

O IMPACTO DE CORTINAS, MOBILIÁRIO E VENTILADORES NA QUALIDADE ACÚSTICA DE SALAS DE AULA¹

IKEDA, C.Y.K., Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, email: cristinak@ipt.br; ONO, R., Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, email: rosaria@usp.br; VITTORINO, F., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, email: fulviov@ipt.br

ABSTRACT

Through the impulse response technique, measurements were performed in 3 classrooms with similar volume but with variations of furniture and fans. For the Reverberation Time (RT) and the Early Decay Time (EDT), the mean of the room per octave band, the standard deviation and the just noticeable difference (JND) were calculated. It was verified that there is heterogeneity between the points measured in the rooms and that is perceptible to its users. Therefore, one should not design a classroom with only the mean value of the acoustic descriptor in mind, since its mean value can be in adherence to the standards and recommendations, but it fails to meet them if verified in specific points. In addition to the reverberation time, it is recommended that other acoustic descriptors should be also evaluated to make the assessment of the room more complete. Operating modes of the room, such as open or closed windows, open or closed curtains and fans turned on or off, end up modifying the acoustic environment and must be taken into account in the acoustic design of rooms in which acoustic quality is essential.

Keywords: Acoustic quality. Classrooms. Early Decay Time. Reverberation Time.

1 INTRODUÇÃO

O conforto acústico é um dos fatores essenciais para o desenvolvimento de atividades de classe, especialmente aquelas que requerem alto nível de concentração (KRÜGER e ZANNIN, 2004). No projeto de salas de aula, os aspectos tradicionalmente contemplados como: implantação no terreno em relação às fontes de ruído; orientação das aberturas; isolamento sonora das vedações verticais e horizontais, entre outras (IKEDA, ONO e VITTORINO, 2015) não são suficientes para garantir a boa qualidade acústica destes recintos. Volumetria, revestimentos, mobiliário e equipamentos interferem na homogeneidade dos campos sonoros. Um mau desempenho acústico da sala de aula impacta tanto na compreensão dos alunos como no estresse físico do professor.

2 OBJETIVO

Apresentar o impacto do uso de cortinas, mobiliário e ventiladores sobre a distribuição espectral do a) **Tempo de Reverberação** (TR), parâmetro tradicionalmente utilizado para a avaliação de ambientes internos no qual se faz o uso da palavra falada; e do b) **Tempo de Decaimento Inicial** (EDT),

¹ IKEDA, C.Y.K., ONO, R., VITTORINO, F. O impacto de cortinas, mobiliário e ventiladores na qualidade acústica de salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

parâmetro que está fortemente correlacionado com a sensação subjetiva da reverberação (reverberação percebida - T, OPA et al., 2012).

3 PARÂMETROS ACÚSTICOS

O TR (ISO 3382-2: 2008) é o tempo para que a densidade de energia sonora, calculada pela média espacial em um recinto, decaia, em 60 dB após a interrupção da fonte de emissão. Valores recomendados de TR encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Tempos de reverberação recomendados.

TR (s)	Característica do recinto	Frequências	Fonte
$0,4 < TR \leq 0,6$	$120 < V \leq 300 \text{ m}^3$	Em 500 Hz	NBR 12179
$0,8 \leq TR \leq 1,0$	$V \leq 250 \text{ m}^3$	Média aritmética dos TR em 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz	DIN E 18041
TR $\leq 0,6$ (edifício novo) TR $\leq 0,8$ (edifício reformado)	Primary School	Média aritmética dos TR em 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz	BB 93
TR $\leq 0,8$ (edifício novo) TR $\leq 1,0$ (edifício reformado)	Secondary School	Média aritmética dos TR em 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz	
TR = 0,6	$V < 283 \text{ m}^3$	Média aritmética dos TR em 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz	ANSI/ASA S 12.60

Fonte: Os autores.

O EDT considera os primeiros 10 dB de decaimento (O'KEEFE, 2002). Valores recomendados para o EDT encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 – EDT recomendados.

EDT (s)	Volume do recinto	Frequências	Fonte
0,5	---x---	Média entre 500 Hz e 4000 Hz	Bradley apud Losso and Viveiros
1,0 a 3,0	$V < 25.000 \text{ m}^3$	Média de 500 Hz a 1000 Hz	ISO 3382-1

Fonte: Os autores.

