

## **AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM AMBIENTES ESCOLARES NO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – CAMPUS COLATINA**

Amanda Marchete (1); Agostinho V.L. Cunha (2)

(1) Estudante de Arquitetura e Urbanismo do Ifes, [amanda\\_market@hotmail.com](mailto:amanda_market@hotmail.com)

(2) Professor Mestre da Coordenadoria de Arquitetura e Urbanismo do Ifes, [agostinhoc@ifes.edu.br](mailto:agostinhoc@ifes.edu.br)  
Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* Colatina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Colatina-ES, 29700-660, Tel.: (27) 3723 1500

### **RESUMO**

O conforto ambiental é imprescindível para a qualidade de vida no ambiente construído. O ruído pode ser considerado todo som indesejável e também repercutir em problemas físicos. O presente trabalho propôs-se a avaliar a distribuição dos níveis de ruídos em salas de aula do Ifes, possibilitando propor melhorias no seu espaço físico. As medições foram realizadas em três pontos predeterminados dentro de cada sala de aula, nas condições de esquadrias fechadas e abertas. Os resultados mostraram que as salas do *campus* não condizem nem com os níveis de ruído estabelecidos pelas normas que regeram a pesquisa (quando as salas estavam ocupadas) nem com o tempo ótimo de reverberação referente à sala de aula. Foram, então, estudados materiais e métodos aplicáveis para amenizar e solucionar o problema em questão. Este estudo mostra que pode ser possível conciliar as salas do *campus* ao exigido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Palavras-chave: arquitetura, ambiente, acústica, ruído.

### **ABSTRACT**

The environmental comfort is essential to the quality of life in the built environment. Noise can be considered all kind of sound and it also can reflect in physical problems. This study aimed to evaluate the distribution of the noise levels at “Ifes”, enabling to propose improvements in its physical space. The measurements were performed at three predetermined points within each classroom, on the conditions of closed and open frames. The results showed that the rooms of the *campus* do not match with the established noise levels by the rules which governed the research (when these rooms were occupied) nor with the optimal reverberation time referring to the classroom. Methods and materials were studied to reduce and solve the present question. This study shows that it may be possible to adapt the rooms of the *campus* to the required by the Brazilian Association of Technical Standarts.

Keywords: architecture, environment, acoustics, noise.

## 1. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental é uma condição indispensável para a qualidade de vida do ambiente construído. Desta forma, as ações inerentes à concepção das edificações devem se voltar para a garantia das condições de conforto, atendendo às exigências dos usuários em sua atividade.

A noção de conforto ambiental deve-se aos nossos mais diversos sentidos, variando inúmeras vezes, visto que seu foco é um ser complexo e arbitrário. Portanto, torna-se uma resposta subjetiva, determinando quais condições são favoráveis ou não. A acústica estuda os fenômenos do som e sua interação com nossos sentidos para minimizar as condições desfavoráveis.

Para que se possa alcançar um conforto acústico é preciso que sejam avaliadas as condições de ruídos dentro do ambiente. O ruído pode ser considerado todo som indesejável, embora este seja um conceito subjetivo (Carvalho, 2010). Os ruídos podem ser classificados em aéreos e de impacto e podem repercutir em problemas físicos e nas atividades do cérebro.

Existe uma grande quantidade de fontes sonoras presentes nos ambientes e nem sempre são claras quais delas geram os principais ruídos que devem ser eliminados para melhor desempenho dos seus usuários.

O presente trabalho propôs-se a avaliar a distribuição dos níveis de ruídos nas salas de aula 06, 08 e 10 do Ifes e nos seus arredores, possibilitando propor melhorias no seu espaço físico através do estudo dos materiais qualificados para este fim.

## 2. OBJETIVO

Medir os níveis de ruído nas salas 06, 08 e 10 através de equipamentos como o decibelímetro e propor uso de materiais e métodos adequados para a melhoria acústica da edificação já construída.

