intervalos estabelecidos no quadro 4-4 providenciam de valores de referência dentro dos quais podemos esperar o tempo de reverberação pretendido, ou pelo menos a sua proximidade.

No entanto deve ter-se presente que apesar dos valores relativos à variabilidade das correlações que justificam as expressões utilizadas, serem consideravelmente elevados (R^2 entre os 70 e os 90%), estes são baseados numa amostra com uma validade determinada (Quadro 3-3), admitindo revestimentos superficiais interiores e do mobiliário com materiais semelhantes aos dessa mesma amostra, e como tal devem ser encarados unicamente como mais um método auxiliar no processo de concepção do espaço.

Ao contrário do caso de estudo descrito no ponto 4.2.1 neste, através da volumetria escolhida asseguramos a proximidade a um determinado intervalo de tempos de reverberação (previsíveis).

4.4. A CORRECÇÃO ACÚSTICA COMO ALTERNATIVA

Em muitas situações, a impossibilidade de alterar a volumetria do local por razões de ordem prática ou mesmo financeira, obrigam ao estudo de alternativas que nos permitam melhorar a qualidade sonora de determinados espaços.

Noutros casos, as próprias correntes arquitectónicas (por exemplo o modernismo ou ainda mais incisivamente o minimalismo), numa busca de geometrias perfeitas, com grandes panos de parede lisos e tendencialmente desprovidos de decoração, podem conduzir também a resultados acústicos menos conseguidos, com todas as nefastas consequências que daí podem advir, se o objectivo do local for acolher espectáculos musicais.

A correcção acústica no sentido de baixar os tempos de reverberação, é nestes casos uma necessidade imperiosa, e que pode ser colmatada com diferentes tipos de materiais ou sistemas de absorção de coeficiente de absorção sonora (α) elevados.

O aparente desconhecimento das mais básicas regras de comportamento das ondas sonoras, traduzem-se assim em desempenhos indesejáveis e acabam por passar ao lado de soluções arquitectónicas por vezes bastante simples e de custos residuais.

Consoante a frequência ou gama de frequências em que se pretenda intervir para a correcção acústica do espaço, existem três categorias de materiais e sistemas absorventes que podem ser utilizados:

- Membranas (membranas ressoantes ou painéis vibrantes); são sistemas que actuam essencialmente nas baixas frequências absorvendo as ondas sonoras pela vibração de toda a sua estrutura. Esta estrutura é constituída por painéis de grandes áreas mas de pequena espessura (poucos milímetros), e que ao entrar em vibração com um som incidente que corresponda à sua frequência natural, absorve e dissipa a energia mediante perdas de calor derivadas da fricção das suas fibras;

-Ressonadores; actuam com maior eficácia nas médias frequências e podem ser classificados como isolados (ressonadores de cavidade ou ressonadores de Helmholtz) ou agrupados.

Os ressonadores agrupados são os mais comuns (podem ser observados com frequência por exemplo em tectos falsos), e são constituídos por painéis perfurados (metálicos ou de madeira) com uma caixa de ar.

Factores como a espessura dos furos, a percentagem de furação, ou dimensão da caixa de ar influenciam a capacidade de absorção deste sistema. Existe ainda a possibilidade de inclusão de outro tipo de materiais absorventes na caixa de ar para cobrir diferentes gamas de frequências.

- Materiais porosos e fibrosos; são materiais que absorvem com maior preponderância as altas frequências, e a sua eficácia esta dependente da densidade e espessura do material em questão (tecidos, alcatifas, aglomerados porosos de fibras de madeira ou cortiça, entre outros).

A incidência das ondas sonoras nestes materiais fibrosos leva á transferência de parte da sua energia para as fibras que resistem, provocando uma fricção entre as elas, e transformando essa energia em calor.

É importante ainda citar que a utilização deste tipo de materiais em excesso pode conduzir a uma absorção em demasia das altas frequências, e levar deste modo as baixas frequências a assumir uma importância excessiva. Este fenómeno é apelidado de “colorir o som”.

