

ACÚSTICA DA MESQUITA CENTRAL DE LISBOA

PACS: 43.55.FW

António P. O. Carvalho, Carina P. T. Freitas

Laboratório de Acústica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
Tel. +351-225081931
Fax +351-225081940
carvalho@fe.up.pt; carinaptf@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the acoustical characterization of the Central Mosque in Lisbon. In situ, measurements were done regarding Reverberation Time, RASTI and background noise associated with traffic (this analyzed without the operation of HVAC system, since this does not exist at the mosque). The analysis of the results is shown as a comparison with results in other mosques and Catholic churches that have a similar volume.

Keywords: mosques, acoustics, reverberation time, RASTI, background noise.

RESUMO

Esta comunicação caracteriza acusticamente a Mesquita Central de Lisboa. Nesta mesquita são analisados a inteligibilidade da palavra e o ruído de fundo associado quer a equipamentos mecânicos quer ao ruído de tráfego. O ruído de fundo foi analisado sem o funcionamento do sistema AVAC, visto este não existir na mesquita. É feita também uma comparação com valores obtidos noutras mesquitas e com igrejas que apresentam volumetria semelhante.

Palavras-chave: mesquitas, acústica, tempo de reverberação, RASTI, ruído de fundo.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo caracteriza a Mesquita Central de Lisboa através de medições *in situ* dos parâmetros: tempo de reverberação, RASTI e nível de pressão sonora do ruído de fundo existente na sala. Esta análise é feita em duas salas de culto diferentes, a principal e das mulheres, que por questões religiosas têm que orar separadamente [13].

2. A MESQUITA CENTRAL DE LISBOA

2.1. Caracterização da Mesquita Central de Lisboa

O projecto de Arquitectura da Mesquita Central de Lisboa é dos arquitectos António Braga e João Paulo da Conceição. Esta construção foi possível devido à ajuda de países islâmicos:

Arábia Saudita, Kuwait, Emiratos Árabes Unidos, Líbia, Jordânia, Irão, Egípto, Omã, Paquistão, Líbano e Turquia [1].

A Mesquita de Lisboa (Fig. 1 e 2) localizada na avenida José Malhoa (à praça de Espanha), está dividida em três corpos constituídos por quatro pisos e cave. Na cave encontra-se o piso técnico. Os pisos 1 e 2 são constituídos por um espaço destinado ao desporto, ao convívio entre os homens, balneários, camarins, *foyer*, cafetaria e apoio médico. Os pisos 3 e 4 (Fig. 3) são compostos pela sala de culto principal (Fig. 4) e pela sala de culto das mulheres (Fig. 4). Nestes pisos encontram-se ainda as duas salas de abluções associadas a cada sala de culto, zona de convívio para as mulheres, habitações, sala de ablução para os mortos, biblioteca, pátio e minarete (Fig. 2). Existem ainda duas cúpulas associadas à sala de culto principal (Fig. 2) e à biblioteca (Fig. 2) [2].

Na sala de culto principal as paredes e os pilares são constituídos por materiais reflectores como o mármore, os azulejos, o tijolo e algumas paredes são rebocadas e pintadas. O tecto é também rebocado e pintado sendo constituído por uma cúpula central enquanto que o pavimento é coberto com tapetes. A zona do *Mihrab* (Fig. 4) é composta somente por materiais reflectores (mosaicos). Junto ao *Mihrab* encontra-se o *Minbar* (Fig. 4), onde o Imã celebra o sermão de Sexta-feira (*Khutba*). Nesta mesquita são celebradas as orações diárias (*Salat*) e o sermão de Sexta-feira (*Khutba*).

A zona técnica contém elementos como a aparelhagem de força motriz, eléctrica, climatização bem como todos os aparelhos centrais de controlo e de medida. As janelas contêm pequenas aberturas e deixam passar algum ruído do exterior [2].

A mesquita não tem sistema de ar condicionado ou de ventilação mecânica. O sistema de reforço sonoro (SRS) é constituído por quatro colunas localizadas nos cantos da sala, oito colunas mais pequenas localizadas na cúpula e quatro colunas colocadas superiormente nos cantos (as duas colunas da zona posterior não estavam a funcionar à data da visita ao local). Estas colunas estavam dirigidas para a sala de culto principal, não existindo nenhuma direccionada para a sala de culto das mulheres. No pátio existe um altifalante.