### 2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- Medir os níveis de ruído nas salas 06, 08 e 10 do *campus*;
- Comparar se os níveis de ruído estão de acordo com os níveis adequados pela NBR 10152 – 1987;
- Estudar materiais e outras soluções que proporcionariam uma adequação acústica do ambiente já construído aos níveis adequados de ruído.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas principais etapas:

1. Revisão bibliográfica;
2. Monitoramento acústico do ambiente estudado;
3. Avaliação dos resultados.

### 3.1. Revisão bibliográfica:

O processo metodológico teve como ponto de partida uma revisão bibliográfica acerca do tema proposto, com atenção especial ao impacto causado pela exposição ao ruído.

### 3.2: Monitoramento acústico do ambiente estudado:

A coleta de dados da pesquisa contou com as seguintes etapas:

- A medição dos níveis de ruído foi realizada em salas distintas, espalhadas pelo campus. São elas: 06, 08 e 10 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A sala 06 foi escolhida por ser voltada para o refeitório do campus, um local mais movimentado e, por consequência, mais barulhento. Ali também está localizada a caixa de bombas. A sala 08 é voltada para o estacionamento. A sala 10 foi escolhida por ser próxima à manutenção do campus e por possuir um material que a diferenciou das outras salas – o revestimento do teto;

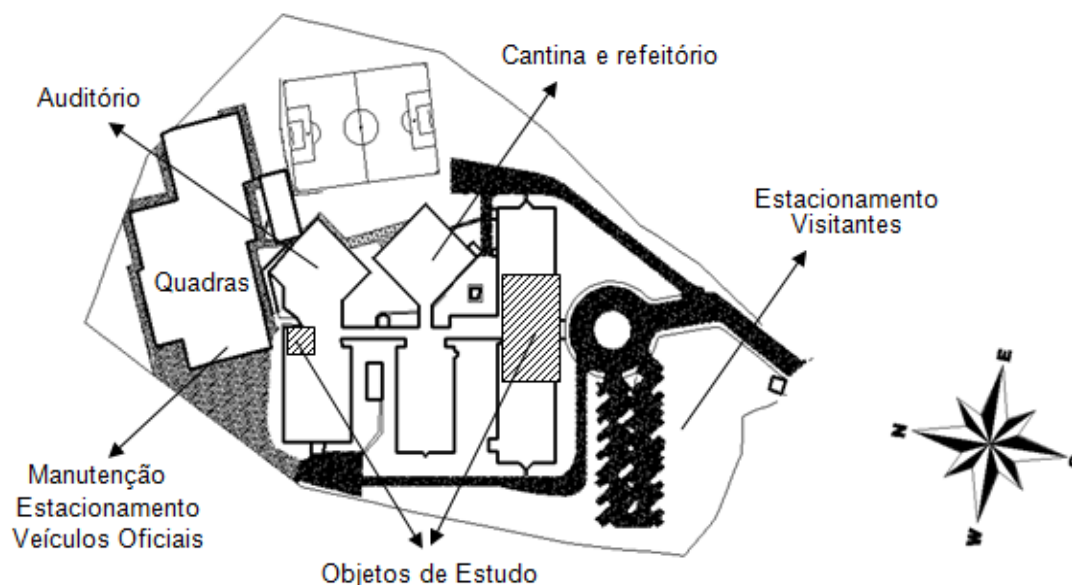


Figura 1 – Planta do Ifes – Campus Colatina.