Apesar de vulgarmente todos os sistemas e materiais absorventes citados serem colocados como revestimento das paredes ou tectos, existe também a possibilidade de suspender no tecto os absorsores (também conhecidos por *baffles*). Deste modo, é aumentada a área de absorção uma vez que o absorsores funciona nas duas faces.

A sua aplicação não é no entanto aleatória, devendo obedecer a algumas regras de posicionamento, bem como de segurança dado o seu comportamento em relação ao fogo.



Fig.4-5- Tectos absorventes *Gustafs* em auditório [29]

Nos exemplos apresentados nas figuras 4-5 e 4-6, podem ver-se locais de grandes dimensões como auditórios ou naves para palestras e conferências, para onde foram previstos ainda em fase de projecto, não só os referidos tectos e painéis de revestimento de paredes, como também cortinados ou mesmo cadeiras estofadas.

Opções como cortinas de elevada massa superficial, sofás ou cadeiras de estofado espesso, ou painéis absorventes em locais estratégicos, podem ser determinantes para controlar a reverberação de um espaço no qual não se possa ou queira alterar a arquitectura.

Com a crescente procura deste tipo de materiais e correspondente desenvolvimento quer a nível de desempenho quer de imagem, conduz ao constante aparecimento de novas soluções que podem hoje ser encaradas como reais alternativas de revestimento e acabamento das superfícies de tectos, paredes e mesmo em alguns casos de pavimentos.



Fig.4-6- Painéis acústicos *Nusing* como acabamento da parede [26]

Nas figuras 4-7 e 4-8, apresentam-se dois exemplos de soluções de correcção, em espaços mais contidos mas onde em virtude dos tipos de uso (sala de reuniões no caso da Fig. 4-7), ou do tipo de materiais de acabamento (betão aparente e reboco, Fig. 4-8) se sentiu a necessidade de intervir acusticamente. No quadro 4-5 encontram-se outros exemplos de materiais e sistemas de materiais para correcção acústica, com breves referências aos seus efeitos, bem como algumas observações.



Fig.4-7- Painéis acústicos *Gustafs* em sala de reuniões [29]



Fig.4-8- Quadro absorvente (*PicturePanel*) da ASC [26]

Quadro 4-5 – Sistematização de usos para materiais e sistemas para correção acústica

Zona a corrigir	Materiais possíveis	Efeito	Observações
Tecto	Painéis metálicos ou de madeira perfurados (com caixa de ar)	Eficaz na absorção das frequências de gama média	Fácil limpeza e manutenção
	Painéis de aglomerados de madeira (aparas) ou cortiça (aglomerado negro)	Eficaz na absorção de altas frequências	Difícil limpeza e manutenção; genericamente pouco interessantes visualmente
	Espumas flexíveis de poliuretano ou poliestireno	Eficaz na absorção de altas frequências	Difícil limpeza; genericamente pouco interessantes visualmente
Paredes	Painéis de madeira perfurada com caixa de ar	Eficaz na absorção das frequências de gama média	Fácil limpeza e manutenção
	Cortinados de elevada massa superficial	Eficaz na absorção de altas frequências.	
	Espumas flexíveis de poliuretano ou poliestireno	Eficaz na absorção de altas frequências	Difícil limpeza; elevada carga combustível; genericamente pouco interessantes visualmente
	Painéis vibrantes	Eficaz na absorção de frequências de gamas baixas	Sistemas de alguma fragilidade, com necessidade de serem protegidos
Pavimento	Alcatifas espessas (de elevada massa superficial)	Eficaz na absorção de altas frequências	Difícil limpeza e manutenção; hipótese a considerar para zonas de acesso condicionado (palco ou outras).
	Tapetes ou mantas de elevada massa superficial	Eficaz na absorção de altas frequências	Difícil manutenção
Mobiliário	Cadeiras ou bancos forrados com tecidos de levada massa superficial	Eficaz na absorção de altas frequências	Limpeza e manutenção mais exigente; possibilidade de efeitos decorativos interessantes
	Mobiliário com faces de madeira perfurada	Eficaz na absorção das frequências de gama média.	Fácil limpeza e manutenção; possibilidade de efeitos decorativos interessantes
	Zona inferior dos tampos das mesas revestidos com tecido espesso, esponja, ou painéis perfurados (com caixa de ar)	Eficaz na absorção de altas e médias frequências	Elevada carga combustível, possível necessidade de serem protegidos (no caso dos tecidos e esponjas)