Figuras 1 (esq) e 2 (dir) – Mesquita Central de Lisboa: À esq.: Fachada principal. À dir.: Minarete (ao centro), cúpula sala de culto principal (à esq.) e cúpula biblioteca (à dir).

- Área do terreno: 2760 m²
- Área de implantação: 2212 m²
- Área da Cave: 427 m²
- Área Piso 1: 1383 m²
- Área Piso 2: 691 m²
- Área Piso 3: 1393 m²
- Área Piso 4: 1053 m²
- Área Cobertura: 2168 m²
- Volume (salas de culto): 6040 m³
- Altura máxima: 15,4 m
- Capacidade: ≈ 950 pessoas
(744 homens e 192 mulheres)

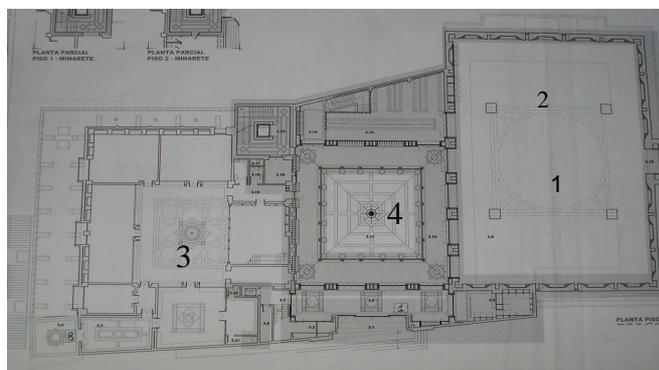


Figura 3 - Planta da Mesquita de Lisboa: 1-Sala de culto principal (Piso 3); 2- Sala de culto das mulheres (Piso 4); 3- Biblioteca; 4- Pátio.

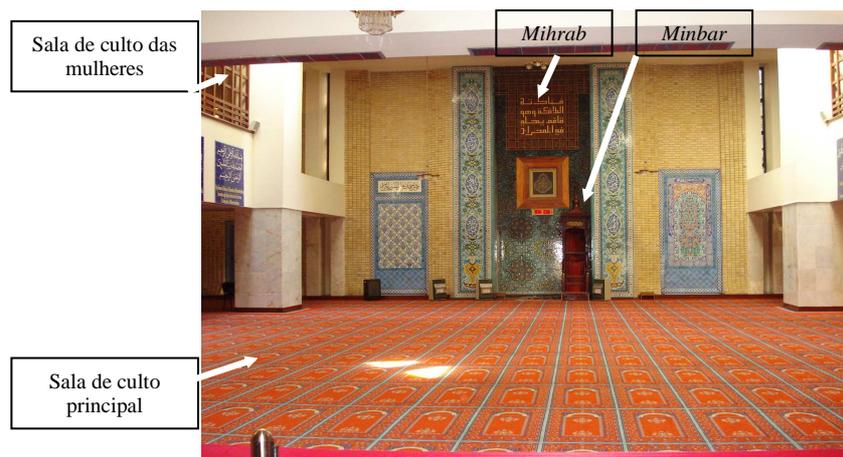


Figura 4 – Salas de culto principal e das mulheres na Mesquita Central de Lisboa.

2.2. Ensaaios

2.2.1. Introdução

Os ensaios *in situ* foram realizados em Março de 2010 com as salas desocupadas e com o seguinte equipamento *Brüel & Kjaer*: sonómetro 2260, calibrador 4231, microfone 13 mm 4189, fonte sonora 4224 e Analisador RASTI 3361.

2.2.2. Tempo de Reverberação

O tempo de reverberação (TR) foi medido nas duas salas de culto principal por bandas de frequência entre os 125 Hz e os 4 kHz (Quadro 1 e Fig. 5). Na sala de culto principal foram seleccionados seis pontos diferentes em metade da sala visto esta ser simétrica. Na sala de culto das mulheres efectuaram-se medições somente numa das salas em três posições diferentes.

