

## **CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E NÍVEIS DE DESEMPENHO ACÚSTICO: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO PADRÃO DE ESCOLA**

RUBENS GUERRA<sup>1</sup>, RICARDO ROCHA DE OLIVEIRA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Cascavel-PR, rubens\_\_guerra@hotmail.com;

<sup>2</sup>Dr. Prof. Adjunto, Unioeste, Cascavel-PR, ricardo.oliveira@unioeste.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar o impacto de custos de mudanças em especificações de materiais de um Projeto Padrão de escola, de modo a atingir diferentes níveis de desempenho acústico, denominados de Básico, Superior e Excelente. Inicialmente foi selecionado um projeto da Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), proposto como referência a ser adotado nas edificações escolares do Brasil. A partir deste, foram desenvolvidas duas opções de projeto para cada nível de desempenho, com mudanças de especificações de materiais para as salas de aula. Desse modo, foi realizado um estudo de custos, através do preenchimento da planilha orçamentária do Projeto Padrão fornecida pelo FNDE, comparando-a com os custos das soluções adotadas. Foram utilizadas composições do SINAPI e da TCPO, além de cotações de materiais e serviços no mercado. Os resultados demonstram que o aumento líquido decorrente dos incrementos das especificações nos projetos variou de 2,78% a 5,88%, em relação ao custo total do Projeto Padrão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto padrão de escola, desempenho acústico, custos de construção.

### **CONSTRUCTION COSTS AND ACOUSTIC PERFORMANCE LEVELS: CASE STUDY OF A STANDARD SCHOOL PROJECT**

**ABSTRACT:** This work aimed to measure the impact of change costs on material specifications of a Standard School Project, in order to reach different levels of acoustic performance, named Basic, Superior and Excellent. First, it was selected a Brazilian National Foundation for the Development of Education (FNDE) project, which is proposed as reference to be used in Brazilian school buildings. After that, two options were developed for each level of performance, with different specifications of materials for the classrooms. Therefore, it conducted a cost study, by filling out the budget worksheet provided by standard project, comparing it to the cost of the solutions adopted. The cost price was analyzed, using databases traditional Brazilian building cost codes (SINAPI and TCPO), as well as prices of materials and services in the market. The results show that the net increase resulting from changes made specifications of project varied between 2,78% and 5,88% of the total standard project cost.

**KEYWORDS:** Standard school project, acoustic performance, construction costs.

### **INTRODUÇÃO**

A edificação escolar, além de abrigar fisicamente seus usuários, constitui condição básica para o desenvolvimento das atividades educacionais no seu interior e, portanto, suporte e material de ensino e aprendizagem (Ritter, 2014). Desta forma, a promoção de uma educação de qualidade depende, dentre outros fatores, da garantia de um ambiente que forneça condições físicas, como os elementos de infraestrutura, de modo a favorecer as interações humanas e estimular e viabilizar o aprendizado sem interferências negativas (Soares Neto et al., 2013). Além disso, as condições acústicas interferem significativamente no aprendizado e desempenho acadêmico, bem como no comportamento social e na compreensão dos usuários, sejam eles alunos ou professores (Hagen, Huber e Kahlert, 2002).

Este fato está atrelado com o conceito de desempenho, que pode ser entendido como o comportamento das edificações durante o seu uso. O desafio encontrado pelos profissionais de

engenharia é que este comportamento atenda às expectativas dos usuários das edificações ao longo de uma determinada vida útil, preservando a durabilidade e, sobretudo, dentro da realidade técnica e socioeconômica de cada empreendimento (Borges, 2008).

