

## APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTI-CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE BIBLIOTECAS PÚBLICAS

PACS 43.55.Fw

António P. O. Carvalho; João F. O. Maganinho

Laboratório de Acústica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 4200-465 Porto, Portugal, tel./fax: 351.2250819.31/40  
carvalho@fe.up.pt; joaomaganinho@hotmail.com

### RESUMO

Apresenta-se neste trabalho a quantificação da qualidade acústica de bibliotecas através dum algoritmo baseado na metodologia multi-critério. Os critérios e a sua importância relativa foram determinados com apoio de questionário a funcionários de bibliotecas. Os critérios que integram o algoritmo são: tempo de reverberação, RASTI, absorção sonora da entrada, isolamento átrio/sala de leitura, índice de isolamento sonoro a ruídos aéreos, nível sonoro do ruído de equipamentos, índice de isolamento sonoro a ruídos aéreos padronizado com o exterior e  $L'nT,w$ . O algoritmo desenvolvido foi testado sob uma grande amostra de bibliotecas públicas obtendo-se assim um *Índice de Qualidade Acústica das Bibliotecas* (IQAB).

Palavras-Chave: Acústica, Método Multi-Critério, Tempo de Reverberação, RASTI, Ruído de Fundo.

### ABSTRACT

The acoustic quality of libraries is presented through a multi-criterion algorithm. The criterion and its relative importance were gotten through a questionnaire to the libraries' employees. The acoustic parameters used are: reverberation time, RASTI, sound absorption of the library entrance, sound isolation of the entrance to the reading room, weighted standardized level difference between the reading room and contiguous rooms, standardized sound level of the equipment noise, weighted standardized level difference of a façade and weighted standardized impact sound pressure level. The algorithm was tested on a sample of libraries in Portugal to obtain the *Index of Acoustic Quality for Libraries*.

Keywords: Libraries, Multi-Criterion Method, Reverberation Time, RASTI, Background Noise.

## 1 – INTRODUÇÃO

O objectivo principal do estudo é o desenvolvimento de um algoritmo baseado na metodologia multi-critério, para avaliação da qualidade acústica de bibliotecas. Dos diversos parâmetros acústicos, estudaram-se quais os que mais se adequavam à inclusão no algoritmo de forma a traduzir o desempenho acústico global das bibliotecas.

A metodologia multi-critério é um método que permite com grande facilidade reproduzir, através de diversos critérios e da correcta importância relativa a atribuir a cada um, o desempenho que se pretende assegurar em relação à qualidade acústica das bibliotecas. Esta poderia ser talvez mais adequadamente traduzida por parâmetros acústicos subjectivos, mas visto que nenhum trabalho foi desenvolvido nesta área, tentou-se colmatar esta lacuna com a elaboração de um questionário a funcionários de bibliotecas sobre a qualidade acústica em geral, que foi um ponto de partida para a definição dos critérios e dos pesos a adoptar no algoritmo. Foi

igualmente elaborado um questionário aos alunos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) sobre a qualidade acústica geral da sua biblioteca.

## 2 - DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO

Para a definição dos pesos de cada critério, o questionário permitiu tirar conclusões quanto à importância relativa de cada categoria de ruído. Todavia os valores obtidos no questionário não podem ser directamente aplicados visto que é necessário enquadrar estes valores nos critérios que compõem o algoritmo. Uma vez que os “ruídos” foram divididos por “categorias”, para mais fácil compreensão dos inquiridos, foi possível auferir a importância relativa que estes atribuem a cada categoria. Assim, a opinião dos funcionários das bibliotecas resulta na seguinte distribuição da importância relativa das categorias de ruído:

- 25% para o ruído proveniente do átrio/entrada;
- 25% para o ruído de conversação dentro da própria sala;
- 20% para o ruído proveniente de outras salas ou locais contíguos;
- 15% para os ruídos de percussão;
- 10% para o ruído proveniente do exterior;
- 5% para o ruído dos equipamentos.