Baixas frequências \leq 125 Hz, Médias frequências 250 – 500 Hz, Altas frequências \geq 1000 Hz

5

CONCLUSÕES E PISTAS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

5.1. CONCLUSÕES

No início deste trabalho, foi proposto como objectivo um aprofundamento no conhecimento sobre o modo como funciona a “acústica” nos cafés-concerto.

Sabia-se de antemão a importância que os tempos de reverberação adquirem nomeadamente em locais devotados a espectáculos sonoros, pelo que o objecto de estudo “Café-Concerto” não seria diferente.

Como amostra para o trabalho, foram escolhidos onze espaços englobando a maior diversificação possível de superfícies e volumetrias; localizados em diferentes pontos do país; uns construídos de raiz enquanto outros como resultante de sucessivas reabilitações para novos usos.

Em cada uma das salas foi feito um levantamento de todos os materiais de revestimento das Superfícies; uma avaliação das características acústicas e de conforto durante o decorrer de um espectáculo nela realizado, e posterior cálculo dos Tempos de Reverberação (TR) a três bandas de frequências distintas (500, 1000 e 2000 Hz).

O relacionamento da informação, possibilitou alcançar expressões de previsão do comportamento dos Tempos de Reverberação, através dos parâmetros geométricos pretendidos.

Com o recurso a estas expressões, podem ser obtidas indicações importantes sobre as geometrias ideais no sentido de obter determinado Tempo de Reverberação específico.

Por outro lado, quando existem limitações em termos de dimensões, há também a possibilidade de prever o tempo de reverberação para a geometria em questão e ainda em fase de projecto, de acordo com as necessidades acústicas, prever o recurso a materiais ou sistemas de absorção que coloquem no TR próximo do ideal.

Foi também feita uma análise ao efeito da audiência na absorção sonora e conseqüente reflexo nos valores dos tempos de reverberação, bem como apresentadas algumas sugestões sobre como minimizar os seus efeitos.

Foram apresentados exemplos sobre o modo como este estudo pode auxiliar os projectistas na tarefa de conceber “acusticamente” um Café-Concerto, tendo como objectivo um intervalo predefinido de tempos de reverberação, correspondente a tipo de espectáculo específico.

A complementar estes exemplos surge ainda um quadro relativo à correcção acústica, com sugestões de materiais e sistemas de absorção sonora.

Tendo como base o universo das salas estudadas neste trabalho, bem como os revestimentos de todas as suas superfícies interiores, foi possível estimar que em média um Café-Concerto ronda os 500 m³, com uma superfície de 140 m², uma altura média de 3,6 m e tem uma lotação máxima de sensivelmente 120 pessoas.

O tempo de reverberação normalizado previsível (isto é considerando metade da lotação) destas salas ronda os 0,7 a 0,8 segundos para as frequências de 500 a 2000 Hz. Considerando que o Δ TR Máximo previsível (diferença entre o TR da sala com lotação esgotada e o TR da sala sem audiência), atinge valores médios da ordem dos 0,4 segundos para as mesmas bandas de frequências (500, 1000 e 2000 Hz), é assim possível estimar que na realidade o tempo de reverberação normalizado se situe entre os 0,7 e os $0,8 \pm 0,2$ segundos, consoante a sala se encontre cheia ou vazia.

A *Intensidade do Som* é de entre os parâmetros acústicos subjectivos aquele que numericamente mais se destaca, atingindo um valor médio bastante elevado (5,0) e com um Desvio-Padrão muito baixo (0,6). Parâmetros como *Clareza do Discurso Musical*, *Intimidade* ou ainda *Direccionalidade* apresentam valores médios a rondar também os 5,0 mas tem simultaneamente alguns dos valores de Desvio-Padrão mais elevados, significando deste modo que as salas divergem muito entre si.

