



A voz do professor: do projeto arquitetônico à acústica da sala de aula

The voice of the teacher: from the architectural project to the acoustic of the classroom

La voz del docente: del proyecto arquitectónico a la acústica de la aula

Eny Nardelle dos Santos Pinheiro*

Maria Lúcia Vaz Masson*

Máira Moreira d'Souza Carneiro Lopes*

Resumo

Objetivo: analisar proposta oficial do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE) para construção e revestimento de salas de aula e suas consequências para a saúde vocal do professor. **Método:** estudo qualitativo, descritivo e analítico sobre os materiais indicados no "Memorial Descritivo e Especificações Técnicas-Projeto Espaço Educativo Urbano – 12 salas de aula" (BRASIL, 2015). Para a análise, utilizaram-se as normas brasileiras que regulam a qualidade acústica de ambientes fechados, bem como a literatura científica encontrada nas bases de dados Scielo, Periódico Capes e Lilacs, por meio da combinação dos termos em inglês: "acústica and ruído", "voz and ruído and docentes", "faculty and noise", "noise and classroom", "noise and faculty and voice". **Resultados:** parte do projeto destinado à construção de doze salas de aula em zona urbana, comporta a totalidade de 780 alunos nos turnos matutino e vespertino ou 390 alunos em período integral. A escola deve ser dividida em quatro blocos distintos: pedagógico, administrativo, serviços e quadra coberta. Os materiais identificados de construção e revestimento das salas de aula foram: cerâmica; alumínio; madeira; e vidro, componentes que contribuem para elevar o tempo de reverberação, prejudicando a inteligibilidade de fala. **Conclusão:**

*Universidade Federal da Bahia-UFBA-Salvador-BA-Brasil

Contribuição dos autores: ENSP responsável pela concepção e planejamento, análise e interpretação de dados e elaboração do manuscrito. MLVM responsável pela concepção e planejamento, análise e interpretação de dados, revisão crítica do conteúdo e correção do manuscrito. MMSCL responsável pela análise e interpretação de dados, revisão crítica do conteúdo e correção do manuscrito.

Email para correspondência: Eny Nardelle dos Santos Pinheiro - enyfono@gmail.com

Recebido: 27/09/2016

Aprovado: 05/02/2017



O projeto arquitetônico do FNDE não consegue contemplar requisitos mínimos para conforto acústico em sala de aula. Observa-se, ainda, a necessidade de atualização das normativas brasileiras específicas que regulam a qualidade acústica em ambientes escolares.

Palavras-chave: Voz; Ruído Ocupacional; Acústica; Docentes; Saúde do Trabalhador.

Abstract

Objective: To analyze the official proposal of the Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE) to build and furnish classrooms and its consequences to vocal health of teachers. **Methods:** A qualitative, descriptive, and analytical study of the material indicated in the “Memorial Descritivo e Especificações Técnicas - Projeto Espaço Educativo Urbano – 12 salas de aula” (BRASIL, 2015). For the analysis, we used the Brazilian norms that regulate acoustic quality indoors as well as the scientific literature found in Scielo, Periódico Capes and Lilacs databases, through the combination of the terms in English: “acoustics and noise”, “voice and noise and faculty”, “faculty and noise” “noise and classroom”, “noise and faculty and voice.” **Results:** Part of the project destined to the construction of twelve classrooms in urban areas includes a total of 780 students in morning and evening shifts or 390 students full time. The school should be divided into four distinct blocks: pedagogical, administrative, services and indoor court. The construction and lining materials identified for the classrooms were: ceramic; aluminum; wood; and glass components contributing to rising the reverberation time, impairing speech intelligibility. **Conclusion:** The architectural design of the FNDE does not contemplate minimum requirements for acoustic comfort in the classroom. It is also observed the need to update the specific Brazilian regulations that regulate the acoustic quality in school environments.

Keywords: Voice; Occupational Noise; Acoustics; Faculty; Occupational Health.

Resumen

Objetivo: Analizar la propuesta oficial del “Fundo Nacional de Desenvolvimento de la Educação (FNDE)” para la construcción y revestimiento de aulas y sus consecuencias para la salud vocal de los docentes. **Métodos:** Estudio cualitativo, descriptivo y analítico sobre los materiales indicados en el “Memorial Descritivo y Especificaciones Técnicas - Proyecto Espacio Educativo Urbano – 12 aulas” (BRASIL, 2015). Para el análisis, se utilizaron las normas brasileñas que regulan la calidad acústica en ambientes cerrados, así como la literatura científica que se encuentra en las bases de datos Scielo, Periódico Capes y Lilacs, a través de la combinación de los términos en inglés: “acústica y ruido”, “voz, ruido y docentes”, “docentes y ruido”, “ruido y aula”, “ruido, facultad y voz”. **Resultados:** Parte del proyecto para la construcción de doce aulas en las zonas urbanas, incluye a todos los estudiantes en 780 turnos matutino y vespertino o 390 estudiantes a tiempo completo. La escuela debe ser dividida en cuatro bloques distintos: pedagógico, administrativo, de servicios y cuadra cubierta. Los materiales de construcción y revestimiento de las aulas fueron: cerámica; aluminio; madera y vidrio, componentes que contribuyen para elevar el tiempo de reverberación, deteriorando la inteligibilidad del habla. **Conclusión:** El proyecto arquitectónico de la FNDE no logra contemplar los requisitos mínimos para la comodidad acústica en el aula. También se observa la necesidad de actualizar las regulaciones brasileñas específicas sobre la calidad acústica en ambientes escolar.