Contudo, a categoria *ruído dos equipamentos* foi considerada por 15% dos alunos da FEUP como sendo a *mais incómoda*, obrigando assim a que seja incrementado no algoritmo o peso deste critério.

A definição dos critérios utilizados no algoritmo proposto surge quase intuitivamente após a análise dos requisitos para a boa qualidade acústica das bibliotecas, tendo sido complementada pelos trabalhos na área da acústica que utilizaram o mesmo método [1 e 2] e corroborada pelos resultados dos questionários.

Foram utilizados os parâmetros relativos ao condicionamento acústico das salas: o tempo de reverberação (TR) e o RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*), que terão um papel preponderante. A utilização do TR é quase obrigatória devido ao seu uso tradicional nesta área. Este encontra-se relacionado com o efeito que todos os tipos de ruído terão na sala de leitura uma vez que dá a indicação da duração dos ruídos nesse espaço, proporcionando assim importância acrescida a este critério. O RASTI encontra-se directamente relacionado com a categoria “ruído de conversação dentro da própria sala de leitura”, através da quantificação da inteligibilidade da palavra. Outro parâmetro que integra o conjunto de critérios é o ruído dos equipamentos, que se enquadra na representação das condições acústicas interiores, mais concretamente na produção de ruído no interior dos espaços. A capacidade de isolamento dos espaços a ruídos aéreos é reproduzida pelos índices de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea entre compartimentos interiores contíguos e das paredes exteriores. O ruído produzido no átrio é estudado através de dois parâmetros, a absorção sonora e o isolamento/contiguidade entre este e a sala de leitura. O isolamento sonoro a ruídos de percussão apresenta, através da análise do questionário, uma importância relevante pelo que também será considerado. Obtêm-se assim os seguintes oito critérios que fazem parte do algoritmo multi-critério a desenvolver:

$$T_R, \text{ RASTI}, A_{\text{átrio}}, D_{\text{átrio}}, D_{nT,w,\text{salas contíguas}}, D_{2m,nT,w}, L'_{nT,w}, L_{Ar}$$

A diferença de tratamento entre o átrio/entrada e as salas contíguas à sala de leitura está relacionada com a posição relativa entre estes dois espaços e a sala de leitura. Se por um lado, como o próprio nome indica, as salas contíguas à sala de leitura se encontram lado a lado tendo sempre uma separação física entre estas e a sala de leitura, justificando-se a adopção do isolamento sonoro a ruídos aéreos ( $D_{nT,w}$ ) como parâmetro caracterizador do elemento de separação, por outro lado a posição do átrio/entrada relativamente à sala de leitura não é igual em todos os casos. Desta forma, opta-se por adoptar o subcritério  $D_{\text{átrio}}$  que representa o isolamento/contiguidade do átrio face à sala de leitura e o subcritério  $A_{\text{átrio}}$  que representa a absorção sonora do átrio e que se irão complementar.

A atribuição das “escalas de valor” para cada critério foi feita através da correspondência de um valor, ou intervalo de valores reais dos parâmetros acústicos, a uma escala normalizada de 0-20 valores, tal que a cotação de 20 valores equivale ao valor óptimo do parâmetro e a cotação 0 ao valor totalmente inaceitável. Esta normalização dos valores dos parâmetros tem como objectivo o uso da mesma escala para os diferentes critérios com o propósito de obter

uma cotação final para a biblioteca nessa mesma escala, mantendo o peso relativo previamente estabelecido para cada critério. As condições acústicas ideais para uma sala que se pretende silenciosa, bem como as condições mínimas regulamentares, serviram de referências na definição das escalas de valor de cada um dos critérios. Obtiveram-se assim os quadros 1 a 8, que permitem efectuar o paralelismo entre os valores dos parâmetros acústicos e os critérios correspondentes.

Quadro 1 – Escala de valor para o critério tempo de reverberação ( $T_R$ ).