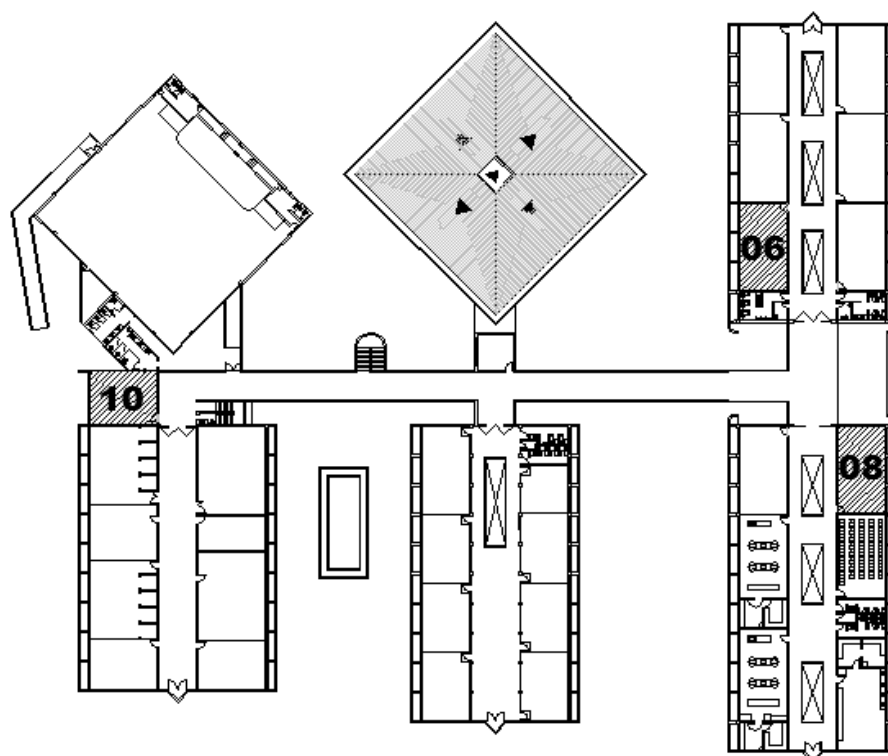


Figura 2 – Localização e identificação dos objetos de estudo.

- As medições foram realizadas nos dias 26, 27, 28 e 31 de março de 2014, nos horários da manhã (7h-10:30h), tarde (12:50h-15:30h) e noite (19h-20:40h), através do uso do decibelímetro digital da marca Larson Davis SoundTrack® LxT2 e seguindo as instruções da NBR 10152 (Níveis de ruído para conforto acústico);
- As medições foram feitas em duas situações: nas salas ocupadas, com atividades letivas normais no campus e com as salas vazias, em um final de semana no qual o campus não possuía atividades. Cada uma dessas situações foi subdividida, ainda, em mais duas: esquadrias abertas e fechadas. Os

- quatro tipos de medições foram realizados nos períodos da manhã, tarde e noite;
- As salas foram analisadas com medições em três pontos cada uma. O ponto 1 se encontra próximo ao quadro. O ponto 2 é o intermediário e o ponto 3 está mais próximo do fundo da sala. As figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a localização dos pontos nas salas 06 e 10;

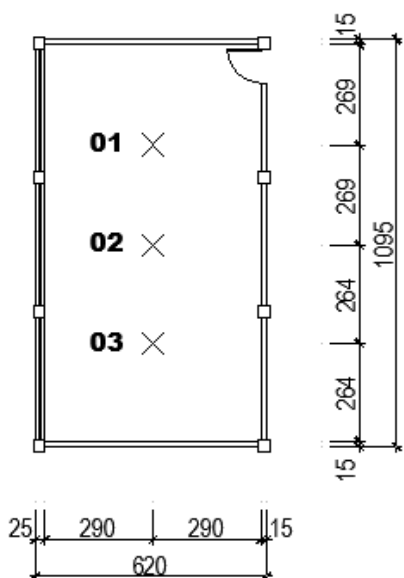


Figura 3 – Sala 06.

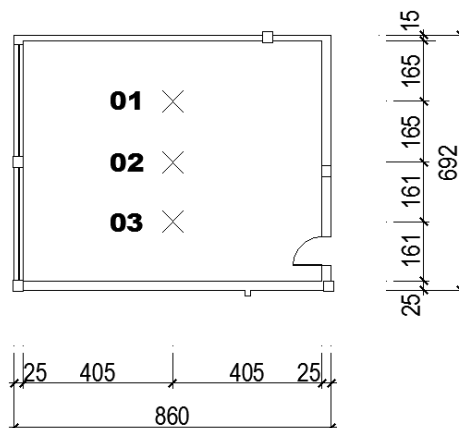


Figura 4 – Sala 10.