Com base no estudo efectuado, deve ainda ser mencionado que apesar de ser expectável uma relação directamente proporcional entre as dimensões geométricas mais importantes e os valores de TR, esta manifestou-se com variabilidade elevada (daí o R² de cerca de 0,75), atestando a importância das pequenas diferenças encontradas no revestimento das superfícies interiores das várias salas (e que justificam, pelo menos parcialmente, os cerca de 25% não explicados pelas expressões de previsão).

Provou-se com este estudo a existência de variabilidade no comportamento acústico dos cafés-concerto, e a existência de expressões para a sua previsão demonstram que esta variabilidade é quantificável.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No sentido de desenvolver o tema em maior profundidade e de forma mais exaustiva, um próximo estudo poderia ter em conta um maior o número de salas.

O processo de levantamento acústico subjectivo e de avaliação de conforto, apesar da subjectividade envolvida com a questão propriamente dita, ganharia com a recolha de um número de opiniões mais alargado, obviamente relativas ao mesmo espectáculo, e no mesmo local. Deste modo, com o cálculo da média em cada um dos parâmetros seria possível chegar a valores com resultados possivelmente mais precisos e fiáveis.

Medições “in situ” ao tempo de reverberação (e outros parâmetros) dos locais estudados, é outro aspecto que também deveria ser acrescentado em possíveis futuros desenvolvimentos do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Silva, P., Acústica de Edifícios, ITE 8, LNEC, Lisboa 1978
- [2] Foreman, J.E.K., Sound Analysis and Noise Control - 1990
- [3] Morgado, António Eduardo Jorge., *Estudo acústico de igrejas portuguesas através de parâmetros subjectivos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996
- [4] Lencastre, Margarida M.M.F. de Queiroz e., *A inteligibilidade da palavra em igrejas católicas, através de análises de carácter objectivo e subjectivo*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998
- [5] Cavanaugh, W.J., Wilkes J.A., Jaffe J.C., *Architectural acoustics: principles and practice*, John Wiley & Sons 1999
- [6] Tavares, Mariza D., Clímaco, Rosana S.C., *Análise do conforto sonoro em escolas em Brasília*, Artigo baseado em trabalho apresentado no “V encontro nacional de conforto no ambiente construído – ENCAC 99 – Fortaleza/CE”, 1999
- [7] Fernandes, Alexandre Gobbo, Viveiros, Elvira B., *Crítérios de análise para qualificação de elementos de palco*, Artigo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2000
- [8] Belderrain, Maria Luiza Rocha, *Tratamento acústico em galpão de tratamento de carcaças*, Artigo, Acústica 2000, São Paulo – S.P. Brasil, 2000
- [9] Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios (RRAE), DL 129/2002 de 11 de Maio
- [10] António, Julieta, Tadeu, António, Mateus, Diogo, *Isolamento acústico – resultados analíticos versus experimentais*, Artigo para o Congresso Internacional Acústica 2004 – Guimarães - Portugal, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, 2004
- [11] Carvalho, A.P. Oliveira de, Acústica ambiental de edifícios. Textos de apoio à disciplina de Acústica ambiental de edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006
- [12] <http://paginas.fe.up.pt/~carvalho/>, acedido em Setembro 2007
- [13] <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/index.html>, acedido em Setembro 2007
- [14] <http://www.ptb.de/en/org/1/17/173/datenbank.htm>, acedido em Fevereiro 2008
- [15] <http://www.esmae.ipp.pt/site/cultura/set/Qua12.asp>, acedido em Outubro 2007
- [16] <http://www.santiagoalquimista.com/>, acedido em Outubro 2007
- [17] <http://www.aoficina.pt/html/>, acedido em Novembro 2007
- [18] <http://www.servartes.com/>, acedido em Novembro 2007
- [19] <http://www.casadasartes.blogspot.com/>, acedido em Novembro 2007
- [20] <http://www.hotfive.eu/?p=agenda>, acedido em Janeiro 2008
- [21] <http://www.clubeliterariodoporto.co.pt/>, acedido em Janeiro 2008
- [22] <http://www.tertuliacastelense.com/>, acedido em Fevereiro 2008
- [23] <http://www.ondajazz.com/>, acedido em Fevereiro 2008