O valor médio de TR obtido nas médias frequências (500-1k Hz) para a sala de culto principal foi de 2,8 s enquanto que na sala de culto das mulheres foi de 2,6 s. A diferença dos valores entre estas duas salas poderá ser explicada pelo facto da sala de culto principal apresentar um volume muito superior ao das mulheres originando ondas reflectidas um pouco mais atrasadas. No entanto, é importante salientar que estes espaços estão separados unicamente por um reguado aberto de madeira visível na Fig. 4.

Verificaram-se valores de TR mais baixos nas altas frequências devido à existência de tapetes no piso (Fig. 5) e ao grande volume de ar. O grau de dispersão dos valores, por gama de frequência, é muito baixo existindo uma certa uniformização dos valores nas várias posições da sala de culto principal (Quadro 1). Na sala de culto das mulheres verifica-se uma dispersão maior para as baixas frequências entre a posição 1 e 3 sendo que nas restantes as diferenças são insignificantes (Quadro 1).

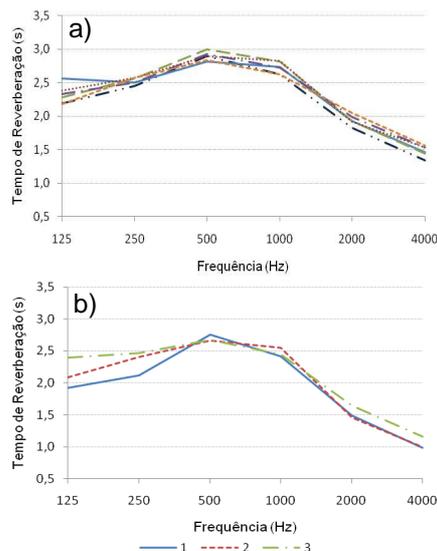
Os valores de TR são influenciados pela existência de materiais reflectores a cobrir as superfícies interiores, pela cúpula central e pelo grande volume.

Alguns autores recomendam para este tipo de espaço os TR aconselhados para salas onde a inteligibilidade da palavra é importante (≈ 1 s). Outros autores elaboraram curvas com valores de TR ideais, em função do Volume, para mesquitas. Para um volume de 6040 m³ (Mesquita de Lisboa) ambos os autores (W. Orfali e M. Kayili [3 e 4]) recomendam um valor de TR de 2,0 s. Assim, pode-se verificar que o TR nas salas de culto da Mesquita de Lisboa apresenta-se superior ao recomendado, sendo que o valor na sala culto das mulheres encontra-se mais próximo do ideal.

Quadro 1 – Valores dos Tempos de Reverberação médios medidos nas salas de culto principal e das mulheres.

Sala de Culto	TR (s)	Banda de Frequência (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Principal	TR _{médio}	2,3	2,5	2,9	2,7	1,9	1,5
	Desvio-padrão	0,14	0,07	0,08	0,11	0,11	0,14
Mulheres	TR _{médio}	2,1	2,3	2,7	2,5	1,5	1,1
	Desvio-padrão	0,21	0,21	0,04	0,05	0,06	0,06

Figura 5 – Valores do Tempo de Reverberação medido nos seis pontos na sala de culto principal (a) e nos três pontos na sala de culto das mulheres (b).



2.2.3. RASTI

Nas medições do RASTI a fonte sonora foi colocada a uma distância de 2,65 m do *Mihrab*. Foram seleccionadas nove pontos receptores na sala de culto principal, três posições na sala de culto das mulheres e uma no pátio (centro). Em cada ponto efectuaram-se três leituras sendo realizada uma média aritmética dos valores. De forma a avaliar o sistema de som realizaram-se medições com e sem este a funcionar (Quadro 2 e Fig. 6).

Sem o sistema de reforço electroacústico (SRS) a sala de culto principal apresentou um valor médio de RASTI que induz um nível de inteligibilidade da palavra *suficiente* (0,48) enquanto que na sala de culto das mulheres os valores conduzem a um nível de inteligibilidade *medíocre* (0,38).

Na sala de culto principal (Fig. 6) os pontos (1 e 2) localizados em frente à fonte sonora apresentam uma boa inteligibilidade. Verifica-se que conforme se afasta da fonte sonora a inteligibilidade da palavra tende a diminuir. No entanto, a posição 3 situada no canto da sala de culto na fila da frente apresenta uma inteligibilidade da palavra mais baixa do que a que se tem na posição 4 em frente à fonte emissora na segunda fila de medições. Pode-se ainda verificar, que para a mesma fila de medições conforme se afasta para os cantos da sala o nível de inteligibilidade diminui e, essa diminuição varia menos quando se fala das posições localizadas na parte de trás da sala. A sala de culto das mulheres apresenta variações menos significativas que a sala de culto principal pois a fonte sonora encontra-se a uma distância considerável em relação a estes pontos, sendo por outro lado, a distância relativa entre estes pequena.