- Os dados foram tratados no computador, através o uso do Excel, também seguindo os procedimentos da NBR 10152 e NR 17;

### 3.3. Avaliação dos resultados

Com base nos resultados obtidos, foram estudados materiais e métodos aplicáveis para amenizar e solucionar o problema em questão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Resultados obtidos a partir das medições de ruídos nas salas

O nível de ruído, quando em excesso, causa além do incômodo, problemas de concentração, rendimento, alterações de humor e diminuição da qualidade de vida. Em ambientes de ensino como escolas e universidades, é de extrema importância que esses estejam adequadamente adaptados quanto aos níveis de ruídos máximos permitidos à sua função, de modo a causar o mínimo de desconforto possível (Vasconcelos, Nakata, 2012).

Segundo Andrade (2009):

*“A qualidade acústica é uma característica fundamental para espaços em que a comunicação verbal é utilizada com o objetivo de ensinar e por isso torna-se especialmente influente e importante para o processo de aprendizagem. Desta forma a qualidade acústica depende de dois diferentes fatores: a função do espaço e suas características acústicas.”* (Andrade, 2009, p.3)

A tabela 1 traz os resultados das médias obtidas em cada situação de medição, com ponderação A e unidade Hertz:

Tabela 1: Média das medições

		S6			S8			S10			
		M	T	N	M	T	N	M	T	N	
OCUPADAS	ABERTAS	P1	69,9	67,8	67,9	64,8	60,3	62,8	65,1	64,0	70,2
		P2	69,6	70,7	70,0	64,7	61,7	66,8	71,4	65,4	66,9
		P3	73,0	64,5	71,5	68,2	64,6	67,5	71,8	68,0	69,1
	FECHADAS	P1	62,4	63,7	68,4	69,9	60,3	64,0	68,9	74,8	74,9
		P2	62,2	68,0	63,9	66,4	65,0	62,2	73,5	73,9	77,3
		P3	68,8	70,2	62,6	76,0	68,2	67,3	71,8	72,3	69,5
VAZIAS	ABERTAS	P1	37,4	41,2	40,0	43,1	42,4	44,8	50,9	43,9	38,0
		P2	42,2	37,5	37,2	42,5	41,6	40,7	41,6	42,7	40,9
		P3	42,6	37,0	37,3	42,8	57,3	39,4	43,6	48,0	38,5
	FECHADAS	P1	46,6	36,0	34,8	38,8	37,0	36,5	38,8	37,3	35,1
		P2	36,8	36,4	43,7	38,3	37,5	36,2	39,1	47,7	39,9
		P3	34,8	36,4	35,3	38,9	44,9	35,8	40,3	46,8	35,4

Legenda:

70,0	Maior que 65 dB	46,0	Entre 45 e 50 dB
63,0	Entre 50 e 65 dB	30,0	Menor que 45 dB

É possível, portanto, perceber que as salas ocupadas do *campus* (e alguns casos das salas vazias), quanto aos níveis de ruído, não são condizentes com o estabelecido pelas normas que regeram a pesquisa, visto que a NBR 10152:1987 apresenta uma variação de 40 a 50dB, para salas de aulas em escolas, considerada confortável.

## 4.2. Conceito de tratamento acústico e tempo de reverberação

Segundo Carvalho, 2010, tratar acusticamente um ambiente consiste basicamente em observar os seguintes quesitos: dar-lhe boas condições de audibilidade; bloquear os ruídos externos que possam perturbar a audibilidade do recinto e controlar os possíveis ruídos internos que perturbem o entorno.

O tempo de reverberação ( $tr$ ) é o intervalo de tempo necessário para que o nível de intensidade de determinado som decresça em 60dB.

O tempo ótimo de reverberação ( $tor$ ) é o tempo de reverberação ideal para cada ambiente de acordo com seu volume e sua finalidade. Para sala de aula, seu  $tor$  varia entre 0,4-0,6s. O máximo adequado para uma boa inteligibilidade em uma sala de aula típica é de 0,5s (Santana, Toro, Soeiro, Melo, 2011).