TR (s)	Cotação	TR (s)	Cotação
[0,0 ; 0,1[	3	[0,8 ; 0,9[	15
[0,1 ; 0,2[	6	[0,9 ; 1,0[	11
[0,2 ; 0,3[	10	[1,0 ; 1,2[	9
[0,3 ; 0,4[	12	[1,2 ; 1,4[	7
[0,4 ; 0,5[	16	[1,4 ; 1,6[	5
[0,5 ; 0,6[	19	[1,6 ; 1,8[	3
[0,6 ; 0,7[	20	[1,8 ; 2,0[	1
[0,7 ; 0,8[	19	$\geq 2,0$	0

Quadro 2 – Escala de valor para o critério RASTI.

RASTI (adimensional)	Cotação	RASTI	Cotação
[0,00 ; 0,05[	20	[0,50 ; 0,55[	9
[0,05 ; 0,10[	19	[0,55 ; 0,60[	8
[0,10 ; 0,15[	18	[0,60 ; 0,65[	7
[0,15 ; 0,20[	17	[0,65 ; 0,70[	6
[0,20 ; 0,25[	16	[0,70 ; 0,75[	5
[0,25 ; 0,30[	15	[0,75 ; 0,80[	4
[0,30 ; 0,35[	14	[0,80 ; 0,85[	3
[0,35 ; 0,40[	13	[0,85 ; 0,90[	2
[0,40 ; 0,45[	12	[0,90 ; 0,95[	1
[0,45 ; 0,50[	10	[0,95 ; 1,00[	0

Quadro 3 – Escala de valor para o critério isolamento/contiguidade do átrio ( $D_{\text{átrio}}$ ).

$D_{\text{átrio}}$	Cotação
Não existe ligação que permita a passagem do ruído do átrio/entrada para a sala de leitura	20
Sem contiguidade entre átrio/entrada e sala de leitura mas existe abertura que permite passagem do ruído	10
Contiguidade entre átrio/entrada e sala de leitura em que a divisória tem isolamento sonoro satisfatório	8
Contiguidade entre átrio/entrada e sala de leitura em que a divisória não tem isolamento sonoro satisfatório	4
Integração do átrio/entrada na sala de leitura em regime de <i>open space</i>	0

Quadro 4 – Escala de valor para o critério absorção sonora do átrio ( $A_{\text{átrio}}$ ).

$A_{\text{átrio}}$ (% da área de pavimento)	Cotação	$A_{\text{átrio}}$ (% da área de pavimento)	Cotação
$> 100$	20	[50 ; 25]	10
[100 ; 75[	18	]25 ; 10]	5
[75 ; 50[	15	]10 ; 0]	0

Quadro 5 – Escala de valor para o critério índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea entre a sala de leitura e outras salas ou locais contíguos,  $D_{nT, w, \text{salas contíguas}}$ .

$D_{nT, w, \text{salas contíguas}}$ (dB)	Cotação	$D_{nT, w, \text{salas contíguas}}$	Cotação
$\geq 58$	20	44	9
57	19	43	8
56	18	42	7
54	17	41	6
52	16	40	5
50	15	39	4
49	14	38	3
48	13	37	2
47	12	36	1
46	11	$\leq 35$	0
45	10		

Quadro 6 – Escala de valor para o critério índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão sendo a sala de leitura o local receptor,  $L'_{nT, w}$ .

$L'_{nT, w}$ (dB)	Cotação	$L'_{nT, w}$ (dB)	Cotação
$\leq 45$	20	56	9
46	19	57	8
47	18	58	7
48	17	59	6
49	16	60	5
50	15	61	4
51	14	62	3
52	13	63	2
53	12	64	1
54	11	$\geq 65$	0
55	10		

Quadro 7 – Escala de valor para o critério índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea do elemento em contacto com o exterior,  $D_{2m, nT, w}$ .