Com o sistema SRS ligado (Fig. 6) a sala de culto principal passou a ter um RASTI médio de 0,47 ligeiramente mais baixo que o anterior, a sala de culto das mulheres passou a ter um valor de 0,44 próximo de um nível de inteligibilidade *suficiente* e finalmente, no pátio obteve-se um RASTI médio de 0,64, sendo o local na mesquita com melhor percepção da palavra.

Na Fig. 6 pode-se visualizar a variabilidade nos valores nas salas de culto. Na sala de culto principal, as posições 3 e 9 apresentam os valores mais altos do RASTI pois localizam-se perto das colunas situadas nos cantos. Verifica-se perda de inteligibilidade nos pontos da frente, que anteriormente apresentavam os melhores níveis de percepção da palavra. Relativamente, às restantes posições verifica-se uma ligeira perda nos pontos localizados no meio da sala verificando-se uma pequena melhoria nas posições na retaguarda da sala.

Na sala de culto das mulheres existe pouca variação dos valores do RASTI nas três posições mas verifica-se uma ligeira melhoria possibilitada pelas colunas localizadas na cúpula e nos cantos superiores, que permitem uma certa uniformização do som no espaço central. No centro do pátio mediu-se um valor superior ao de qualquer ponto no interior das salas.

A perda de inteligibilidade na sala de culto principal poderá ser explicada pela ineficaz localização do sistema de som que vem agravar o número de reflexões provocando ainda mais reflexões atrasadas e com uma intensidade considerável, prejudicando a inteligibilidade. Assim, parece preferível desligar o sistema de reforço electroacústico.

Quadro 2 – Valores do RASTI medidos nas salas de culto principal e das mulheres com e sem o Sistema de Reforço Electroacústico (SRS) e no pátio com o sistema SRS a funcionar.

Sala de Culto	Pontos	RASTI			
		Sem SRS		Com SRS	
		Valor Médio	Média da sala	Valor médio	Média da sala
Principal	1	0,71	0,48	0,48	0,47
	2	0,63		0,43	
	3	0,41		0,52	
	4	0,50		0,47	
	5	0,46		0,46	
	6	0,37		0,45	
	7	0,43		0,47	
	8	0,41		0,46	
	9	0,39		0,52	
Mulheres	1	0,40	0,38	0,46	0,44
	2	0,37		0,42	
	3	0,36		0,44	
Pátio	1	-	-	0,64	-

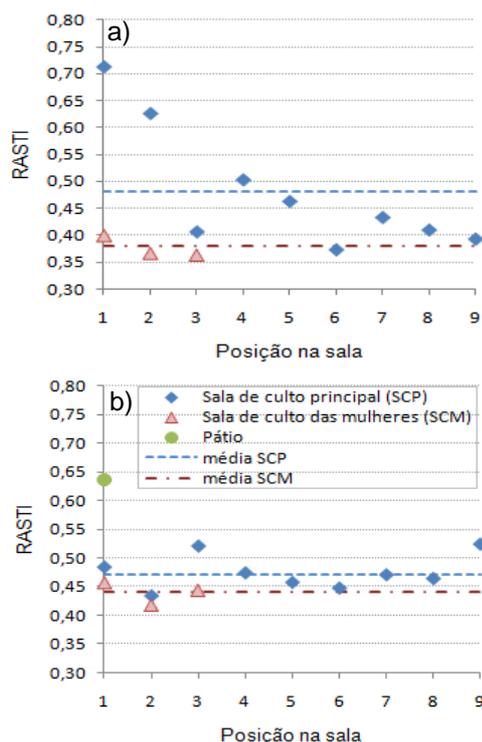


Figura 6 – Valores do RASTI obtidos para as várias posições na sala de culto principal e das mulheres com o Sistema de Reforço Electroacústico (SRS) desligado (a) e com este ligado no pátio e nas salas de culto (b).