Palabras clave: Voz; Ruido en el Ambiente de Trabajo; Acústica; Docentes; Salud Laboral.

Introdução

A saúde do professor está diretamente associada a condições do ambiente e organização do trabalho^{1,2}. Estudos sobre riscos ocupacionais mostram que fatores como localização geográfica da escola, arquitetura e materiais utilizados na construção da escola³, contribuem para propagação de sons indesejáveis, decorrentes da má qualidade acústica e/ou falta de tratamentos acústicos, sendo o ruído e as condições acústicas das salas de aula dois dos principais fatores que contribuem para a ocorrência de alterações vocais em professores.⁴⁻⁷

A presença de ruído ambiental faz com que o professor seja obrigado a elevar sua intensidade vocal para ser compreendido pelos alunos em sala de aula, sendo tal comportamento preponderante para alterações da qualidade vocal⁹.

As condições acústicas das salas de aula devem ser planejadas e definidas desde a elaboração do projeto arquitetônico, priorizando um tratamento acústico eficiente. Apesar de ser um item muito importante na qualidade do ambiente de trabalho dos professores, é pouco valorizado nos projetos elaborados para construção de escolas⁸.

Os elementos primordiais para a boa qualidade acústica incluem o tempo de reverberação, ruído e inteligibilidade de fala⁹. O tempo de reverberação é definido como o tempo que leva para que o som emitido seja reduzido em 60 dB, expresso em segundos (s). Em ambientes altamente reverberantes, o eco estará presente e a compreensão da fala diminuída³. O ruído é qualquer sensação sonora considerada indesejável em um ambiente, caracterizado por uma combinação de tons ou sons de diferentes frequências⁹. Ao mesmo tempo em que uma sala de aula reverberante é prejudicial para a compreensão da fala, um alto nível de ruído ambiental torna-se competitivo e ofusca o bom desempenho vocal do professor, diminuindo a inteligibilidade de fala¹⁰.

A voz é o principal recurso de trabalho do professor e os cuidados vocais não se resumem em apenas ações individuais com exercícios vocais e outras precauções, mas em investimentos de cunho coletivo que proporcionem uma transformação do seu ambiente de trabalho em local saudável¹¹. Por isso, a importância de se garantir ambientes de trabalho saudáveis que possam proteger a coletividade de professores.

O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), com interesse de prestar assistência técnica e financeira a estados e municípios, disponibiliza projetos arquitetônicos e recursos financeiros para a construção de prédios escolares nas zonas rural, urbana e comunidades indígenas. O documento intitulado “Memorial Descritivo e Especificações Técnicas – Projeto Espaço Urbano Educativo” contém parâmetros para as construções de prédios escolares, com projetos padronizados, a fim de melhorar a qualidade dos espaços educativos¹².

Este artigo tem por objetivo analisar o “*Memorial Descritivo e Especificações Técnicas - Projeto Espaço Educativo Urbano 12 salas de aula*” à luz da legislação vigente e literatura sobre a acústica em sala de aula e proteção à saúde vocal do professor, descrevendo e analisando as propriedades acústicas dos materiais de construção e revestimento das salas de aula.

Métodos

Trata-se de um artigo de natureza qualitativa, descritivo e analítico do documento “Memorial Descritivo e Especificações Técnicas - Projeto Espaço Educativo Urbano 12 Salas de Aula”, elaborado pelo Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE). O estudo foi realizado na Universidade Federal da Bahia. Por se tratar de uma pesquisa de natureza bibliográfica não houve necessidade de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

A análise documental foi realizada em duas etapas: a primeira constituiu na leitura do documento, elaborando uma análise descritiva e crítica através de comentários, fichamentos, levantamento de conteúdo e definição do núcleo de investigação.

As leituras sucessivas do memorial buscaram identificar os materiais indicados para a construção das edificações escolares que contribuem e/ou influenciam na qualidade da acústica em sala de aula, as quais se caracterizam nas variáveis de investigação do estudo, a saber: materiais que compõem a estrutura da sala de aula (paredes, teto, piso, portas, janelas) e suas propriedades acústicas (tempo de reverberação, ruído e inteligibilidade de fala).