4 METODOLOGIA

Estudou-se 3 salas de aula de uma escola localizada na Grande São Paulo, que foi inaugurada por volta do ano 2000. Estas salas, ilustradas pelas Figuras 1, 2 e 3, têm geometria semelhante com variações de mobiliário. Elas possuem janelas e portas em caixilhos de madeira e revestimento em gesso. Outras características de cada uma podem ser observadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Características das salas de aula.

Sala de aula	9º ano - Fundamental	2º ano - Médio	3º ano - Médio
Piso	Vinílico	Vinílico	Cerâmico

Teto	Forro e sanca de gesso	Forro e sanca de gesso	Forro e sanca de gesso
Parede 1	Porta, armário	Porta, armário, rede de proteção	Porta, armário, bancada de concreto
Parede 2	Tinta lousa	Tinta lousa	Bancada de concreto, rede de proteção
Parede 3	Porta balcão, janela, cortinas, papeladeira, lixeira	Porta balcão, janela, pia, cortinas, papeladeira, lixeira	Porta balcão, janela, pia, cortinas, papeladeira, lixeira
Parede 4	Janelas, cortinas	Janelas, cortinas, escaninhos, split	Janelas, cortinas, bancada de concreto
Parede 5	Quadro de avisos, quadro branco, cômoda	Quadro de avisos, quadro branco, cômoda, lousa interativa	Quadro de avisos, 3 quadros brancos, cômoda

Fonte: Os autores.

Figura 1 – Sala do 9º ano do ensino Fundamental.



Figura 2 – Sala do 2º ano do ensino Médio.



Figura 3 – Sala do 3º ano do ensino Médio.

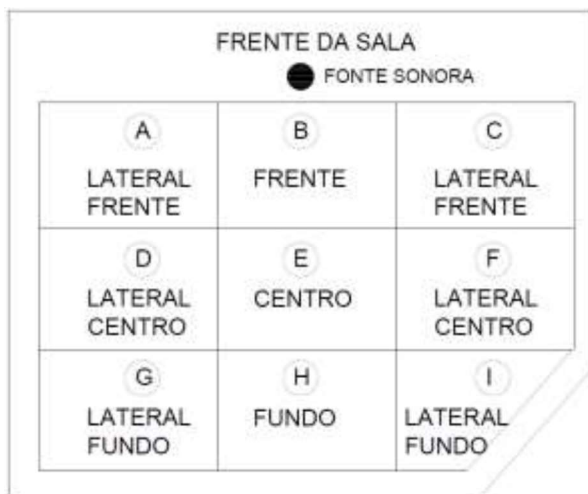


Fonte: Os autores.

Em cada sala, mediu-se os 2 parâmetros considerados, com a fonte sonora posicionada no centro da parte frontal da sala, posição habitualmente ocupada pelo professor, a uma altura de 1,65 m. O posicionamento do microfone considerou a área em que havia carteiras e foram distribuídos em 9 posições, conforme esquematizado na Figura 4.

As medições foram realizadas utilizando-se da técnica da resposta impulsiva com o uso do programa de avaliação acústica de salas, denominado DIRAC; uma fonte sonora omnidirecional; um amplificador de potência; microfone para campo difuso; pré-amplificador; fonte de alimentação do microfone; interface de áudio; além de cabos e tripés (ver Figura 5).

Figura 4 – Representação esquemática dos possíveis posicionamentos do microfone.



Fonte: Os autores.

Figura 5 – Equipamentos utilizados na medição.



Fonte: Os autores.