2.2.4. Nível Sonoro do Ruído de Fundo

Esta mesquita localiza-se entre ruas com muito tráfego e sob rotas de aviões (a cerca de cada três minutos passa um avião). Por isso realizaram-se medições de 15 minutos de forma a estabilizar o ruído de fundo, em dois pontos nas salas de culto principal e das mulheres. Foram obtidos os níveis de pressão sonora (63 aos 16k Hz) cf. Quadro 3 e Fig. 7.

Quadro 3 – Níveis sonoros e de pressão sonora medidos em cada ponto nas salas de culto principal e das mulheres.

Banda de Frequência (Hz)	Sala de Culto Principal		Sala de Culto das Mulheres	
	L _{médio} (dB)	L _A (dB)	L _{médio} (dB)	L _A (dB)
63	57,1	31,1	57,1	31,1
125	50,7	35,2	50,4	34,9
250	48,3	39,8	48,2	39,7
500	48,4	45,4	48,3	45,3
1k	44,0	44,0	43,8	43,8
2k	36,8	37,8	36,7	37,7
4k	26,7	27,7	26,6	27,6
8k	18,0	17,0	17,8	16,8
16k	12,7	5,7	12,7	5,7
Σ	59,0	49,0	58,9	48,9
NC	44		44	

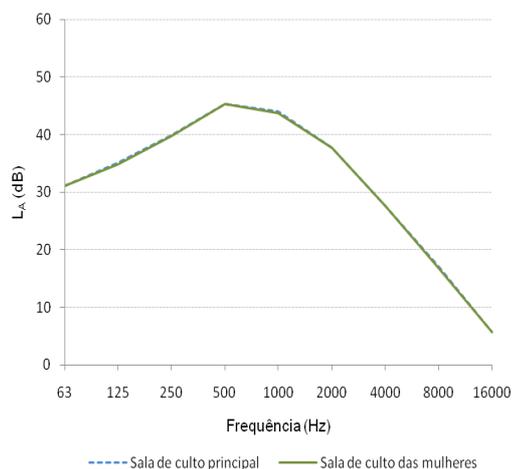


Figura 7 – Níveis sonoros médios nas salas de culto principal e das mulheres.

O ruído de fundo nas duas salas (Fig. 7) é bastante similar visto elas funcionarem de certa forma como um todo pois não existem elementos suficientes a separá-las. Para as salas de culto principal e das mulheres obteve-se um nível de pressão sonora global de 59 dB e um nível de pressão sonora de 49 dB(A) (Quadro 3).

De forma a avaliar o nível de incomodidade nas salas recorreu-se ao *Noise Criteria* (NC) embora o seu uso seja um pouco desadequado pois não existe equipamento AVAC nesta Mesquita. Verificou-se que o ruído de fundo mesmo sem equipamentos AVAC apresenta um valor (NC44) muito superior ao máximo recomendado para salas onde a inteligibilidade é importante (NC30) (Quadro 3). Tal justifica-se devido à localização desta mesquita e ao seu fraco isolamento sonoro.

3. COMPARAÇÃO COM OUTRAS MESQUITAS E IGREJAS COM VOLUMETRIA SEMELHANTE

3.1. Comparação com outras mesquitas

Para avaliar o comportamento acústico desta Mesquita em relação às mesquitas no mundo, recorreu-se a um conjunto de valores de outras mesquitas (Quadro 4).

Quadro 4 – Valores dos parâmetros tempo de reverberação, RASTI, nível sonoro e método *Noise Criteria* para algumas mesquitas no mundo e na Mesquita Central de Lisboa.