Na segunda etapa, os dados obtidos foram confrontados com as normas brasileiras que regulam os critérios para a qualidade acústica das salas de

aula e a literatura científica de artigos nacionais e internacionais que debatem a saúde vocal do professor e os possíveis fatores associados à alteração da voz, particularmente, as características acústicas da sala de aula.

Para levantamento da literatura referente à acústica das salas de aula e voz do professor foram realizadas buscas nas bases de dados Scielo, Periódico Capes, Lilacs e Pubmed, com as seguintes combinações de palavras-chaves: “acústica *and* ruído”, “voz *and* ruído *and* docentes”, “docentes *and* ruído”. Pesquisaram-se também os mesmos termos em inglês, tendo em vista a obtenção de um maior número de referências: “*noise and classroom*”, “*noise and faculty and voice*”.

Os critérios de seleção definidos “*a priori*” foram:

- Inclusão: artigos em inglês, espanhol ou português sobre acústica em sala de aula e ruído ambiental em contexto escolar associado a distúrbios vocais em professores.
- Exclusão: estudos exclusivamente de autorreferência/autopercepção sobre ruído e qualidade acústica da sala de aula, testes realizados em laboratórios e salas de música.

Devido à escassez de material nas bases de dados escolhidas, foi necessário ampliar a pesquisa em livros sobre acústica em ambiente escolar e publicações em anais de congressos nacionais especializados em acústica arquitetônica, tais como “Simpósio de Engenharia de Produção” e “Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído”, disponíveis no portal oficial dos eventos www.infohab.org.br.

Resultados

O projeto elaborado pelo FNDE em maio de 2009 com validade de instalação até o ano de 2018 destina-se à orientação para construção de uma escola com doze salas de aula na zona urbana a ser implantada nas diversas regiões do Brasil. O

documento apresenta um memorial descritivo no qual constam a descrição dos elementos que constituem o projeto arquitetônico, a sequência de execução e especificações técnicas. As construções dos edifícios escolares devem ser realizadas por órgãos públicos federais, estaduais e municipais, ou por concessionárias de serviços públicos.

Disponível em formato PDF no portal eletrônico do FNDE (www.fnnde.gov.br), o memorial apresenta, dentre outras especificações técnicas, a escolha do local onde será construída a escola, detalhamento dos materiais utilizados para o acabamento e revestimento de paredes, pisos e telhados e forma de execução do processo de edificação.

O Projeto “Espaço Educativo Urbano 12 Salas de Aula” comporta até 780 alunos, divididos em dois turnos (matutino e vespertino) ou 390 alunos no período integral. A proposta refere-se a uma construção escolar simples, destinada ao funcionamento das atividades de ensino e aprendizagem. O projeto define que a escola deve ser composta por sete blocos distintos, sendo eles:

- Bloco A – administrativo (almoxarifado, circulação, coordenação, diretoria, secretaria, sala dos professores, sanitários adultos: masculino e feminino);
- Bloco B – pedagógico (biblioteca, auditório);
- Bloco C – pedagógico (informática, laboratório, grêmio);
- Bloco D – serviço (cozinha, pátio coberto);
- Bloco E (E1 e E2) – pedagógico (salas de aula e sanitários);
- Bloco F – pedagógico (salas de aula e vestiários);
- Bloco G – quadra coberta

Para a implantação do projeto escolar é necessário seguir determinadas recomendações, entre as quais localização, topografia, características do solo do terreno onde será implantada a escola, adequação da edificação aos parâmetros ambientais e condições climáticas. A tabela 1 explana os materiais que compõem a sala de aula.

Tabela 1. Materiais e medidas definidas no “Memorial descritivo e especificações técnicas - projeto espaço educativo urbano 12 salas de aula” do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE). Brasília, 2009.

	Material	Medidas
Paredes	Alvenaria de blocos cerâmicos Pintura	19 cm x19 cm, 10 cm de profundidade A partir da roda meio de madeira até o teto
Piso	Revestimento em cerâmica	30 cm x30 cm, branca, do piso até altura de 0,90 cm
Teto	Cerâmica antiderrapante	40 cm x 40 cm
Porta com visor de vidro	Laje pré-moldada	Altura de 12 cm
Janelas / basculantes	Madeira compensada e vidro simples	0,8m x 2,10m x 0,2mm
	Folhas de alumínio e vidro simples	2 m x 1,10 cm

Na revisão de literatura foram encontrados 07 (sete) artigos que contemplavam os critérios de inclusão. A tabela 2 apresenta a literatura en-

contrada que discute medidas de ruído em sala de aula como fator associado a alterações vocais em professores.