$D_{2m, nT, w}$ (dB)	Cotação	$D_{2m, nT, w}$ (dB)	Cotação
$\geq 43$	20	32	9
42	19	31	8
41	18	30	7
40	17	29	6
39	16	28	5
38	15	27	4
37	14	26	3
36	13	25	2
35	12	24	1
34	11	$\leq 23$	0
33	10		

Quadro 8 – Escala de valor para o critério nível de avaliação do ruído particular de equipamentos com funcionamento intermitente,  $L_{Ar \text{ func. intermitente}}$ , ou contínuo,  $L_{Ar \text{ func. contínuo}}$ .

$L_{Ar \text{ func. intermitente}}$ (dB)	$L_{Ar \text{ func. contínuo}}$ (dB)	Cotação
$\leq 25$	$\leq 20$	20
26	21	19
27	22	18
28	23	17
29	24	16
30	25	15
31	26	14
32	27	13
33	28	12
34	29	11
35	30	10
[36 ; 37]	[31 ; 32]	9
[38 ; 39]	[33 ; 34]	8
[40 ; 41]	[35 ; 36]	7
[42 ; 44]	[37 ; 39]	6
[45 ; 47]	[40 ; 42]	5
[48 ; 50]	[43 ; 45]	4
[51 ; 53]	[46 ; 48]	3
[54 ; 56]	[49 ; 51]	2
[57 ; 59]	[52 ; 54]	1
$\geq 60$	$\geq 55$	0

(caso não esteja definido o tipo de funcionamento do equipamento usar a escala de funcionamento contínuo)

Independentemente da fonte dos ruídos perceptíveis na sala de leitura de uma biblioteca pública, cabe à reverberância da sala um papel de destaque neste estudo uma vez que dita o maior ou menor tempo de permanência dos ruídos na sala, tendo influência sobre todos os tipos de ruído. Optou-se assim por atribuir ao TR uma importância relativa de 40%.

Atribuído o peso ao critério TR (40%), resta adaptar as informações fornecidas pelos inquiridos, com as devidas correções, aos pesos dos restantes critérios que compõem o algoritmo. O peso destes critérios é definido com base na categoria que cada um deles representa, sendo posteriormente adaptada a sua importância relativa há percentagem que resta (60%). As duas categorias com maior peso são o ruído proveniente do átrio/entrada (20%) e o ruído de conversação dentro da própria sala de leitura (30%), que em conjunto têm 50% da importância relativa das categorias remanescentes. Os restantes 50% são distribuídos da seguinte forma: 15% para o ruído de percussão, 12,5% para o ruído dos equipamentos, 12,5% para o ruído proveniente de salas ou locais contíguos e 10% para o ruído do exterior. Desta forma é possível conciliar o enquadramento na realidade das bibliotecas com a importância relativa entre as categorias do mesmo tipo obtidas através do questionário, isto é, os “ruídos produzidos no interior da sala de leitura” têm importância superior (ou pelo menos igual) aos ruídos produzidos na envolvente e dentro do grupo de ruídos produzidos no interior da sala de leitura a categoria ruído de percussão mantém a superioridade face à categoria ruído dos equipamentos, tal como a categoria ruído proveniente de outras salas ou locais contíguos mantém a superioridade face à categoria ruído do exterior nos “ruídos produzidos na envolvente”. Desta forma, obtém-se o algoritmo de classificação do Índice de Qualidade Acústica das Bibliotecas, IQAB:

$$IQAB = 0,40 \cdot C_{TR} + 0,18 \cdot C_{RASTI} + 0,09 \cdot C_{L'nT,w} + 0,075 \cdot C_{LA_r} + 0,075 \cdot C_{DnT,w,salas} + 0,06 \cdot C_{A\acute{a}trio} + 0,06 \cdot C_{D\acute{a}trio} + 0,06 \cdot C_{D2m,nT,w} \quad [1]$$