5 RESULTADOS

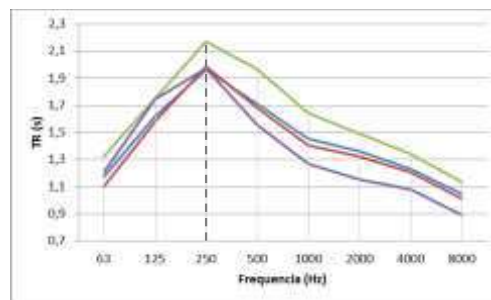
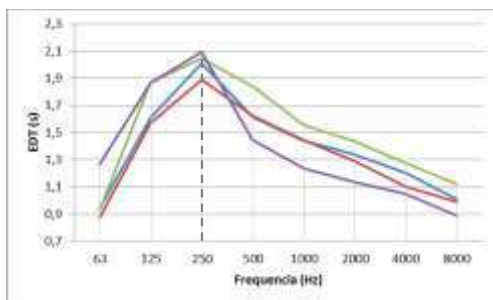
Em geral, o tempo de reverberação (TR) e o tempo de decaimento inicial (EDT) são maiores em torno da banda de 250 Hz e diminuem com o aumento

da frequência, que é a mesma tendência observada por Amorim e Bertoli (2007).

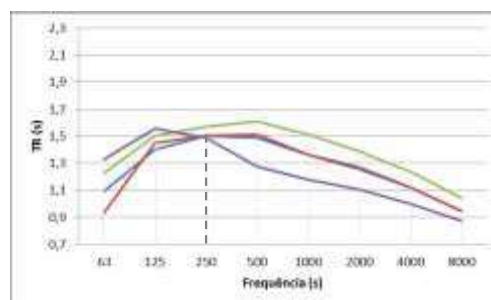
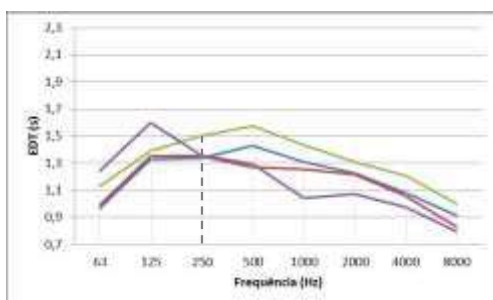
As curvas de TR e EDT (Figura 6) são mais “achatadas” na sala do 2º ano do Ensino Médio e uma provável causa é por ser a única sala equipada com escaninhos de madeira ocupando toda a sua largura e cerca de 1/3 da altura de uma das paredes. As cavidades dos escaninhos funcionam como ressonadores, absorvendo parte da energia acústica.

Figura 6 – Gráficos de EDT e TR.

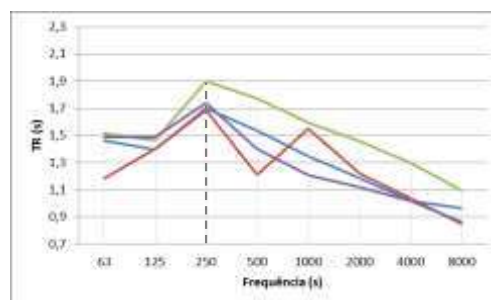
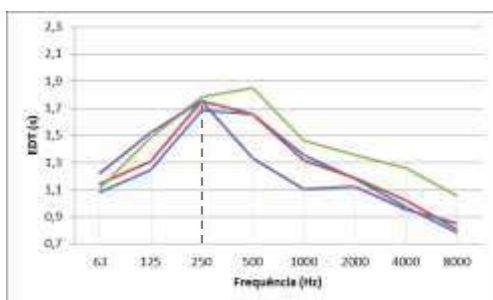
Sala do 9º ano do Ensino Fundamental



Sala do 2º ano do Ensino Médio



Sala do 2º ano do Ensino Médio



Fonte: Os autores

Legenda:

— JANELA ABERTA, CORTINA ABERTA

— JANELA FECHADA, CORTINA ABERTA

— JANELA ABERTA, CORTINA ABERTA, VENTILADOR LIGADO

— JANELA FECHADA, CORTINA FECHADA

Para todos os modos de operação das salas, o TR não atingiu o valor recomendado pelas referências elencadas no Quadro 1. Já os valores de EDT, foram todos atendidos segundo as recomendações da ISO 3382-1.

Nos Quadros 4 e 5, comparou-se o desvio padrão da média espacial com o JND, por banda de oitava. As células em amarelo destacam as frequências nas quais o desvio padrão foi maior que o JND, isto é, são perceptíveis aos alunos. Como a fonte omnidirecional não responde bem na banda de 63 Hz, esta será excluída da análise.

Quadro 4 – TR: Média, Desvio Padrão e JND.