Tabela 2. Bibliografia levantada e apresentada segundo o método, as características acústicas (nível de ruído em sala de aula e tempo de reverberação), materiais de construção e revestimento, efeitos na voz do professor e conclusões.

Autores	Metodologia	Nível de ruído na sala de aula	Tempo de reverberação	Materiais de construção revestimento das salas de aula	Efeitos na voz do professor	Resultados
Zannin, Zwirtes, Passero (2012)	Medição do tempo de reverberação e ruído de fundo (dentro e fora das salas de aula) de seis salas de aula em três escolas + pesquisa de percepção dos ocupantes sobre a acústica em sala de aula	66 a 74,6 dB	0,6s	Escola 1: piso e teto de madeira, construção de alvenaria comum, janelas de aço e vidraçaria Escola 2: construção de alvenaria comum, piso de madeira, laje de concreto, janelas de aço e vidraçaria Escola 3: construção de alvenaria comum, piso de cerâmica, laje de concreto, janelas de aço e vidraçaria	Fadiga vocal	O ruído prejudica as atividades escolares
Rabelo, Guimarães, Oliveira, Fragoso, Santos (2012)	Avaliação do ruído de 14 salas de aula de oito escolas	54,5 dB a 70,3 dB	Não é estudado	Não é estudado	Redução de inteligibilidade de fala, esforço e fadiga vocal	Alto nível do ruído em todas as salas de aula
Nunes, Oiticica (2014)	Medição do ruído, avaliação e diagnósticos das tipologias de 12 escolas	65 a 90 dB.	Não é medido, mas é observado de forma negativa devida a falta de tratamento acústico adequado	Não é considerado.	Esforço vocal	Em todas as salas de aula o ruído se apresentou em níveis muito altos.
Filho, Filletti, Guillacimon, Serafin (2012)	Aferição do ruído e avaliação auditiva de escolares	59,5 dB a 96,2 dB	Não é considerado	Não é considerado	Não é considerado	O ruído se encontra acima do permitido pelas normativas
Guidini, Bartoncello, Zancheta, Dragone (2012)	Medição do ruído ambiental em dez salas de escolas municipais de ensino fundamental e das vozes das professoras durante as aulas	40 a 65 dB	Não é considerado	Não é considerado	Alteração vocal (tensão fonatória)	Quanto maior o nível do ruído maior a intensidade vocal das professoras
Fidêncio, Moret, Jacob (2014)	Revisão sistemática de literatura	58,2 dB a 96,2 dB	Não é considerado	Não é considerado	Diminuição da inteligibilidade de fala e esforço vocal	Todas as salas estão com níveis de ruído acima do permitido

Em relação à legislação, foram localizadas 06 (seis) normativas que orientam sobre a qualidade acústica em ambientes fechados, no que diz respeito

a ambientes escolares (sala de aula). A tabela 3 demonstra a legislação nacional vigente sobre ruído e qualidade acústica em sala de aula.

Tabela 3. Legislações brasileiras vigentes sobre acústica em ambientes fechados, segundo o ano de publicação, título e assunto.

Ano	Título	Assunto	Regulamentação
1987/1992	NBR 10152: 1987 - Versão corrigida 1992 – Níveis de ruído para conforto acústico	Determina os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos	Nível de ruído em sala de aula: 40-50 dB
1992	NBR 12179: 1992 - Tratamento acústico em recintos fechados	Indica critérios fundamentais para execução de tratamento acústico em recintos fechados	A combinação de materiais isolantes contribui para a queda do nível de ruído
1994	Norma Regulamentadora nº 9 - Riscos Ambientais	Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores	O desenvolvimento do PPRA depende: da antecipação e reconhecimentos dos riscos; avaliação de riscos e da exposição dos trabalhadores e monitorização da exposição aos riscos
2000	NBR 10151: 2000 – Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade	Estipula as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, especificando método para medição de ruído e aplicação de correções nos níveis medidos	Nível de ruído no período diurno em escolas: 50 dB Nível de ruído no período noturno em escolas: 45 dB
2001	NR8 (Norma Regulamentadora nº8) - Edificações	Determina requisitos técnicos mínimos que devem ser observados nas edificações, para garantir segurança e conforto aos que nelas trabalham	As edificações devem obrigatoriamente respeitar as normas técnicas oficiais relativas ao isolamento e condicionamento acústico
2013	ABNT NBR 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho	Estabelece padrões para eficiência das edificações (desempenho mecânico, térmico, acústico, climático)	O desempenho acústico depende dos fatores construtivos e do projeto de arquitetura

Discussão

O presente estudo analisou a proposta oficial do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE) para construção e revestimento de salas de aula, que contribuem para efeitos negativos na qualidade acústica, como tempo de reverberação, ruído e inteligibilidade de fala e suas consequências para a saúde vocal do professor, baseada na literatura científica consultada e as normativas nacionais vigentes sobre acústica em ambientes fechados. As variáveis consideradas serão discutidas em tópicos específicos.