## 4.3. Apresentação do tempo de reverberação das salas ocupadas

Foi realizada, também, uma análise das condições acústicas do ambiente, na sua condição original, comparando o seu  $tr$  com seu  $tor$  à frequência de 500Hz, para que depois fosse possível, somado aos resultados das medições, a análise de materiais e métodos para fazer as correções necessárias. A tabela 2 traz os resultados nos períodos da manhã (M), tarde (T) e noite (N) com as esquadrias abertas e fechadas de

cálculos e as tabelas 3 e 4 mostram, através de exemplo, como o cálculo do tempo de reverberação foi realizado.

Tabela 2: Resultado dos tempos de reverberação, em Hertz

$T_{or} = 0,43$	SALA 01			SALA 06			SALA 07			SALA 08			SALA 10		
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N
<b>Abertas</b>	0,54	0,60	0,62	0,52	0,60	0,64	0,59	0,57	0,64	0,57	0,58	0,60	1,30	1,57	2,20
<b>Fechadas</b>	0,53	0,59	0,61	0,51	0,59	0,63	0,58	0,56	0,63	0,56	0,58	0,59	1,27	1,53	2,11

Tabela 3: Dados para o cálculo do Tr

### Planilha geral de cálculo de tempo de reverberação

Sala de aula 10 - condição original - noite - esquadrias 100% fechadas

Volume (m <sup>3</sup> ):	147	500 Hz		
Item	identificação	Si (m <sup>2</sup> )	ai	Si x ai
01	piso granilite	52,65	0,02	1,0530
02	teto com placa de gesso	52,65	0,03	1,5795
03	parede de alvenaria c/ reboco liso	68,49	0,02	1,3698
04	porta de madeira compensada pintada à óleo	1,68	0,03	0,0504
05	esquadrias de vidro 4mm (fechadas)	11,59	0,1	1,1590
06	esquadrias de vidro 4mm (abertas)	0	1	-
07	quadro branco	3,6	0,04	0,1440
08	colegial em carteira escolar	14	0,39	5,4600
09	professor em pé	1	0,44	0,4400

Tabela 4: Cálculo do Tr

<b>absorção total calculada</b>	11,2557
<b>absorção ideal</b>	55,1968
<b>tempo de reverberação calculado (tr)</b>	2,1087
<b>tempo ótimo de reverberação (tor)</b>	0,4300
<b>diferença percentual tr/tor</b>	3,9039
<b>volume por ocupante (em m<sup>3</sup>)</b>	9,8280

Algumas considerações podem ser feitas quando analisadas as tabelas:

- A sala 10 conta com teto de placa de gesso, enquanto as outras duas salas possuem como revestimento lã mineral;
- O cálculo do Tr foi realizado através da fórmula de Sabine;
- O número de alunos influencia diretamente no tr da sala: quanto mais, menor o tr. No entanto, essa não é uma solução viável por se tratar de uma sala de aula;
- As esquadrias abertas também influenciaram para um menor tr calculado;
- É necessário que se tome providências benéficas para um melhoramento do ambiente escolar.

A tabela 4 foi calculada através da fórmula de Sabine. A equação (1) relaciona o volume, a absorção sonora e o tempo de reverberação, resultando assim na conhecida “Fórmula de Sabine”.

Equação 1: Fórmula de Sabine

$$TR = \frac{0,16 \times V}{A}$$

Sendo:  
 TR: Tempo de reverberação (s);  
 V: Volume do espaço em análise (m<sup>3</sup>);  
 A: Absorção sonora (m<sup>2</sup>).