- [24] <http://www.hcp.pt/calendariogeral.asp> , acedido em Fevereiro 2008
- [25] http://www.saecollege.de/reference_material/pages/Coefficients.htm, acedido em Março 2008
- [26] <http://www.asc-home-theater.com/matrix.htm>, acedido em Abril 2008
- [27] http://www.construlink.com/LogosCatalogos/ico_ICOACOUSTIC.pdf, Brochura sobre painéis acústicos, ICOMATRO – Madeiras e Derivados, SA, acedido em Abril 2008
- [28] <http://www.eurodivisal.com/download/Nusing/Akustik.pdf>, Brochura comercial sobre painéis acústicos, Nüsing Acoustic Boards (Eurodivisal), acedido em Abril 2008
- [29] <http://www.eurodivisal.com/html/produtos/gustafs/gustafsEng.html>, Brochura comercial sobre painéis acústicos, Gustafs (Eurodivisal), acedido em Abril 2008
- [30] <http://www.tecniwood.pt/reve.php>, Revestimentos de madeira incluindo painéis acústicos Tecniwood (Grupo Madeicávado), acedido em Abril 2008

Anexos

Anexo A

FICHAS DE AVALIAÇÃO E APOIO AO LEVANTAMENTO

FOLHA 1

NOME _____ DO _____

LOCAL: _____ DATA: __/__/____

MORADA: _____

CÓDIGO POSTAL: _____ - _____

LEVANTAMENTO (Comprimento, Largura, Área, Volume)

FOLHA 2

NOME DO LOCAL: _____

DATA: ___/___/____

ANÁLISE ARQUITECTÓNICA**1 MOBILIÁRIO:** Material das superfícies.**1.1 CADEIRAS** (Número: _____)

Madeira Lisa	%	Madeira perfurada	%	Tecido	%	Almofadas	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

1.2 MESAS (Número: _____)

Madeira Lisa	%	Madeira perfurada	%	Tecido	%	Almofadas	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

1.3 Outro mobiliário e respectivos materiais:

Notas:

2 PAREDES: Material das superfícies.**2.1 Atrás do palco:** Por trás da fonte sonora

Reboco	%	Pedra aparente	%	Tijolo à vista	%	Tecido	%
Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%	Painéis Absorventes	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

2.2.1 Lateral Direita: Da óptica do espectador, à direita.

Reboco	%	Pedra aparente	%	Tijolo à vista	%	Tecido	%
Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%	Painéis Absorventes	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

2.2.2 Lateral Esquerda: Da óptica do espectador, à esquerda.

Reboco	%	Pedra aparente	%	Tijolo à vista	%	Tecido	%
Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%	Painéis Absorventes	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

2.3 Em frente ao Palco: Em frente da fonte sonora.

Reboco	%	Pedra aparente	%	Tijolo à vista	%	Tecido	%
Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%	Painéis Absorventes	%
Metal	%	Vidro	%	Borracha	%	Outro:	%

Notas:

2.4 Outros elementos e respectivos materiais:

Notas:

3 TECTOS: Material das superfícies do tecto.**3.1 Tecto do Palco:** Por cima da fonte sonora.

Reboco	%	Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%
Tecido	%	Painéis Sonoros	%	Metal	%	Vidro	%
Outro:	%						

Notas:

3.2 Tecto do Geral: Por cima do público.

Reboco	%	Madeira lisa	%	Madeira Perfurada	%	Gesso Cartonado	%
Tecido	%	Painéis Sonoros	%	Metal	%	Vidro	%
Outro:	%						

Notas:

4 PAVIMENTO: Material das superfícies do chão.**4.1 Pavimento**

Pedra	%	Madeira	%	Cerâmico	%	Vidro	%
Alcatifa	%	Borracha	%	Betão	%	Outro	%

Notas:

FOLHA 3

NOME DO LOCAL: _____

DATA: __/__/____

5 PESSOAS PRESENTES: Número aproximado de pessoas presentes na altura da avaliação.

Até 10	11 a 25	26 a 50	51 a 100	101 a 150	151 a 200	Mais de 200
Notas:						

6 AVALIAÇÃO ACÚSTICA

6.1 RUIÍDO - EXTERIOR: Escutado no local, vindos de fora do recinto (Buzinas, carros, ...)

1	2	3	4	5	6	7
Não perceptível	Muito fraco	Fraco	Aceitável	Forte	Bastante forte	Extremamente Forte

6.2 RUIÍDO - INTERIOR: Proveniente do próprio local (conversas, talheres, vindos de mesas próximas).

1	2	3	4	5	6	7
Não perceptível	Muito fraco	Fraco	Aceitável	Forte	Bastante forte	Extremamente Forte

6.3 INTENSIDADE DO SOM: Intensidade geral ou "Volume" sentido.

1	2	3	4	5	6	7
Extremamente fraco	Muito fraco	Fraco	Razoável	Forte	Bastante forte	Extremamente Forte

6.4 CLAREZA DO DISCURSO MUSICAL: Grau em que as notas são claramente separadas e distintamente ouvidas

1	2	3	4	5	6	7
Nada claro	Muito pouco claro	Pouco claro	Clareza aceitável	Clareza Boa	Clareza bastante boa	Extremamente claro

6.5 REVERBERÂNCIA: A persistência do som no espaço.

1	2	3	4	5	6	7
Totalmente seco	Muito pouco reverberante	Pouco reverberante	Reverberância aceitável	Boa reverberância	Bastante reverberante	Extremamente reverberante

6.6 ECO: Reflexões atrasadas do som e claramente audíveis.

1	2	3	4	5	6	7
Não detectado	Quase imperceptível	Pouco audível	Audível	Moderadamente audível	Muito audível	Manifestamente audível

6.7 INTIMIDADE: Sensação auditiva de proximidade da fonte sonora.

1	2	3	4	5	6	7
Ausência de intimidade	Muito pouco íntimo	Pouco íntimo	Intimidade aceitável	Boa intimidade	Intimidade bastante boa	Extremamente íntimo

6.8 DIRECCIONALIDADE: Sensação de que o som vem do eixo da fonte sonora.

1	2	3	4	5	6	7
Muito má	Má	Medíocre	Suficiente	Boa	Muito boa	Excelente

6.9 ENVOLVIMENTO: O sentimento de estar imerso no som, ou rodeado por ele.

1	2	3	4	5	6	7
Muito má	Má	Medíocre	Suficiente	Boa	Muito boa	Excelente

6.10 EQUILIBRIO TÍMBRICO: Níveis relativos de frequências graves e agudas

1	2	3	4	5	6	7
Excessivamente Grave			Equilibrado			Excessivamente Agudo

6.11 IMPRESSÃO GERAL: a Impressão geral da qualidade acústica sentida.

1	2	3	4	5	6	7
Muito má	Má	Medíocre	Suficiente	Boa	Muito boa	Excelente

7 AVALIAÇÃO DO CONFORTO

7.1 CONFORTO VISUAL: Qualidade da posição de observação relativamente á fonte sonora.

1	2	3	4	5	6	7
Não visível						Excelente visibilidade

7.2 CONFORTO TÉRMICO: Temperatura ambiente sentida no local.

1	2	3	4	5	6	7
Extremamente Frio	Bastante Frio	Ligeiramente Frio	Confortável	Ligeiramente Quente	Bastante Quente	Extremamente Quente

7.3 MOBILIÁRIO: Quantidade existente no local (mesas, cadeiras, balcões, armários,...).

1	2	3	4	5	6	7
Nenhum	Pouco		Razoável			Excessivo

Anexo B

**GRÁFICOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE OS
PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E OS
TEMPOS DE REVERBERAÇÃO PARA AS
BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 500, 1000 E
2000 Hz**