Freire (1996) salienta ainda que a prevenção e o controle do ruído em edificações escolares começa desde a concepção dos espaços escolares, definição do uso e ocupação do solo, até chegar aos materiais de construção adequados a cada ambiente. Desta forma, um projeto acústico adequado para estes ambientes devem prever tanto o isolamento quanto a absorção acústica. Ou seja, além de diminuir os níveis de pressão sonora causados pelos ruídos externos, é importante melhorar o nível de inteligibilidade da fala, de modo a facilitar as relações comunicativas entre as pessoas, sem comprometimento do entendimento final pelo ouvinte (Ritter, 2014).

A partir deste contexto e da atuação normalização e preocupação com desempenho das edificações (Librelotto, 2010), o presente trabalho tem como proposta analisar o impacto causado por diferentes opções de tratamento acústico nos custos de construção de escolas padronizadas, atendendo-se, desta forma, a demanda encontrada na bibliografia consultada por estudos de viabilidade técnica-econômica nesta área.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A FNDE financia a construção de cinco modelos distintos de escolas, projetados de acordo com a finalidade e a região a serem construídas. As diferentes construções variam de acordo com o tamanho, a demanda por turno, o lazer oferecido aos alunos e com o custo final do projeto. Dentre os modelos ofertados pelo órgão, foi estudado o projeto denominado “Espaço Educativo Urbano 12 Salas de Aula”, que tem capacidade de atendimento de até 780 alunos, em dois turnos (matutino e vespertino), e 390 alunos em período integral (FNDE, 2012). A proposta básica refere-se a uma edificação simples e racionalizada, atendendo aos critérios básicos para o funcionamento das atividades de ensino e aprendizagem. Portanto, trata-se de uma escola de grande porte, geralmente inserida em locais de alta incidência de ruídos, justificando-se, desta forma, uma análise acústica e de custos (Figura 1).

Figura 1. Vista externa do projeto estudado.



Como não há, até o momento, norma regulamentadora que aborde suficientemente a questão de desempenho acústico em escolas no Brasil, o estudo acústico deste trabalho foi desenvolvido a partir do referencial técnico AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Esta certificação abrange tanto edifícios do setor de serviços, quanto escolares, através de uma adaptação do sistema de certificação francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*) (Librelotto, 2010).

Segundo a Fundação Vanzolini (2007), no AQUA a qualidade ambiental do edifício é estruturada em 14 categorias (conjuntos de preocupações) que são divididas em quatro famílias: eco construção, eco gestão, conforto e saúde. Cada categoria é ainda dividida em subcategorias, somando 37 no total. Além disso, o desempenho associado a cada uma destas categorias se expressa segundo três níveis:

- Básico: nível correspondendo ao desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de alta qualidade ambiental. Pode corresponder à regulamentação se esta for suficientemente exigente quanto aos desempenhos de um empreendimento, ou, na ausência desta, à prática corrente.

- Superior: nível correspondendo ao das boas práticas.

- Excelente: nível calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimentos de alta qualidade ambiental, mas somente caso eles possam ser atingíveis.

A partir destas definições, o objeto de estudo deste trabalho, o projeto padrão de uma escola foi avaliado, conforme suas especificações. Como se trata de um estudo de viabilidade, não se estudou nenhuma localização específica de implantação, e, portanto, nenhum projeto particularizado para uma cidade ou região, uma vez que se subentende a influência das condições naturais do terreno, da geografia, da geologia e da infraestrutura urbana na implantação da escola. Foram analisadas somente as salas de aula, uma vez que estas compreendem a maior parte das atividades do cotidiano de uma edificação escolar.

Desta forma, foram delimitados os critérios acústicos do referencial AQUA que se enquadraram de ao estudo, os quais avaliados de forma conjunta se inter-relacionam de modo a se obter os níveis de desempenho acústico da edificação (Figura 2). Além disso, as grandezas quantitativas e qualitativas dos parâmetros acústicos utilizados neste trabalho foram definidas pelos fabricantes dos materiais, estudos técnicos e pesquisas disponíveis na bibliografia consultada em meio eletrônico.

Figura 2. Quadro de exigências por níveis de desempenho.