Mesquita		V (m ³)	TR(s) (500-1kHz)	RASTI/STI médio			
Nome	N.º			Sem SRS	Com SRS		
King Abdullah, Amman [5]		1	34000	2,0	0,00	0,70	
Estado do Kuwait [6]		2	150000	6,9	0,30	0,38	
Istambul [7]	Suleymanie	3	115000	5,8	-	-	
	Selymie	4	79300	5,4	-	-	
	Sokullu	5	5700	2,3	-	-	
	S. Sergius & Bacchus		6	14900	3,4	-	-
	A	TH16	7	633	2,0	0,40	0,48
		TH32				0,48	0,45
DM242		0,43				0,43	
TH27		0,46				0,45	
B	TH48	8	1288	1,3	0,58	0,56	
	DM16				0,45	0,51	
	DM260				0,45	0,54	
	KH45				0,44	0,45	
					0,47	0,54	
C	KH03	9	1821	1,1	0,50	0,53	
	TH42				0,42	0,44	
	KH12				0,47	0,48	
	DH14				0,40	0,51	
D	DM125	10	2203	1,7	0,51	0,57	
	KH59				0,49	0,58	
	TH06				0,37	0,48	
	DM06				0,41	0,51	
E	DH03	11	6142	2,1	0,38	0,45	
	TH13				0,47	0,49	
	TH01				0,38	0,00	
F	DM43	12	23390	2,6	0,35	0,37	
	Modelo [9]	Rectang.	13	1659	1,6	0,50	-
Quadrad		0,53				-	
Atlanta, EUA [10]		14	6370	1,5	-	-	
Darussoloh, Indonésia [11]		-	-	-	0,50	-	
Lisboa		15	6040	2,8	0,48	0,47	

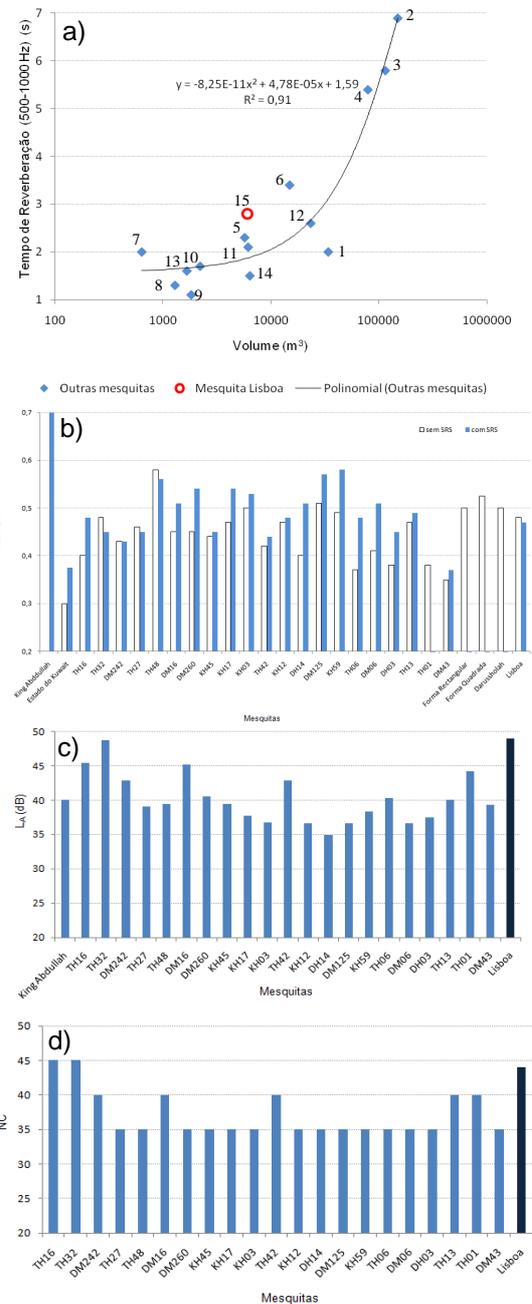


Figura 8 – Comparação entre mesquitas: a) Valores de TR em função do Volume com a respectiva função de regressão; b) RASTI médio; c) Níveis sonoros existentes; d) Níveis NC.

Relativamente aos valores de TR nas médias frequências traçou-se uma função de regressão com todas as mesquitas ($R^2 = 0,91$) (Fig. 8 a). Atendendo ao volume da mesquita de Lisboa (6040 m³) ela apresenta uma discordância de 0,9 s em relação ao previsível por essa função de ajuste que, para este volume, prevê um TR de 1,9 s. A Mesquita de Lisboa não segue a tendência das restantes mesquitas apresentando um valor de TR superior (2,8 s) ao espectável para este tipo de edifício.