Como em algumas bibliotecas não existem equipamentos de ventilação/aquecimento impõe-se uma pequena alteração da fórmula de *IQAB* para considerar a possível inexistência desse parâmetro. A eliminação do critério  $C_{LA_r}$  origina uma redistribuição dos pesos pelos restantes critérios, que será realizada através da distribuição uniforme do peso deste critério pelos restantes. Assim sendo, a fórmula alternativa de *IQAB* adquire a seguinte forma:

$$IQAB = 0,432 \cdot C_{TR} + 0,195 \cdot C_{RASTI} + 0,097 \cdot C_{L'nT,w} + 0,081 \cdot C_{DnT,w,salas} + 0,065 \cdot C_{A\acute{a}trio} + 0,065 \cdot C_{D\acute{a}trio} + 0,065 \cdot C_{D2m,nT,w} \quad [2]$$

Para melhor compreensão dos valores calculados para o Índice de Qualidade Acústica das Bibliotecas definiu-se uma tabela de conversão do *IQAB* numa escala subjectiva de interpretação dos resultados obtidos (quadro 9).

Quadro 9 – Escala subjectiva de conversão dos valores do *IQAB* obtidos.

Interpretação	IQAB	Interpretação	IQAB
Excelente	[17 ; 20]	Medíocre	[7 ; 10[
Bom	[13 ; 17[	Mau	[3 ; 7[
Suficiente	[10 ; 13[	Péssimo	[0 ; 3[

Para testar a viabilidade do algoritmo usou-se a amostra proporcionada pelo trabalho de A. Costa [3], que permitiu obter os valores dos parâmetros TR, RASTI e nível de avaliação padronizado do ruído particular dos equipamentos colectivos ( $L_{Ar}$ ). A aplicação destes valores consistiu na padronização destes através das escalas previamente definidas, seguida de análise aos valores globais de *IQAB*, obtidos por arbítrio dos valores dos critérios não abrangidos pela amostra [3]. A amostra disponível contempla valores numéricos (medidos) para apenas três dos oito critérios utilizados no algoritmo proposto. Apesar de, em conjunto, estes três critérios terem um peso significativo (66%), a indisponibilidade dos valores nos restantes critérios obriga à atribuição, para esses critérios, de valores iguais para todas as salas que sejam “irrelevantes” para a nota final e intercomparação entre salas. Assim opta-se por arbitrar o uso de valores intermédios da escala de valor (10 valores) em todos os critérios não medidos. As classificações do *Índice de Qualidade Acústica das Bibliotecas* (*IQAB*) após aplicação dos respectivos valores, estão expressas no quadro 10.

Quadro 10 – Classificações *IQAB*.

Biblioteca	IQAB	Biblioteca	IQAB
Central Palácio Galveias (Lisboa)	7,7	Municipal de Santiago do Cacém	7,8
Faculdade Eng. Univ. Porto	7,6	Municipal de Santo Tirso	7,5
Geral da Univ. de Coimbra	6,1	Municipal de Sesimbra	7,2
Municipal Almeida Garrett (Porto)	8,3	Municipal de Viana do Castelo	8,1
Municipal de Alverca do Ribatejo	12,3	Municipal de Santa Maria da Feira	5,7
Municipal de Campo Maior	6,7	Municipal de Vila do Conde	9,0
Municipal de Castro Verde	10,5	Municipal de Vila Nova de Gaia	12,2
Municipal de Évora	8,1	Municipal de Vila Real	10,7
Municipal de Figueiró dos Vinhos	10,8	Municipal de Viseu	6,6
Municipal de Gondomar	7,1	Nacional (Lisboa)	5,3
Municipal de Matosinhos	8,4	Pública de Braga	8,5
Municipal de Monforte	8,1		
Municipal de Oliveira de Azeméis	7,3	Valores Médios	8,2
Municipal de Oliveira do Bairro	8,3	Desvio-Padrão	1,8