Critério Acústico		Nível Básico	Nível Superior	Nível Excelente
Critério 1: Isolamento aos ruídos externos		35,0 dB ou superior	35,0 dB ou superior	35,0 dB ou superior
Critério 2: Tempo de reverberação		0,6 s a 1,0 s	0,6 s a 1,0 s	0,4 s a 0,59 s
Critério 3: Isolamento aos ruídos internos	Entre ambientes (AA)	43,0 dB em 100% dos ambientes	46,0 dB em 75% dos ambientes	46,0 dB em 90% dos ambientes
	Entre ambiente e corredor (AC)	30,0 dB em 100% dos ambientes	33,0 dB em 75% dos ambientes	33,0 dB em 90% dos ambientes

A partir do memorial descritivo e do caderno de especificações do projeto padrão, realizaram-se, por tentativa, alterações nos materiais e elementos construtivos do ambiente, de modo a se obter os diferentes níveis de desempenho acústico. No entanto, devido à quantidade elevada de materiais disponíveis no mercado, o que dificultaria uma análise sistêmica nesta pesquisa, optou-se por limitar à apresentação de duas alternativas diferentes para cada classificação acústica.

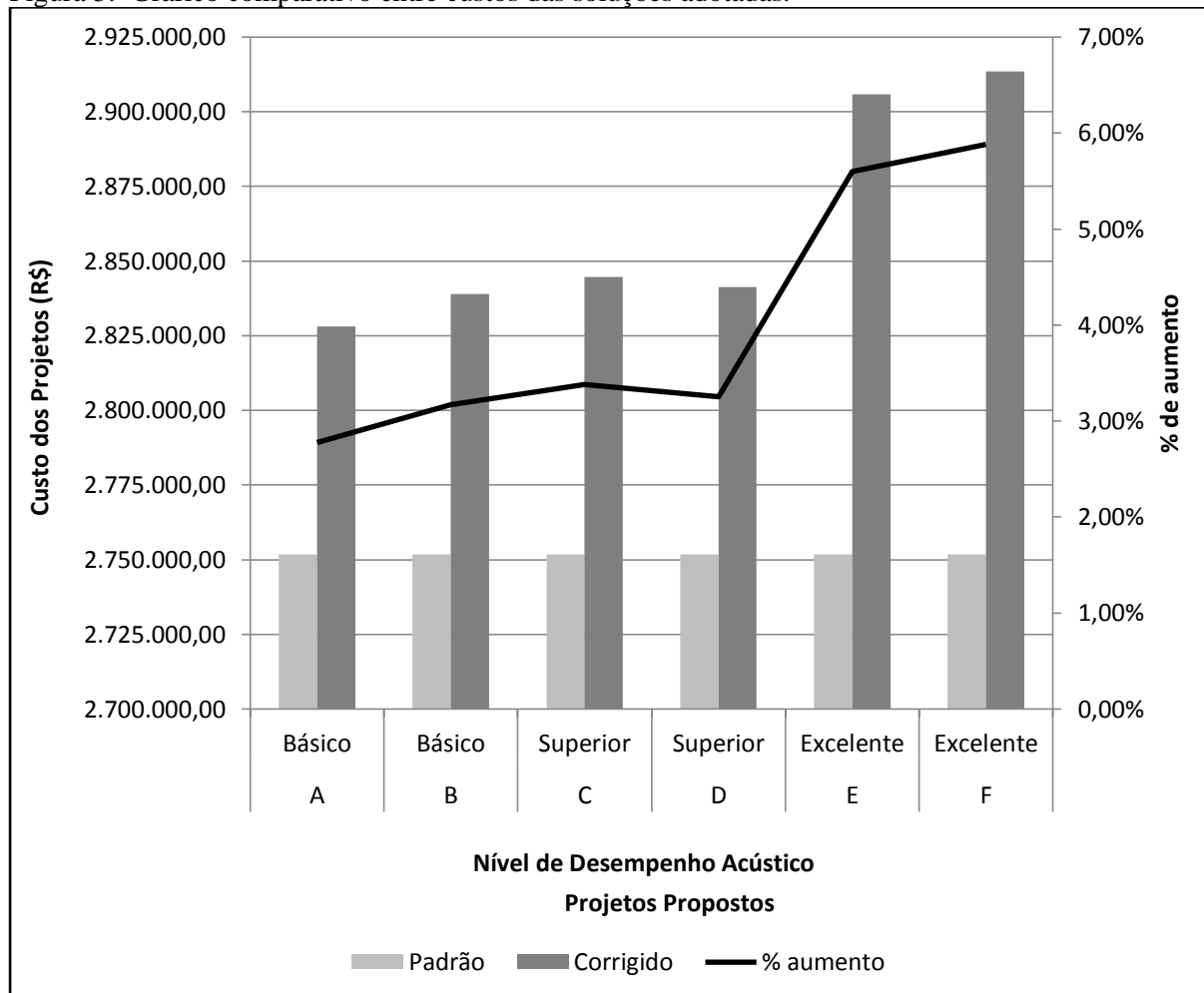
Desta forma, a concepção de alteração do projeto baseou-se em três premissas. Primeiro não alterar nenhuma disposição geométrica que impacte na redução da capacidade de estudantes na sala de aula. Segundo, não modificar as áreas de esquadrias (portas e janelas), uma vez que estas foram concebidas de modo a se atender os limites de luminosidade e ventilação do ambiente para qualquer região do país. Terceiro alterar somente especificações de paredes, pisos e tetos do projeto.