1) Localização

Para a construção do edifício escolar, o projeto do FNDE considera aspectos como: preservação

ambiental; facilidade de acesso às vias de circulação, assim como afastamento de áreas industriais, de grandes tráfegos e locais que produzam ruído ambiental excessivo. A localização da construção da escola parece ser o único tópico que revela uma preocupação da FNDE sobre ruído externo. A literatura aponta que para boas condições acústicas um projeto arquitetônico deve levar em consideração desde a preparação do terreno, a escolha do local, até onde será construída a escola¹³, definições atendidas no projeto do FNDE.

Na planta arquitetônica para a área externa da escola encontram-se o bicicletário, estacionamento de veículos, pátio aberto, caixa d'água e quadra poliesportiva. Os estudos de Zannin *et al.*¹³ constataram que o nível de ruído ambiental em salas com as janelas voltadas para a quadra poliesportiva

em momento de atividade chega a 74 dB. A proximidade de um dos blocos pedagógicos, sugeridos pelo projeto do FNDE, com a quadra esportiva pode contribuir para o aumento do ruído em sala de aula. Pelas normas brasileiras esse valor de ruído em sala de aula é considerado alto, pois o ideal é que esteja entre 40-50 dB.¹⁴

2) Materiais de construção

O presente estudo descreve os materiais de construção e revestimentos das salas de aula que podem colaborar com a qualidade acústica. Os principais materiais encontrados são considerados simples e comuns nas construções civis.

A Norma Regulamentadora nº 8 (NR8)¹⁵ determina as condições técnicas que devem ser aplicadas na construção do ambiente de trabalho, garantindo condições de segurança e conforto no ambiente das atividades laborais. Dentro dessas condições estão incluídos os isolamentos e tratamentos acústicos que devem ser levados em consideração desde o projeto de execução. Não obstante, pode-se observar que no projeto do FNDE não há definições quanto às medidas para isolamento de ruídos ambientais (Tabela 3).

O bom desempenho acústico depende das características dos materiais utilizados na construção, os quais incluem, por exemplo, a espessura dos blocos cerâmicos: quanto maior a espessura, maior a chance de isolamento acústico¹⁶. Porém, as características dos materiais não são os únicos itens que garantem o isolamento acústico, mas também todo o processo de construção dessas paredes de alvenaria, que inclui a disposição desses blocos na vertical e horizontal e o preenchimento com argamassa¹⁷.

No projeto do FNDE é definido que na construção da escola, inclusive das salas de aula, sejam utilizados materiais de alvenaria com blocos cerâmicos (Tabela 1). O uso da alvenaria é bastante comum nas construções de diversos tipos de edifícios. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma NBR 12179¹⁷, a qual dispõe de critérios para tratamentos acústicos em espaços fechados, aponta que alvenaria de bloco cerâmico de 10 cm de espessura possui capacidade de 45 dB em isolamento acústico. Não há normas brasileiras que padronizem qual tipo de alvenaria seria recomendada para a construção de escolas (Tabela 3).

Estudos mostram que ruídos oriundos do ambiente externo ao da sala de aula como pátio, corredores e quadra de esportes variam de 46,5 dB a 102 dB¹⁸⁻²¹.

3) Paredes, tinta e cerâmica

O projeto define que os revestimentos das paredes internas sejam de cerâmica em todas as salas de aula, à altura de 90 cm, sendo o acabamento superior um friso horizontal (rodameio) de 0,10m de largura em madeira, para proteção contra impactos causados por mesas e cadeiras (Tabela 1).

O revestimento das paredes com esse material é justificado pela facilidade de limpeza e maior durabilidade. A cerâmica é um material bastante reflexivo contribuindo para o aumento do tempo de reverberação, o que prejudica a inteligibilidade da fala para os alunos na sala de aula²³. O tempo de reverberação é um item importante a ser considerado para bons padrões da qualidade acústica dos ambientes, sendo definido como o tempo em que a onda leva para diminuir em 60 dB após o término da onda sonora²². As normas brasileiras não definem quais são os valores aceitáveis para o tempo de reverberação em sala de aula, mas a norma americana ANSIS nº12.60²⁴ define que o tempo de reverberação deve ser de, no máximo 0,6s em salas de aula desocupadas. Caso o tempo de reverberação ultrapasse essa medida, o som é refletido e reverbera por mais tempo que o desejável. Botallico et al.²⁵ ressaltam que uma certa reverberação é necessária para reduzir o esforço vocal do professor. Em experimento laboratorial, realizaram a associação entre esforço vocal e tipo de salas, com melhores resultados nas salas semirreverberantes, em comparação a anecóicas e reverberantes.

