

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Eduardo Goettert Burgos

**RUÍDO EXTERNO ÀS SALAS DE AULA E SUA RELAÇÃO COM O
DESEMPENHO COGNITIVO, RENDIMENTO ESCOLAR E
INDICADORES DE SAÚDE DE ADOLESCENTES: ESTUDO DE CASO**

Santa Maria, RS

2016

Eduardo Goettert Burgos

**RUÍDO EXTERNO ÀS SALAS DE AULA E SUA RELAÇÃO COM O
DESEMPENHO COGNITIVO, RENDIMENTO ESCOLAR E INDICADORES DE
SAÚDE DE ADOLESCENTES: ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dinara Xavier da Paixão

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Burgos, Eduardo Goetttert
RUI DO EXTERNO ÀS SALAS DE AULA E SUA RELAÇÃO COM O
DESEMPENHO COGNITIVO, RENDIMENTO ESCOLAR E INDICADORES
DE SAÚDE DE ADOLESCENTES: ESTUDO DE CASO / Eduardo
Goetttert Burgos.- 2016.
98 p. ; 30 cm

Orientadora: Dinara Xavier da Paixão
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2016

1. Ruído 2. Salas de aula 3. Avaliação acústica 4.
Escolares I. da Paixão, Dinara Xavier II. Título.

©Todos direitos autorais reservados a Eduardo Goetttert Burgos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

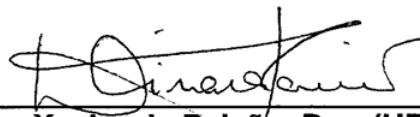
Endereço: Rua Gaspar Silveira Martins, 1918, bairro Higienópolis, Santa Cruz do Sul, RS. CEP 96825-002; Fone: (51) 99995-3594; e-mail: duduburgos@yahoo.com.br

Eduardo Goettert Burgos

**RUÍDO EXTERNO ÀS SALAS DE AULA E SUA RELAÇÃO COM O
DESEMPENHO COGNITIVO, RENDIMENTO ESCOLAR E INDICADORES DE
SAÚDE DE ADOLESCENTES: ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

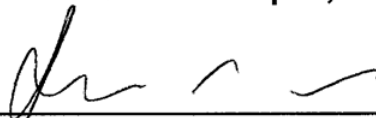
Aprovado em 24 de agosto de 2016:



Dinara Xavier da Paixão, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Fabrício Scapini, Dr. (UFSM)



Aloísio Leoni Schmid, Dr. (UFPR)

Santa Maria, RS
2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram com a realização deste trabalho, em especial:

À minha orientadora Dra. Dinara Xavier da Paixão, pela confiança e oportunidade. Agradeço as orientações, críticas e pela dedicação nos momentos necessários.

Ao Professor Leonardo Pilau Arzeno, pelo auxílio na coleta de dados da avaliação acústica. Agradeço a paciência, disponibilidade, os ensinamentos e a amizade.

Ao Moisés Canabarro, pela disponibilidade e auxílio na coleta de dados da avaliação acústica.

Aos mestrandos e mestres do Programa de Pós-graduação em Promoção da Saúde da UNISC, em especial ao Carlos Ferreira Hoehr, Luiza Naujorks Reis, Priscila Tatiana da Silva e Tauana Arcadepani, que me auxiliaram na coleta de dados dos indicadores de saúde. Ao Lucas Lüdtkke, Psicólogo responsável pela avaliação dos testes cognitivos. Aos demais bolsistas de iniciação científica envolvidos na pesquisa “Saúde dos Escolares”.

À professora Dra. Jane Dagmar Pollo Renner, responsável pelas análises em laboratório do cortisol. Agradeço a disponibilidade e o carinho.

Às escolas participantes do estudo, pela receptividade e por cederem o espaço para a coleta de dados. Aos escolares, que aceitaram fazer parte do estudo.

À Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, em especial o Programa de Pós-graduação em Promoção da Saúde, pela parceria e por ceder espaço para as análises em laboratório e análises estatísticas.

Aos meus pais, Dra. Miria Suzana Burgos e Ms. Leandro Tibirçá Burgos, exemplos de pesquisadores e professores. Agradeço todo o apoio, os ensinamentos e o carinho. Obrigado por cada palavra de incentivo.

À minha namorada, Doutoranda Cézane Priscila Reuter, fundamental em todo o processo, em especial nas análises estatísticas. Agradeço o companheirismo, dedicação, carinho, os ensinamentos e o apoio em todos os momentos.

RESUMO

RUÍDO EXTERNO ÀS SALAS DE AULA E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO COGNITIVO, RENDIMENTO ESCOLAR E INDICADORES DE SAÚDE DE ADOLESCENTES: ESTUDO DE CASO