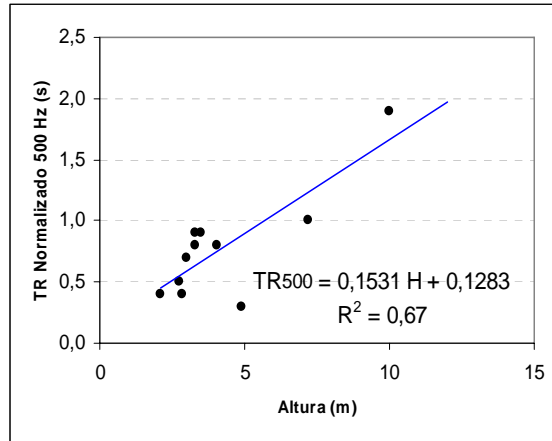


Figura B1- Correlação entre o *TR Normalizado* (500 Hz) e a *Altura*

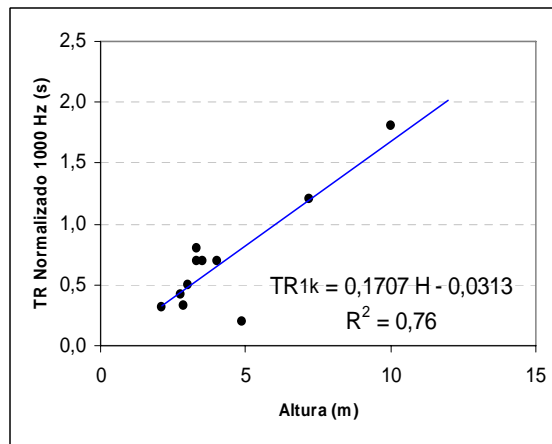


Figura B2- Correlação entre o *TR Normalizado* (1 kHz) e a *Altura*

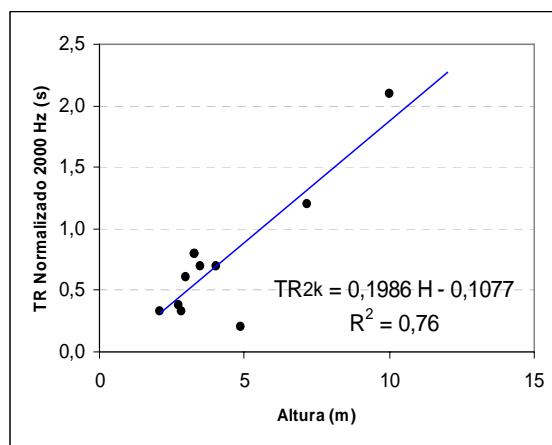


Figura B3- Correlação entre o *TR Normalizado* (2 kHz) e a *Altura*

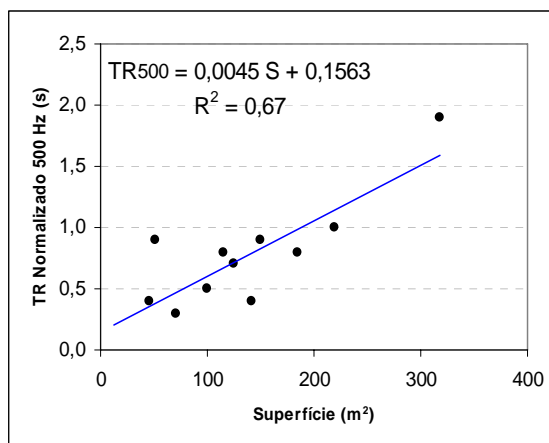


Figura B4- Correlação entre o *TR Normalizado* (500 Hz) e a *Superfície*

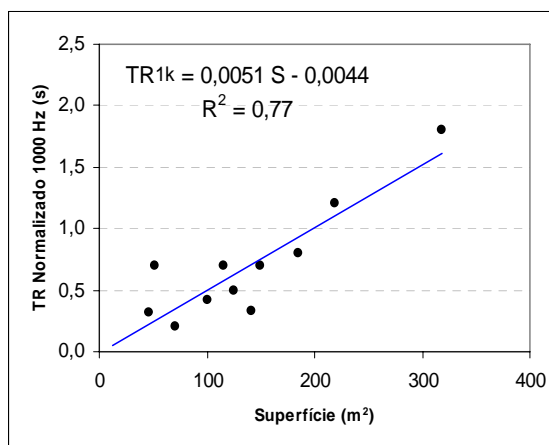