4) Piso

O piso indicado também é do tipo cerâmico, portanto, bastante reflexivo,²³ o que aumenta o tempo de reverberação (Tabela 1). O projeto do FNDE preconiza que os materiais utilizados sejam simples e de fácil execução, que possam oferecer facilidade de limpeza, durabilidade e baixo custo. O piso cerâmico atende a esses quesitos. Por outro lado, arrastar móveis escolares (carteiras e cadeiras) gera ainda mais ruído em sala de aula. Uma possível solução seria a colocação de materiais macios e porosos nos pés dos móveis que contribuam para a absorção do som, como carpetes e espuma²⁶,

minimizando os ruídos ocasionados pelo arrastar dos móveis.

5) Teto

O teto tem como material a laje de concreto pré-moldado simples e recebe o acabamento com pintura acrílica sobre massa corrida (Tabela 1). Esse tipo de teto é considerado um bom isolante acústico, com potencialidade de isolamento de 68 dB¹⁷. Porém, o acabamento contribui para uma superfície refletora, diminuindo o desempenho acústico em sala de aula²⁵.

6) Esquadrias (Portas e Janelas)

As esquadrias das janelas são recomendadas no projeto, tendo como material o alumínio e o vidro (Tabela 1). Existe uma carência de informações referentes ao desempenho acústico do alumínio na literatura examinada que possam dar subsídios à discussão. Contudo, o vidro, que compõe maior parte da estrutura da janela, é um material altamente reflexivo²⁶, o que implica na dissipação do ruído em sala de aula, aumento do tempo de reverberação e diminuição de inteligibilidade de fala, consequentemente aumento de esforço vocal. Além disso, de modo geral, a presença de frestas nas esquadrias pode reduzir em 30% o isolamento acústico²⁷, aumentando a presença de ruído no ambiente.

As portas recomendadas pelo projeto são de madeira compensada. Esse tipo de material na espessura de 35 mm contribui para um coeficiente de absorção acústica de até 0,46 dB.¹⁴ A literatura consultada também carece de informações sobre o desempenho acústico de madeira compensada, mas sabe-se que a madeira utilizada para o isolamento acústico dependerá de sua densidade e dimensões. Quanto maior a densidade, maior será a sua absorção²⁸ (Tabela 1).

Em geral, nas escolas brasileiras, as portas permanecem abertas a maior parte do tempo,²³ retirando todo o potencial do isolamento do ruído externo, possibilitando que o ruído ambiental invada a sala de aula.

7) Ruído e esforço vocal

A norma NBR 10152¹⁴ determina que o valor ideal de ruído em sala de aula ocupada deve estar entre 40-50 dB. É possível verificar que as escolas brasileiras apresentam níveis de ruído dentro da sala de aula acima do permitido pelas normas vigentes, variando de 46 dB a 102,2 dB¹⁸⁻²¹. Em

ambientes escolares, para manter inteligibilidade de fala, é necessário que a voz do professor supere em 15 dB o ruído de fundo²⁶. Levando-se em consideração o ruído máximo de 102 dB, encontrado nos estudos brasileiros¹⁸, percebe-se que o professor necessitaria utilizar 117 dB de intensidade vocal, muito acima do que é preconizado como intensidade ideal (65 dB) para manter a uma boa saúde vocal²⁶ (Tabela 2).

Um ambiente ruidoso e com baixa qualidade acústica obriga o professor a fazer sobrecarga da voz, elevando a intensidade vocal para sobrepor o ruído ambiental e se fazer entendido em sala de aula, sendo que a intensidade confortável para emissão da fala é de 65 dB²⁴. Tal comportamento associado ao uso prolongado da voz provoca fadiga vocal que, com o tempo, faz com que o professor apresente queixas como rouquidão, dor na laringe, mudanças na intensidade e alteração da frequência vocal, lesões em prega vocal, duração da fonação reduzida e perda da capacidade normal de conversação^{4,6,7}.

Um bom tratamento acústico em ambientes escolares minimizaria o esforço vocal ao qual o professor é submetido. Como o trabalho docente é uma ocupação de risco para desenvolvimento de alterações vocais, muitos professores são obrigados a se adaptar de maneira não-saudável às condições de trabalho que lhes são oferecidas.