Em relação ao parâmetro RASTI/STI (Fig. 8 b) existem duas situações distintas: com sistema SRS *ligado* e *desligado*. Se *desligado* os valores médios obtidos nas mesquitas no mundo apresentam uma oscilação desde os 0,30 aos 0,58 ou seja, são ambientes cuja inteligibilidade da palavra varia de *medíocre* a *suficiente*. A Mesquita de Lisboa apresenta um valor médio de RASTI (0,48) acima da média geral dessas mesquitas (0,44).

Com o uso do sistema SRS a maioria das mesquitas apresenta um valor médio do RASTI/STI melhor do que sem o uso deste. No entanto, existem alguns casos (TH32, 27 e 48) como o da Mesquita de Lisboa cujo sistema se encontra desadequado provocando um ligeiro decréscimo no valor do RASTI médio. Assim, a Mesquita de Lisboa apresenta um valor do RASTI médio (0,47) abaixo da média das outras mesquitas analisadas (0,49). Com isto pode-se concluir que a Mesquita de Lisboa apresenta características internas ligeiramente melhores que a maioria das mesquitas para a inteligibilidade da palavra e com um melhor sistema sonoro poderia ter valores acima da média apresentada.

A Mesquita de Lisboa tem um nível sonoro do ruído de fundo (49 dBA) superior às restantes mesquitas analisadas (Fig. 8 c). Por outro lado, a maior parte dessas mesquitas apresenta valores de níveis sonoros inferiores aos 40 dB(A). Pelo *Noise Criteria* (Fig. 8 d) verificou-se que a Mesquita de Lisboa está longe de atingir o valor recomendado (NC30). No entanto, todas essas outras mesquitas apresentam níveis de ruído de fundo superiores aos recomendados.

A Mesquita de Lisboa apresenta pois pior comportamento acústico do que as mesquitas com volume semelhante no mundo nos aspectos analisados.

3.2. Comparação com igrejas com volumetria semelhante

As igrejas católicas portuguesas, com volumetria semelhante, apresentam valores de TR médio muito superiores em relação a esta mesquita (Quadro 5 e Fig. 9 a).

Quadro 5 – Igrejas sujeitas a comparação com a Mesquita de Lisboa no Tempo de reverberação nas médias frequências e RASTI sem sistema SRS a funcionar [12].

Igreja		V (m ³)	H _{máx} (m)	TR(s) (500-1k Hz)	RASTI médio
Nome	N.º				
Clérigos, Porto	1	5130	20,0	3,4	0,39
Santa Clara, Vila do Conde	-	5394	13,8	-	0,44
Matriz Golegã	2	5563	13,7	3,6	0,39
Matriz Caminha	3	5899	14,4	2,9	0,42
Salvador, Penafiel	4	6028	16,8	2,9	0,39
S. João Baptista, Porto	-	6048	16,7	-	0,42
S. João Baptista, Moura	5	6300	13,4	6,6	0,32
Bustêlo, Penafiel	6	6476	16,1	4,1	0,36
Sant. Sacramento, Porto	7	6816	15,5	5,0	0,33
Azurara, V. Conde	-	7212	15,0	-	0,41

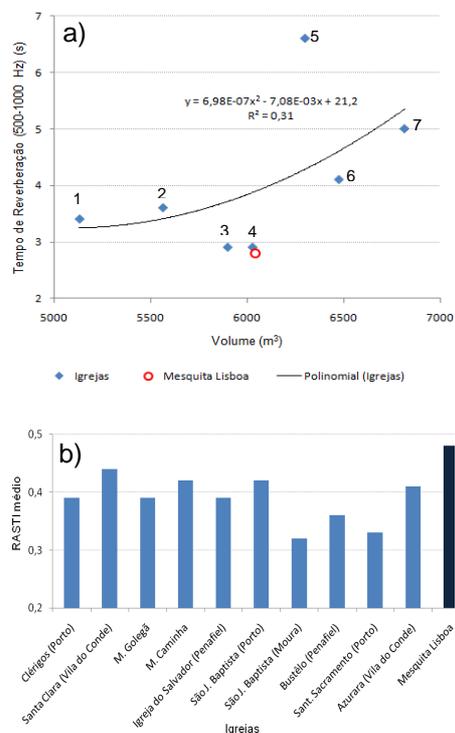


Figura 9 – a) Valores de TR em função do Volume das igrejas com volumes entre 5100 e 7300 m³ e função de regressão; b) RASTI médio nas diversas igrejas e Mesquita de Lisboa.