TEMPO DE REVERBERAÇÃO (s)		Frequência (Hz)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
9º ano - Fundamental	janela aberta, cortina aberta	média	1,17	1,62	1,96	1,71	1,46	1,36	1,23	1,05
		desvio padrão	0,27	0,07	0,08	0,05	0,12	0,02	0,03	0,02
		JND	0,06	0,08	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	1,10	1,58	1,99	1,68	1,41	1,33	1,20	1,01
		desvio padrão	0,31	0,18	0,09	0,21	0,10	0,04	0,01	0,04
		JND	0,06	0,08	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
	janela fechada, cortina aberta	média	1,32	1,75	2,17	1,97	1,64	1,49	1,34	1,13
		desvio padrão	0,19	0,21	0,12	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03
		JND	0,07	0,09	0,11	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06
	janela fechada, cortina fechada	média	1,21	1,74	1,97	1,55	1,27	1,15	1,08	0,89
		desvio padrão	0,22	0,21	0,17	0,05	0,03	0,05	0,02	0,06
		JND	0,06	0,09	0,10	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04
2º ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	média	1,09	1,40	1,50	1,49	1,36	1,27	1,12	0,94
		desvio padrão	0,23	0,14	0,12	0,03	0,07	0,04	0,06	0,06
		JND	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	0,93	1,45	1,50	1,51	1,36	1,26	1,12	0,94
		desvio padrão	0,27	0,16	0,09	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02
		JND	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
	janela fechada, cortina aberta	média	1,22	1,50	1,57	1,61	1,51	1,39	1,24	1,04
		desvio padrão	0,31	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06
		JND	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05
	janela fechada, cortina fechada	média	1,33	1,55	1,49	1,28	1,18	1,10	1,00	0,87
		desvio padrão	0,25	0,16	0,10	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03
		JND	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04
3º ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	média	1,46	1,40	1,70	1,54	1,35	1,18	1,02	0,96
		desvio padrão	0,40	0,12	0,06	0,08	0,12	0,20	0,20	0,07
		JND	0,07	0,07	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	1,18	1,40	1,69	1,21	1,55	1,22	1,04	0,85
		desvio padrão	0,55	0,15	0,29	0,31	0,32	0,12	0,16	0,11
		JND	0,06	0,07	0,08	0,06	0,08	0,06	0,05	0,04
	janela fechada, cortina aberta	média	1,52	1,46	1,90	1,78	1,59	1,46	1,30	1,10
		desvio padrão	0,39	0,13	0,10	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03
		JND	0,08	0,07	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,05
	janela fechada, cortina fechada	média	1,49	1,49	1,74	1,40	1,21	1,12	1,02	0,86
		desvio padrão	0,29	0,22	0,17	0,09	0,03	0,05	0,05	0,04
		JND	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04

Fonte: Os autores

Quadro 5 – EDT: Média, Desvio Padrão e JND.