### 3 - CONCLUSÕES

Apresenta-se no quadro 11 e figura 1 uma análise estatística global dos valores de *IQAB* obtidos para as diversas bibliotecas da amostra analisada. A análise estatística desses valores conduz à conclusão de que a maioria das bibliotecas apresenta más condições acústicas, com uma mediana dos valores de *IQAB* de 8,3. De acordo com a escala subjectiva de conversão dos valores do *IQAB* (quadro 10) salienta-se o facto da melhor nota apresentar apenas a classificação de “suficiente”, o que de certa forma é agravado pela análise do panorama geral em que se constata que 80% das bibliotecas da amostra têm “mediócras” ou “más” condições acústicas. Apesar das fracas classificações obtidas pelas bibliotecas convém salientar a falta dos valores de cinco parâmetros, correspondentes a 34% do peso da nota do *IQAB*. Admite-se que a pequena variabilidade (entre 5,6 e 12,7 valores) dos valores de *IQAB*, comprovada pelo valor reduzido (1,8 valores) do desvio-padrão, possa estar relacionada com a indisponibilidade dos valores reais de alguns critérios do algoritmo. Caso os parâmetros em falta tenham valores muito diferentes dos arbitrados, a alteração da cotação dos respectivos critérios pode originar uma diferença razoável na nota do *IQAB*. Perante estas condições, as análises efectuadas devem ser lidas tendo em conta este aspecto de importância significativa.

Quadro 11 – Quadro resumo da análise estatística dos valores obtidos.

Parâmetros Estatísticos	Valores IQAB
Valor Mínimo	5,6
Média	8,5
Mediana	8,3
Valor Máximo	12,7
Desvio-Padrão	1,8

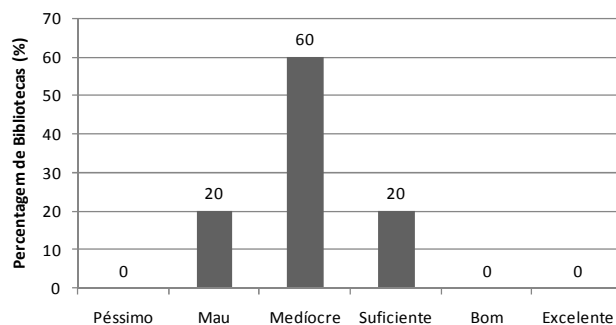


Figura 1 – Histograma das classificações subjectivas de *IQAB*

Com as melhores classificações (12 valores) ficaram as Bibliotecas de Alverca do Ribatejo e de Vila Nova de Gaia. Pela análise das cotações dos critérios verifica-se que esta nota se deve à excelente cotação (19 valores) obtida no critério  $C_{TR}$  (com  $T_R$  de 0,5 s). De notar que esta relação entre a nota final de *IQAB* e as cotações dos critérios não é totalmente acertada uma vez que cinco dos oito critérios que compõem o algoritmo, tendo um peso de 34%, não estão disponíveis na amostra.

Quanto às piores notas globais estas verificam-se na Biblioteca Nacional (Lisboa), com cerca de 5 valores e na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra e na Biblioteca Municipal de Santa Maria da Feira com cerca de 6 valores do *IQAB*. Analisando os valores dos seus critérios atesta-se mais uma vez a preponderância do critério TR face aos restantes. Isto porque se constata que estes três casos são os que obtêm pior nota no critério  $C_{TR}$  (0 e 1 valores com  $T_R$  de, respectivamente, 2,0, 3,3 e 1,9 s), o que influencia a descida abrupta da nota de *IQAB* apesar de terem dos melhores resultados obtidos para o critério RASTI. Mais uma vez verifica-se que apesar das boas notas noutros parâmetros não é possível ter consciência do real e absoluto valor de uma biblioteca em termos acústicos devido à falta dos valores dos critérios que não são abrangidos pela amostra disponível.

Relativamente aos valores dos critérios a que a amostra se cinge, podem tirar-se algumas conclusões quanto aos valores obtidos na amostra e à repercussão do seu significado no *Índice de Qualidade Acústica das Bibliotecas*. Os valores do TR médio disponíveis na amostra utilizada compreendem uma vasta gama que vai desde os 0,5 s aos 3,3 s. Contudo, apesar de, respectivamente, originarem cotações para o critério  $C_{TR}$  entre os 19 e os 0 valores, constata-se que apenas 20% dos valores disponíveis na amostra são positivos, estando todos acima dos 14 valores (fig. 2). De igual forma verifica-se que a maior variabilidade de valores ocorre para valores negativos deste critério, originando a média de 8 valores. A análise dos valores de