#### 4.4. Possíveis soluções

Analisados os resultados da pesquisa e estudadas diversas formas de solucionar os problemas decorrentes da desconformidade acústica, foi possível selecionar, entre tantas, as mais viáveis – mais comuns e que não demandam de projeto, mas sim de cálculos e simulações – para o uso nas salas do *campus*. São elas:

- Esquadrias com alto índice de redução acústica: são esquadrias com capacidade de isolamento acústico superior aos das esquadrias convencionais. É, dentre as apresentadas, a mais custosa e de mais difícil aplicação a curto prazo. Subdivide-se em quatro tipos: vidro duplo com câmara de ar, vidro duplo com filme flexível, vidro duplo com filme flexível + câmara de ar, 2 câmaras de vidro duplo com filme flexível + câmara de ar. A tabela 5 apresenta o cálculo de isolamento da envoltória com os materiais originais da sala de aula enquanto a tabela 6 traz o resultado da substituição das esquadrias comuns por esquadrias tratadas;

Tabela 5: Cálculo do isolamento acústico com materiais originais da sala 10

Planilha geral de cálculo do isolamento				
Sala 10 - Ifes <i>campus</i> Colatina				
Item	Si (m2)	IA (dB)	$\tau_i$	Si x $\tau_i$
Teto concreto armado 10cm	52,65	45	0,00003162	0,00166494
Parede de alvenaria 13 cm (com reboco)	52,65	43	0,00005012	0,00263875
Porta de madeira compensada	1,68	15	0,03162278	0,05312626
Esquadrias comuns 3mm	11,59	20	0,01000000	0,11590000
$\Sigma Si = 118,57$			$\Sigma Si = 0,173329955$	
$\tau_i = 0,0014618$				
<b>Redução do Nível de ruído</b>			<b>28,35 dB</b>	

Tabela 6: Cálculo do isolamento acústico da sala 10 com alteração nas esquadrias

Planilha geral de cálculo do isolamento				
Sala 10 - Ifes <i>campus</i> Colatina				
Item	Si (m2)	IA (dB)	$\tau_i$	Si x $\tau_i$
Teto concreto armado 10cm	52,65	45	0,00003162	0,00166494
Parede de alvenaria 13 cm (com reboco)	52,65	43	0,00005012	0,00263875
Porta de madeira compensada	1,68	15	0,03162278	0,05312626
Esquadrias tratadas acústicamente	33,48	45	0,00003162	0,00105873
$\Sigma Si = 140,46$			$\Sigma Si = 0,058488685$	
$\tau_i = 0,0004164$				
<b>Redução do Nível de ruído</b>			<b>33,80 dB</b>	

- Pisos emborrachados: provavelmente o de aplicação imediata e melhor custo benefício, os pisos emborrachados absorverão impactos nas salas, assim como serão também materiais absorventes de ondas sonoras. A tabela 7 apresenta o resultado da substituição do piso de granilite (piso atual, com resultado apresentado nas tabelas 3 e 4).

Tabela 7: Cálculo do Tr com substituição do piso

<b>Planilha geral de cálculo de tempo de reverberação</b>				
Sala de aula 10 - condição original - noite - esquadrias 100% fechadas				
Volume (m <sup>3</sup> ):	147	500 Hz		
<b>Item</b>	<b>identificação</b>	<b>Si</b>	<b>ai</b>	<b>Si x ai</b>
		<b>(m<sup>2</sup>)</b>		
01	piso plurigoma	52,65	0,08	4,2120
02	teto com placa de gesso	52,65	0,03	1,5795
03	parede de alvenaria c/ reboco liso	68,49	0,02	1,3698
04	porta de madeira compensada pintada à óleo	1,68	0,03	0,0504
05	esquadrias de vidro 4mm (fechadas)	11,59	0,1	1,1590
06	esquadrias de vidro 4mm (abertas)	0	1	-
07	quadro branco	3,6	0,04	0,1440
08	colegial em carteira escolar	14	0,39	5,4600
09	professor em pé	1	0,44	0,4400
<b>absorção total calculada</b>		14,4147		
<b>absorção ideal</b>		55,1968		
<b>tempo de reverberação calculado (t<sub>r</sub>)</b>		1,6466		
<b>tempo ótimo de reverberação (t<sub>or</sub>)</b>		0,4300		
<b>diferença percentual t<sub>r</sub>/t<sub>or</sub></b>		2,8292		
<b>volume por ocupante (em m<sup>3</sup>)</b>		9,8280		

- Aplicação sistemas absorventes substituindo o gesso: também de possível aplicação imediata, poderão absorver as ondas sonoras no decorrer da sala, permitindo assim que o som fique mais equilibrado, com o Tr mais próximo ao Tor. A tabela 8 mostra o resultado da alteração do teto de placa de gesso por placas Illtec (o primeiro material com resultado apresentado nas tabelas 3 e 4).