Oferecer condições de trabalho satisfatórias ao conjunto de professores implica em também ofertar, além de equipamentos e aparatos tecnológicos para o aperfeiçoamento das aulas, ambientes de trabalho saudáveis. A preparação acústica das salas de aula, na maioria das vezes, é prejudicial à saúde docente, não considerando aspectos necessários para a boa projeção da voz, bem como redução do esforço vocal. As medidas de proteção coletiva em Saúde do Trabalhador, definidas pela Norma Regulamentadora nº 9²⁹, preveem eliminar ou reduzir a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde, tais como o ruído ambiental (Tabela 3). Essas medidas, no caso das construções escolares, devem ser previstas na elaboração do projeto de construção do prédio escolar, levando em consideração desde a localização da escola, longe de grandes geradores de ruído externo, até os materiais utilizados. O projeto do FNDE não oferece qualidade acústica devido às grandes propriedades reflexivas nos materiais de construção sugeridos que provocam efeitos indesejáveis em sala de

aula, como o aumento do tempo de reverberação e o ruído. Ainda que o tema da acústica em sala de aula seja relevante para a preservação da saúde vocal do professor, tem sido pouco valorizado nos projetos arquitetônicos e com discussão restrita na área da Saúde do Trabalhador.

Limitações do Estudo

A maior limitação encontrada durante a pesquisa foi a carência de literatura especializada nas bases de dados consultadas sobre os tipos de materiais de construção e revestimento que podem influenciar no tratamento e no isolamento acústico em salas de aula. Embora seja comum encontrar estudos sobre alterações vocais em docentes relacionadas ao ruído ambiental, não há uma abordagem específica sobre como manejar as condições acústicas em salas de aula. Além disso, as normas brasileiras vigentes não são específicas para o ambiente escolar e sim para recintos fechados em geral (que incluem as escolas e salas de aula).

Conclusão

A proposta apresentada pelo projeto do FNDE não consegue atender plenamente aos requisitos necessários para se garantir conforto acústico em sala de aula. Problemas relacionados ao ruído externo podem ser amenizados com a construção do edifício escolar em locais longe de fonte de ruído, conforme sinalizado no referido projeto. Contudo, somente um projeto arquitetônico efetivamente voltado para a preocupação com as condições acústicas do ambiente escolar garantirá esse conforto, tanto aos professores quanto aos alunos, contribuindo para a melhoria do ambiente para aprendizado. Como fatores importantes a serem considerados nas construções de edificações escolares, a qualidade e o isolamento acústico ainda não são prioridades.

Na sala de aula, esses quesitos devem ser considerados como fatores necessários e preponderantes para o bom desempenho da atividade do professor, pois a profissão docente é uma das principais ocupações com elevada prevalência de alterações vocais associadas ao ruído em sala de aula e à má qualidade da acústica. As alterações vocais em docentes têm como importante componente o esforço vocal realizado em competição com o ruído e reforçam a ideia de realizar investimentos de caráter coletivo para garantir a transformação do ambiente de trabalho do professor em local saudável.

Sobre as normativas brasileiras, além de desatualizadas, há uma lacuna sobre os padrões da qualidade da acústica de ambientes, especificamente relacionados às salas de aula, diferentemente dos Estados Unidos, que apresentam uma normativa mais avançada, a qual garante definições mais precisas sobre a qualidade acústica, tempo de reverberação e controle de ruído.

Para a avaliação da acústica desses sistemas construtivos é necessário o aprofundamento desse estudo *in loco*, avaliando as escolas que aderiram à implantação do projeto do FNDE, a fim de se compreender a influência dos materiais para a construção estabelecida no memorial sobre o conforto acústico e suas medidas objetivas, bem como o seu impacto para a saúde vocal do professor.

Referências bibliográficas

1. Araújo TM, Carvalho FM. Condições de trabalho docente e saúde na Bahia: estudos epidemiológicos. *Rev. Educ. Soc.* 2009; 30(107): 427-49.
2. Jardim R, Barreto SM, Assunção AA. Condições de trabalho qualidade de vida e disfonia entre docentes. *Cad. Saúde Pública.* 2007; 23(10): 2439-61.
3. Acoustic Design and equipment for pupils with special hearing requirements. In: *Acoustic Design of Schools: a design guide.* London: Department of Education and Skills. Building Bulletin 93. 2003. [acesso em 23 mar 2016]. Disponível em http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130401151715/https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/BB93-Acoustic_Design.pdf
4. Rantala LM, Hakala S, Holmqvist S, Sala E. Classroom Noise and Teachers' Voice Production. *JSLHR.* 2015; 58 (5): 1397-1406.
5. Cutiva LCC, Voguel I, Burdof A. Voice disorders in teachers and their associations with work-related factors: A systematic review. *J Commun Disord.* 2013; 46(2): 143-55.
6. Brasil. Distúrbio de Voz Relacionado ao Trabalho. Saúde do Trabalhador. Protocolo de Complexidade Diferenciada, Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Ministério da Saúde. 2011. [acesso em 23 mar 2016]. Disponível em: http://aborlccf.org.br/imagebank/protocolo_dvrt.pdf
7. Valente AMSL, Coelho C, Silva AMC. Distúrbio de voz e fatores associados em professores da rede pública. *Rev. Bras. Saúde Ocup.* 2015; 40 (132): 183-95.
8. Gonçalves VSB, Silva, LB, Coutinho AS. Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade de fala dos professores. *Rev. Prod.* 2009; 19 (3): 466-76
9. Rabelo ATV, Santos JN, Oliveira RC, Magalhães MC. Efeito das características acústicas de salas de aula na inteligibilidade de fala dos estudantes. *Rev. Codas.* 2014; 26 (5): 360-6.
10. Sánchez YG, Díaz, YF. Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes en centros escolares. *Rev Cuba de Higi y Epidemiología.* 2014; 52 (3): 402-10.