Com a definição dos projetos, foi feito o levantamento de quantitativo de materiais, mão de obra e equipamentos necessários à execução de cada alternativa proposta, sejam pela retirada total ou parcial de determinado item, ou pelo incremento de outros que não estavam constantes na planilha orçamentária do projeto padrão do FNDE. Após isto foi feita a análise de custos destas modificações, a partir das composições do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) da Caixa Econômica Federal e da base de dados da TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos) da Editora PINI. Quando estas não foram suficientes recorreu-se aos dados dos fabricantes e bibliografias, para que fossem elaboradas as composições dos respectivos itens.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se analisar comparativamente todos os projetos propostos, apresenta-se o gráfico comparativo de custos encontrados (Figura 3), sendo as barras os custos em (R\$) e a linha as porcentagens de aumento destes custos (%).

Figura 3. Gráfico comparativo entre custos das soluções adotadas.



Visualmente, percebe-se que o Projeto A foi o de menor custo e o Projeto F foi o de maior custo, os quais coincidentemente representam os extremos da análise acústica: Nível de Desempenho Acústico Básico e Excelente, respectivamente. Ou seja, a mesma medida que se aumentam os níveis de desempenho acústico, maiores serão os custos necessários para se atingirem os mesmos, uma vez que as exigências dos parâmetros acústicos acompanham esta mesma lógica. Porém verificou-se que este aumento de custos não apresentou um comportamento linear, com maior intensidade de acréscimos em entre os níveis superior e excelente, enquanto que a diferença entre os níveis básico e superior é bastante inferior.

Dentre os Projetos A e B, que representam o Nível de Desempenho Básico, o primeiro se constituiu como a opção mais viável do ponto de vista econômico, apresentando um aumento líquido de R\$ 76.442,18 ou cerca de 2,78%, para um custo total da obra corrigido de R\$ 2.828.927,34. Analisados os Projetos C e D, os quais possuem o Nível de Desempenho Superior, o segundo apresentou resultados mais econômicos, com um aumento líquido de R\$ 89.473,96, o que indica 3,25% a mais no orçamento final, ou seja, foi corrigido para R\$ 2.841.208,26. Já para as opções descritas para o Nível Excelente, Projetos E e F, o primeiro constitui a alternativa mais viável economicamente, já que apresentou um aumento líquido de R\$ 154.032,65 ou cerca de 5,60%, para um custo total da obra corrigido de R\$ 2.905.766,95.