*IQAB* nas diversas abordagens revela que apenas as cinco bibliotecas com boa cotação neste critério obtiveram boa cotação no *IQAB*, o que se justifica devido à elevada importância deste critério e à falta de 34% dos valores de outros critérios. O critério que representa o parâmetro RASTI é o segundo com mais peso no algoritmo. Os valores médios de RASTI da amostra variam entre 0,40 e 0,76 o que conduz às cotações limites deste critério de, respectivamente, 12 e 4 valores, verificando-se assim uma menor variabilidade do que a apresentada pelo tempo de reverberação. Contudo, os valores concentram-se na zona central da escala de valores originando a média de 7 valores para o critério  $C_{RASTI}$ , o que denota a fraca preocupação com este parâmetro. O critério que representa o nível de avaliação do ruído particular dos equipamentos colectivos não é tão significativo na cotação do *IQAB* como os dois critérios apresentados previamente, todavia, como já foi referido, é considerado por 15% dos alunos da Biblioteca da FEUP (Porto) como sendo o ruído mais incomodativo. Também se demonstra pelas cotações obtidas que esse é o critério que tem a média mais baixa (4 valores), não se verificando qualquer valor positivo (cotação máxima de 6 valores), o que indica o incumprimento do RRAE [4] nas bibliotecas que compõem a amostra. Atesta-se desta forma a negligência perante as características de produção de ruído dos equipamentos instalados nas bibliotecas.

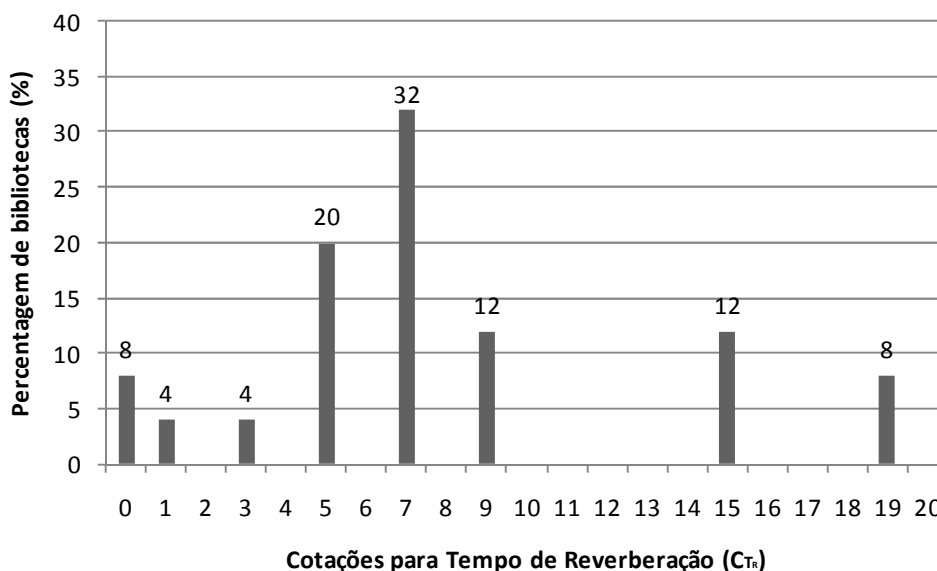


Figura 2 – Histograma das cotações do critério  $T_R$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Diana Vidal. *Metodologia multi-critério para análise da qualidade acústica em salas de audiência de tribunais*. Dissertação de Mestrado Integrado, FEUP, 2008.
- [2] José Loureiro. *Metodologia multi-critério para análise da qualidade acústica em igrejas*. Dissertação de Mestrado Integrado, FEUP, 2008.
- [3] António Costa. *Caracterização Acústica de Bibliotecas em Portugal e Análise de Influência na Reabilitação Acústica*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [4] Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), Decreto-Lei n.º 96/2008, 9/06.