Figura B5- Correlação entre o *TR Normalizado* (1 kHz) e a *Superfície*

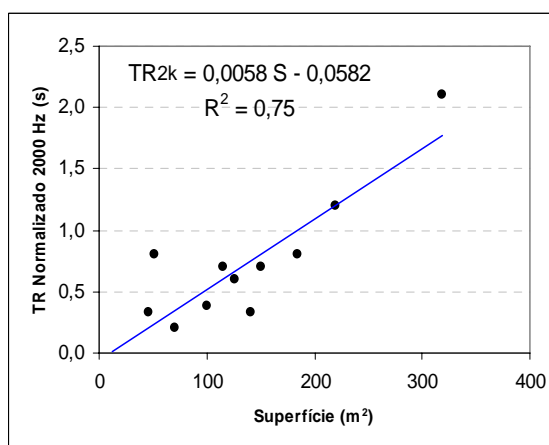


Figura B6- Correlação entre o *TR Normalizado* (2 kHz) e a *Superfície*

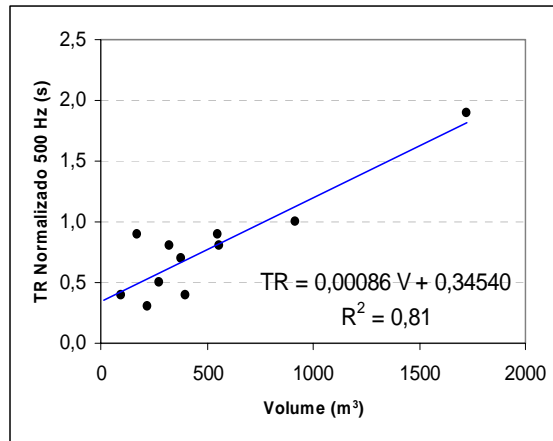


Figura B7- Correlação entre o *TR Normalizado* (500 Hz) e o *Volume*

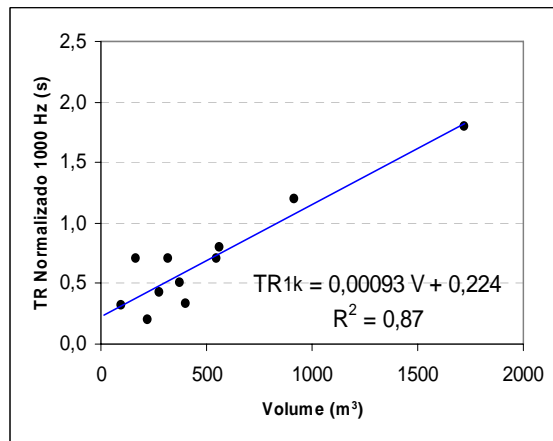


Figura B8- Correlação entre o *TR Normalizado* (1 kHz) e o *Volume*

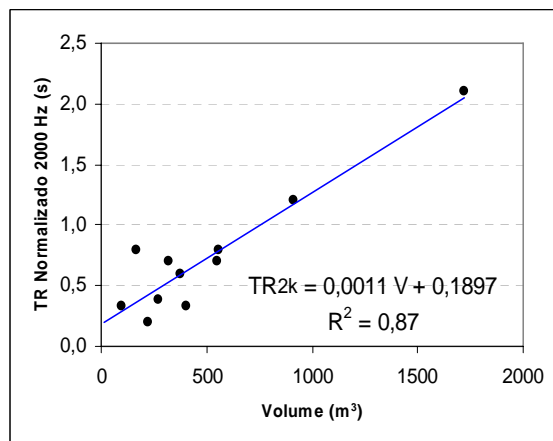


Figura B9- Correlação entre o *TR Normalizado* (2 kHz) e o *Volume*