## CONCLUSÕES

Observou-se que entre as alterações de especificações a alvenaria com espessura de 19 cm satisfaz uma grande parte dos critérios de desempenho, sobretudo do Critério 1: Isolamento aos ruídos externos. Isto demonstra a importância da utilização de paredes externas robustas, dentre outras vantagens, para um ambiente com maior qualidade acústica. Já as esquadrias que utilizam materiais frágeis (portas laminadas e vidros finos) prejudicam o isolamento acústico de todo o ambiente, tanto pela transmissão marginal causada pelos elementos de fixação, quanto pelos baixos índices de redução sonora destes elementos. No que diz respeito aos custos das soluções de tratamento acústico definidas neste trabalho, concluiu-se que estas tiveram o comportamento esperado, ou seja, elevando-se o Nível de Desempenho Acústico para o projeto, aumentam-se os gastos para se atingirem os mesmos. Por outro lado, verificou-se que há uma pequena diferença de custos para que sejam atendidos os Níveis Básico e Superior, elevando-se em torno de 3,50% o custo da obra em relação à tipologia padrão. Já para o Nível de Desempenho Excelente este custo aumenta para 5,60 %.

Além disso, verificou-se que não existem normas descritivas e nem prescritivas que tratem exclusivamente da qualidade acústica das instituições de ensino no país. As poucas que existem não são específicas, englobando diferentes tipologias de edificações, como indústrias, comércios, edifícios de escritório e residências, como é o caso da Norma de Desempenho, ABNT NBR 15.575 (2013). De mesmo modo, a legislação atual não trata com o devido rigor as diretrizes e obrigações aplicáveis às empresas e profissionais da área de engenharia e arquitetura, no que se refere à correta aplicabilidade do conceito de desempenho acústico nas edificações escolares. Assim, projetos padronizados como o estudado por este trabalho, que são executados em grande escala por todo o território nacional, não consideram as particularidades próprias de cada local, disseminando, dessa forma, ambientes que podem vir a prejudicar o aprendizado dentro da sala de aula.

Conclui-se, portanto que, a aplicação da qualidade do ambiente construído em termos de desempenho acústico, não demanda uma grande quantidade de recursos técnicos e financeiros, tratando-se, portanto, de uma questão aplicável há estudos de viabilidade de projetos padronizados de escolas. Sendo assim, o tema abordado tem sua importância pela promoção de ambientes de ensino dignos, capazes de contribuir e incentivar uma educação de qualidade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- Borges, C. A. M. O conceito de desempenho em edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. PAR – Apresentação. 2012. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br>. Acesso em: 20 de abril de 2017.
- Freire, M. R. Iluminação natural em salas de aula: o caso das escolas FAEC em Salvador/BA. 1996. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura, PROPAR, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- Fundação Vanzolini. Referencial técnico de certificação: edifícios do setor de serviços – Processo AQUA. 2007. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/>. Acesso em: 17 de abril de 2017.
- Hagen, M.; Huber, L.; Kahlert, J. *Acoustic school design. In: Forum Acusticum Sevilla 2002: Technical Programme*. Sevilla, 2002.
- Librelotto, G. R. Comparação entre os critérios de avaliação envolvidos nos sistemas de certificação de edificações AQUA e *Leed for Schools*. 2010. 91 f. TCC (Graduação) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- Ritter, V. M. Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno: O Caso do Câmpus Pelotas Visconde da Graça. 2014. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- Soares Neto, J.J.; Jesus, G. R. de; Karino, C. A.; Andrade, C. F. de. Uma escala para medir a infraestrutura escolar. *Est. Aval. Educ.*, São Paulo, v. 4, n. 54, p.78-99, jan. 2013.