TEMPO DE DECAIMENTO INICIAL (s)			Frequência (Hz)							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
9º ano - Fundamental	janela aberta, cortina aberta	média	0,94	1,61	2,01	1,61	1,44	1,34	1,20	1,01
		desvio padrão	0,36	0,23	0,25	0,14	0,06	0,04	0,04	0,05
		JND	0,05	0,08	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	0,87	1,57	1,89	1,62	1,44	1,29	1,10	0,99
		desvio padrão	0,36	0,21	0,33	0,12	0,10	0,07	0,06	0,06
		JND	0,04	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
	janela fechada, cortina aberta	média	0,93	1,87	2,04	1,84	1,56	1,44	1,28	1,12
		desvio padrão	0,34	0,32	0,49	0,09	0,13	0,07	0,04	0,06
		JND	0,05	0,09	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
	janela fechada, cortina fechada	média	1,26	1,87	2,09	1,44	1,23	1,14	1,05	0,89
		desvio padrão	0,55	0,31	0,21	0,09	0,13	0,04	0,04	0,04
		JND	0,06	0,09	0,10	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
2º ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	média	0,97	1,33	1,34	1,43	1,31	1,22	1,08	0,91
		desvio padrão	0,29	0,23	0,14	0,27	0,12	0,06	0,06	0,09
		JND	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	0,99	1,35	1,35	1,27	1,26	1,21	1,06	0,83
		desvio padrão	0,26	0,22	0,13	0,30	0,09	0,05	0,04	0,24
		JND	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04
	janela fechada, cortina aberta	média	1,13	1,39	1,50	1,57	1,44	1,31	1,21	1,00
		desvio padrão	0,36	0,28	0,20	0,30	0,08	0,08	0,05	0,06
		JND	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
	janela fechada, cortina fechada	média	1,24	1,60	1,36	1,30	1,04	1,07	0,98	0,80
		desvio padrão	0,35	0,44	0,32	0,12	0,12	0,08	0,07	0,07
		JND	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
3º ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	média	1,08	1,25	1,69	1,66	1,36	1,18	0,97	0,79
		desvio padrão	0,28	0,20	0,12	0,25	0,16	0,21	0,21	0,18
		JND	0,05	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	média	1,15	1,31	1,75	1,66	1,32	1,19	1,02	0,81
		desvio padrão	0,27	0,16	0,12	0,24	0,21	0,11	0,10	0,12
		JND	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
	janela fechada, cortina aberta	média	1,11	1,48	1,78	1,85	1,46	1,36	1,26	1,06
		desvio padrão	0,30	0,20	0,21	0,24	0,21	0,10	0,06	0,05
		JND	0,06	0,07	0,09	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05
	janela fechada, cortina fechada	média	1,22	1,52	1,76	1,33	1,10	1,13	0,95	0,85
		desvio padrão	0,40	0,23	0,29	0,27	0,21	0,07	0,09	0,07
		JND	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04

Fonte: Os autores

A presença dos ventiladores operando prejudica a homogeneidade do campo sonoro das salas e as medições como um todo, pois a razão entre a resposta impulsiva e o ruído de fundo acaba sendo menor devido ao aumento do ruído dentro da sala gerado por esses equipamentos.

As cortinas acabam por diminuir apenas ligeiramente o TR, como pode ser observado no Quadro 4. O efeito é esperado, pois o uso de uma cortina leve não introduz muita absorção no ambiente.

No Quadro 6, onde estão apresentados os valores medidos apenas nos pontos centrais das salas, verifica-se que, com o fechamento da janela, houve o aumento do tempo de reverberação, o que era esperado pois a área de janela aberta é mais absorvedora do que a área envidraçada. Com o fechamento das cortinas, verifica-se a diminuição do tempo de

reverberação devido ao aumento da superfície absorvedora. Destaca-se que, apesar desses efeitos serem esperados, isso não nem sempre é verificado, quando se considera a média dos valores medidos na sala, fato que pode ser explicado pela heterogeneidade do campo reverberante, que pode ser identificada quando o desvio padrão é muito maior que o JND.

Quadro 6 – Valores medidos nos pontos centrais das salas: (a) TR e (b) EDT

TEMPO DE REVERBERAÇÃO (s)		Frequência (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2° ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	1,07	1,41	1,71	1,48	1,35	1,21	1,06	0,87
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	1,14	1,53	1,62	1,46	1,34	1,27	---	---
	janela fechada, cortina aberta	1,44	1,54	1,68	1,64	1,57	1,41	1,25	1,09
	janela fechada, cortina fechada	1,38	1,72	1,60	1,26	1,18	1,10	1,03	0,92
3° ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	1,40	1,21	1,66	1,49	1,19	0,83	0,72	1,09
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	1,71	1,30	1,49	1,22	1,28	1,07	1,10	0,85
	janela fechada, cortina aberta	1,70	1,27	1,84	1,70	1,53	1,39	1,26	1,06
	janela fechada, cortina fechada	1,62	1,31	1,70	1,51	1,19	1,12	1,03	0,80

(a)