Tabela 8: Cálculo do Tr com substituição do forro no teto

<b>Planilha geral de cálculo de tempo de reverberação</b>				
Sala de aula 10 - condição original - noite - esquadrias 100% fechadas				
Volume (m <sup>3</sup> ):	147	500 Hz		
<b>Item</b>	<b>identificação</b>	<b>Si</b>	<b>ai</b>	<b>Si x ai</b>
		<b>(m<sup>2</sup>)</b>		
01	piso granilite	52,65	0,02	1,0530
02	teto com placa placa Illtec plana 20mm	52,65	0,32	16,8480
03	parede de alvenaria c/ reboco liso	68,49	0,02	1,3698
04	porta de madeira compensada pintada à óleo	1,68	0,03	0,0504
05	esquadrias de vidro 4mm (fechadas)	11,59	0,1	1,1590
06	esquadrias de vidro 4mm (abertas)	0	1	-
07	quadro branco	3,6	0,04	0,1440
08	colegial em carteira escolar	14	0,39	5,4600
09	professor em pé	1	0,44	0,4400
<b>absorção total calculada</b>		26,5242		
<b>absorção ideal</b>		55,1968		
<b>tempo de reverberação calculado (t<sub>r</sub>)</b>		0,8948		
<b>tempo ótimo de reverberação (t<sub>or</sub>)</b>		0,4300		
<b>diferença percentual t<sub>r</sub>/t<sub>or</sub></b>		1,0810		
<b>volume por ocupante (em m<sup>3</sup>)</b>		9,8280		



Os resultados apresentados foram com base nos dados da sala 10 do *campus* por esta ser a sala com o pior resultado encontrado, tanto para isolamento acústico quanto para absorção.

## 5. CONCLUSÃO

As medições mostraram que os níveis de ruído avaliados não condizem com o estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. É, portanto, possível observar que as salas do *campus* precisam de melhorias em seu tratamento acústico, uma vez que nas mesmas os materiais e outros elementos construtivos não são adequados. Uma melhoria de comportamento de alunos também seria de importância para a qualidade acústica dos ambientes.

Com estudos realizados e por meio dos resultados obtidos, foram sugeridas possíveis melhorias a serem executadas nas salas de aulas do *campus*, a fim de que sua qualidade acústica seja melhorada de modo a adequar o ambiente à NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico, trazendo, por consequência, benefícios para alunos e professores que façam uso das salas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, Joana Maria Figueiredo Mota. 2009. **Caracterização do Conforto Acústico em Escolas**. Relatório de projeto submetido para a satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, Portugal.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1987. **NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. Procedimento Rio de Janeiro, p4.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR17 – Ergonomia**. 1990. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego.
- Carvalho, Régio Paniago. 2010. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Tessaurus.
- Leal, Liliane de Queiroz. 2011. **Apostila de Conforto Ambiental – Curso Técnico em Desing de Interiores**. João Pessoa: Instituto Aprender Mais.
- Santana, A.L.S., Toro, M.G.U., Soeiro, N.S. Melo, G.S.V. 2011. **Avaliação acústica em salas de aula em escolas públicas na cidade de Belém-PA**. In I Workshop de vibração acústica da região norte. Belém: Grupo de Vibrações Acústicas (GVA).
- Vasconcelos, M.A.O.C., Nakata, C.M. 2012. **Avaliação dos Níveis de Ruído em Ambientes de Ensino**. In XVI ENTAC, Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juíz de Fora: ENTAC.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, que através do Programa Jovens Talentos Para a Ciência, financiou esse trabalho. Agradecem também a todos os servidores do Ifes *campus* Colatina que se dispuseram a ajudar no desenvolvimento desta pesquisa e, em especial, ao professor Alexandre Cypreste Amorim, professor da disciplina de Conforto Acústico no *campus*.