11. Zenari MS, Bitar ML, Nemr NK. Efeito do ruído na voz de educadoras de instituições de educação infantil. *Rev Saúde Pública*. 2012; 46(4): 657-64.
12. Brasil. Memorial Descritivo e Especificações Técnicas - Projeto Espaço Educativo Urbano 12 salas de aula . Brasília: Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação -Ministério da Educação 2015. [acesso em 08 nov 2016]. Disponível em: <http://www.fn.de.gov.br/arquivos/category/45-projetos-arquitetonicos?download=9021:12-salas-memorial-descritivo-do-projeto>.
13. Zannin PHT, Zwirtes DPZ, Passero CRM. Assessment of Acoustic Quality in Classrooms Based on Measurements, Perception and Noise Control. *J Front Psychol*. 2012; 6 (746): 201-32.
14. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10152:1987, versão corrigida: 1992. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro; 1992. [acesso em 12 dez 2015]. Disponível em: http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/NBR_10152-1987-Conforto-Ac_stico.pdf
15. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Guia trabalhista: NR8 – Norma Regulamentadora: Edificações. Brasília; 2001. [acesso em 12 dez 2015]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr8.htm>
16. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12179. Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro; 1988. [acesso em 12 dez 2015]. Disponível em: <https://querosossego.files.wordpress.com/2008/08/abnt-nbr-12179.pdf>
17. Neto MFF, Bertoli SR. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. *Rev. Ambient. Constr*. 2010; 10 (4):169-80.
18. Filho NA, Filletti F, Guillacimon HR, Serafin F. Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares. *Rev. Arq. Int. Otorrinolaringol*. 2012;16(1): 91-5.
19. Rabelo ATV, Guimarães ACF, Oliveira RC, Fragoso LB, Santos JN. Avaliação e percepção docente sobre os efeitos do nível de pressão sonora na sala de aula. *Rev Distúrbios Comun*. 2015; 27 (4): 715-24.
20. Fidêncio VLD, Moret ALM, Jacob RTS. Mensuração do ruído em salas de aula: revisão sistemática. *Rev. CoDAS*. 2014; 26(2): 155-8.
21. Guidini RF, Bertocello F, Zanchetta S, Dragone MLS. Correlações entre ruído ambiental em sala de aula e voz do professor. *Rev Soc Bras Fonoaudiologia*. 2012; 17 (4): 398-404.
22. Nunes T, Oiticica ML. Avaliação da qualidade acústica em edifícios escolares da cidade de Maceió-AL: Anais do XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: 2014; Maceió: ANTAC; 2014. 203-12.
23. Dreossi RCF, Santos TM. O ruído e a sua interferência sobre os estudantes em sala de aula: revisão de literatura. *Pró-Fono Rev. de Atual. Científica*. 2005; 17(2):251- 8.
24. ANSI S12.60-2010 - American National Standard: Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools. Part 1: Permanent Schools Acoustical Society of America. Melville, NY: Acoustical Society of America; 2010. [acesso em 15 dez 2015]. Disponível em https://successforkidswithhearingloss.com/wp-content/uploads/2012/01/ANSI-ASA_S12.60-2010_PART_1_with_2011_sponsor_page.pdf
25. Bottalico P, Graetzer S, Hunter EJ. Effects of speech style, room acoustics, and vocal fatigue on vocal effort. *J. Acoust. Soc. Am*. 2016; 139 (5): 287.
26. Fernandes JC. Padronização das condições acústicas para salas de aula. Anais do XIII Simpósio de Engenharia e Produção; 2006 Nov 6-8; Bauru; 2006. 1-8.
27. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575. Brasília; 2013. [acesso em 19 ago 2016]. Disponível em: http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf
28. Neto ACL, Silva JRM, Lima JT, Rabelo GF. Efeito das diferentes madeiras no isolamento acústico. *Rev.Floresta*. 2008; 38(4): 673-82.
29. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 9 - Riscos Ambientais. Portaria MTE nº 1.471, de 24 de setembro de 2014. DOU Brasília, 25 de set de 2014. [acesso em 12 dez 2015]. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr9.htm>