TEMPO DE DECAIMENTO INICIAL (s)		Frequência (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2° ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	1,16	1,61	1,48	1,16	1,19	1,15	0,96	0,83
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	1,13	1,60	1,43	1,04	1,25	1,18	---	---
	janela fechada, cortina aberta	1,44	1,82	1,55	1,03	1,36	1,22	1,23	1,03
	janela fechada, cortina fechada	1,41	2,24	1,53	1,22	1,00	1,19	1,04	0,81
3° ano - Médio	janela aberta, cortina aberta	1,34	1,39	1,87	1,56	1,14	0,85	0,68	0,51
	janela aberta, cortina aberta, ventilador ligado	1,40	1,42	1,90	1,67	1,13	1,11	1,05	0,84
	janela fechada, cortina aberta	1,46	1,37	2,07	1,76	1,25	1,27	1,28	0,96
	janela fechada, cortina fechada	1,63	1,47	1,83	1,35	1,04	1,07	0,98	0,90

(b)

Fonte: Os autores

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentemente do que os modelos teóricos simplificados apontam, o impacto do fechamento de cortinas ou abertura de janelas não é suficiente para alterar significativamente o TR e o EDT nos valores médios da sala. Entretanto, se compararmos somente o valor medido no ponto central da sala verifica-se que, como apontado pelos modelos simplificados, o valor dos parâmetros é maior comparando-se os valores de janela aberta com a

janela fechada, já que as janelas abertas podem ser consideradas como superfícies absorvedoras. Com o fechamento das cortinas, verifica-se que, no ponto central da sala, há uma diminuição dos parâmetros de reverberação, pois a cortina introduz uma leve absorção.

Projetar salas de aula tendo em mente um valor médio de tempo de reverberação, não garante que todos os alunos estarão imersos no mesmo ambiente acústico, pois cada lugar ocupado pelos alunos sofre influências distintas da proximidade com paredes, janelas e equipamentos ruidosos como mostrado pelos desvios padrões obtidos no presente trabalho.

O EDT, tido como um refinamento do TR, trouxe uma avaliação diferente da qualidade do ambiente da que a apresentada por este último descritor. Assim, a combinação de descritores pode tornar o projeto acústico de melhor qualidade.

Os modos de operação da sala, como por exemplo, janelas abertas ou fechadas, cortinas abertas ou fechadas e ventiladores ligados ou desligados acabam por modificar o ambiente acústico e devem ser levados em conta no projeto acústico interno de ambientes em que a qualidade acústica é essencial.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

AMORIM, A. E. B.; BERTOLI, S.R. Salas de aula: Comparação de Forma e Qualidade Acústica. In: IX Encontro Nacional e V Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 39-48.

ANSI/ASA AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA. S12.60-2010/Part 1 Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools. 2015.

BB93 **Building bulletin 93** Acoustic design of schools: performance standards. Department for Education. Education Funding Agency. London, 2015.

DIN DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.. **DIN E 18041**: Acoustic quality in small to medium-sized rooms. Berlin, 2004.

IKEDA, C. Y. K.; ONO, R.; VITTORINO, F. A evolução da arquitetura escolar paulista e seu impacto nas condições de exposição ao ruído das salas de aula. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-9. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/encac/encac2015_artigos.html>. Acesso em: 19 mar. 2018.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3382-1** Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters --Part 1: Performance spaces. Geneva, 2009.

_____. **ISO 3382-2** Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters -- Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Geneva, 2008.

O'KEEFE, J. Acoustical problems in large post-war auditoria. **Proceedings of the Institute of Acoustics**; 2002; , v.24. Disponível em: < http://www.akutek.info/Papers/JO_PostWarAuditoria.pdf >. Acesso em: 09 jan. 2013.

KRÜGER, E.L.; ZANNIN, P.H.T. Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. **Building and Environment** 2004;39:1055–1063.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. Acoustical Quality in Educational Buildings: Measurements in Brazilian Public Schools. Proceedings: **Eleventh International Congresso on Sound and Vibration**, St. Petersburg, 2004.

MARSHALL, L.G. An acoustics measurement program for evaluating auditoriums based on the early/late sound energy ratio. **Journal of the Acoustical Society of America**, 96 (1994) 2251-2261.

T₃ OPA, M.D.; TOMA, N.; KIREI, B.S.; S^ˆAR^ˆACUT₃, I.; FARINA, A. Experimental Acoustic Evaluation of an Auditorium. **Advances in Acoustics and Vibration**, v.2012, p. 1 – 8, 2012. Disponível em: <downloads.hindawi.com/journals/aav/2012/868247.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2013.