Atendendo à amostra de igrejas traçou-se uma função de regressão que melhor se ajustasse ($R^2 = 0,31$). Com esta função o TR esperado para a mesquita seria de 3,9 s, muito superior ao de facto existente na mesquita (2,8 s). Verifica-se que esta situação está de acordo com os objectivos acústicos, visto uma mesquita ser utilizada unicamente para a *palavra* enquanto que numa igreja é preferível o tempo de reverberação ser um pouco mais elevado devido à existência de música e cânticos.

A mesquita de Lisboa apresenta um valor de RASTI médio (0,48) superior ao verificado nas igrejas com idêntico volume (0,39) revelando uma melhor inteligibilidade da palavra na mesquita do que nas igrejas (Fig. 9 b).

Assim, a Mesquita de Lisboa apresenta um comportamento acusticamente melhor do que as igrejas católicas tradicionais com volumetria semelhante, sendo pois mais adequada para a palavra.

3. CONCLUSÕES

A mesquita Central de Lisboa apresenta um valor de TR médio (2,8 s) um pouco elevado face ao recomendado por alguns autores (≈ 2 s).

Para o RASTI verificou-se que, sem o sistema SRS a funcionar, se obtinha uma inteligibilidade da palavra *suficiente* (0,48) na sala de culto principal e *mediocre* (0,38) na das mulheres. Com o sistema sonoro ligado o valor médio na sala de culto principal baixou para 0,47 enquanto que na sala de culto das mulheres aumentou para 0,44. Verificou-se que o sistema sonoro não estava adequado à sala para lhe potenciar as qualidades acústicas.

Para o ruído de fundo, obteve-se um nível sonoro elevado (49 dBA) e um NC44 superior ao recomendado (NC30) devido ao fraco isolamento sonoro a ruídos aéreos.

A Mesquita de Lisboa apresenta um comportamento acústico um pouco pior do que outras mesquitas do mundo mas melhor do que as igrejas católicas portuguesas com volumetria semelhante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] www.comunidadeislamica.pt/02b1.php?nivel_1=2&nivel_2=22&nivel_3=221. Acedido em 24/04/2010.
- [2] Comissão Executiva do Centro Islâmico de Portugal, Brochura da Mesquita Central de Lisboa, Cerimónia de Inauguração, Lisboa, 1985.
- [3] Orfali, W., *Sound Parameters in mosques*. Proceeding of Meetings on Acoustics, Salt Lake City, 2007.
- [4] Kayili, M., *Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture*. Faculty of Architecture Engineering of Gazi U., Foundation for Science, Technology and Civilisation, Turkey 2005.
- [5] Abdelazeez, M. *et al.* *Acoustics of King Abdullah Mosque*. Fac. of Eng. and Tech., U. Jordan, Journal of Ac. Soc. of Am., Sept. 1991, Vol. 90.
- [6] Hamadah, H. *et al.* *Assessment of Speech Intelligibility in Large Auditoria Case Study: Kuwait State Mosque*. Colege of Technological Studies, Kuwait, 1997.
- [7] Fausti, P. *et al.*, *Comparing the Acoustics of Mosques and Byzantine Churches*. Dep. of Engineering of the U. of Ferrara, Italy, 2000.
- [8] Adbou, A., *Measurement of acoustical characteristics of mosques in Saudi Arabia*. J. of Ac. Soc. of Am., March 2003, Vol. 113.
- [9] Abdou, A., *Comparison of the Acoustical Performance Mosque Geometry Using Model Studies*. King Fahd U. of Petroleum and Minerals, 8th Int. IBPSA, Eindhoven, Holland, 2003.
- [10] Lee, W., *Al-Farooq Masjid of Atlanta*. Acoustical Consult: Sound Design, 2007.
- [11] Utami, S., *An acoustical analysis of domes coupled to rooms, with special application to the Darussholah Mosque in East Java*. Dep. of Physics and Astronomy, Brigham Young U., Indonesia, 2005.
- [12] Lopes, T., *Guião de Acústica de Igrejas em Portugal*. M.Sc. thesis, FEUP, 2008.
- [13] Freitas, C., *Caracterização acústica de mesquitas - A Mesquita Central de Lisboa*, M.Sc. thesis Civil Engineering, FEUP, 2010.