AUTOR: Eduardo Goettert Burgos
ORIENTADORA: Dinara Xavier Da Paixão

A escola deve propiciar um ambiente adequado para que o aluno possa desempenhar suas atividades. Estudos têm demonstrado que as salas de aula não apresentam condições acústicas satisfatórias, embora o ruído, produzido dentro e fora delas, possa prejudicar o desempenho cognitivo e, com isso, o processo de ensino-aprendizagem. Há referências de que o ruído em salas de aula pode afetar a saúde do escolar, aumentando os níveis de pressão arterial, frequência cardíaca e de alguns hormônios, como o cortisol, que está relacionado ao estresse. No Brasil, estudos dessa natureza são incipientes, apesar de já ter sido demonstrado que as escolas públicas, de diferentes regiões do país, não apresentam adequação acústica. O presente estudo avalia a relação entre o ruído externo às salas de aula com o rendimento escolar, desempenho cognitivo e indicadores de saúde de adolescentes. Trata-se de um estudo observacional comparativo, realizado em duas escolas estaduais da educação básica, situadas na zona urbana da cidade de Santa Cruz do Sul, no Rio Grande do Sul. A escola denominada A localiza-se em um bairro tipicamente residencial, sem tráfego urbano intenso no seu entorno. A escola B está localizada em frente a uma unidade militar, que atua com viaturas blindadas, numa rua com intenso tráfego de veículos. Os resultados mostram que o ruído médio externo às salas (LA_{eq} 67 dB) na escola B é superior, quando comparado à escola A, que chegou a níveis aceitáveis (LA_{eq} 46 dB), considerando valores citados na normalização brasileira. Ambas as escolas não apresentam adequação acústica satisfatória dentro das salas de aula, tendo elevado Tempo de Reverberação e alcançando classificação “razoável”, em todas as salas, para o Índice de Transmissão da Fala e a Perda de Articulação das Consoantes. A percepção dos escolares, referente às condições acústicas, são mais negativas na escola B, mais ruidosa, na qual os resultados são mais insatisfatórios, também, na avaliação do desempenho cognitivo e do rendimento escolar. Entre os indicadores de saúde, os níveis de cortisol, que naturalmente devem diminuir durante a manhã, demonstram que os escolares da escola A diminuem aproximadamente o dobro, ao longo da manhã, se comparados com os escolares da escola B, sugerindo que fatores externos estressantes podem estar influenciando os alunos dessa última escola. A análise por gênero mostra resultados mais conclusivos quando se refere aos meninos. Além disso, escolares com melhor conceito de aprendizagem apresentam maior diminuição dos níveis de cortisol. Conclui-se que os estudantes da escola com maior ruído externo às salas de aula apresentam resultados mais insatisfatórios para a avaliação do desempenho cognitivo, rendimento escolar e níveis de cortisol, em comparação aos escolares que estudam na escola com menor ruído externo às salas de aula. Destaca-se, por isso, a importância da remodelação dos espaços escolares existentes e a elaboração de estratégias construtivas adequadas, no planejamento de novas edificações. Ressalta-se a importância do espaço urbano na localização das escolas. Salienta-se que o estudo é de caráter transversal, estabelecendo relação entre as variáveis analisadas. Enfatiza-se a necessidade do aprofundamento do tema, a partir de estudos longitudinais, que avaliem o ruído externo às salas por um período de tempo maior, detectando, também, a relação de causa/efeito entre os níveis sonoros externos às salas de aula e o desempenho cognitivo, o rendimento escolar e os indicadores de saúde de escolares.

ABSTRACT

CLASSROOMS EXTERNAL NOISE AND ITS RELATIONSHIP WITH COGNITIVE PERFORMANCE, SCHOOL PERFORMANCE AND HEALTH INDICATORS IN ADOLESCENTS: A CASE STUDY

AUTHOR: Eduardo Goettert Burgos

ADVISOR: Dinara Xavier Da Paixão

The school must provide a suitable environment so that students can perform their activities. Studies have shown that classrooms do not have satisfactory acoustic conditions, although noise, produced inside and outside classrooms, may impair cognitive performance and, therefore, the teaching-learning process. There are references that classroom noise can affect school health by raising blood pressure, heart rate, and some hormones, such as cortisol, related to stress. In Brazil, studies of this nature are incipient, even though it has already been shown that public schools in different regions of the country do not present adequate acoustic environment. The present study evaluates the relationship between noise outside classrooms with school performance, cognitive performance, and adolescents health indicators. This is a comparative observational study carried out in two state schools of basic education, located in the urban zone of the city of Santa Cruz do Sul, in Rio Grande do Sul. The school denominated A is located in a typical residential neighborhood, without urban traffic in its surroundings. School B is located in front of a military unit, which acts with armored vehicles, in a street with intense traffic of vehicles. The results show that the average noise outside the classrooms (LAeq 67 dB) in school B is higher when compared to school A, which reached acceptable levels (LAeq 46 dB), considering values cited in the Brazilian normalization. Both schools do not present satisfactory acoustic environment inside the classrooms, having a high Reverberation Time and achieving a "reasonable" classification in all rooms when related to the Speech Transmission Index and the Loss of Articulation of the Consonants. The students' perception regarding to acoustic conditions is more negative in school B, it is noisier, and also, the results on the evaluation of cognitive and school performance are more unsatisfactory. Among health indicators, cortisol levels, which should naturally decrease in the morning, show that students in school A decrease approximately twice as much in the morning compared to students in school B, suggesting that external stressors may be influencing students at this last school. Gender analysis shows more conclusive results when referring to boys. In addition, students with a better learning concept have a greater decrease in cortisol levels. It is concluded that the students of the school with greater noise outside the classrooms present more unsatisfactory results for the evaluation of the cognitive performance, school performance and cortisol levels, in comparison to the students who study in the school with less noise outside the classrooms. Therefore, it is highlighted the importance of remodeling the existing school spaces and the elaboration of adequate constructive strategies-when planning new buildings. It is important to emphasize the importance of urban space in the location of schools. Also, that this is a cross-sectional study, establishing a relationship between the variables analyzed. Finally, it is emphasized the need to deepen the theme, based on longitudinal studies, which evaluate the noise outside the classrooms for a longer period of time, also detecting the relationship of cause/effect between the noise levels outside the classrooms and cognitive performance, school performance, and students' health indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes tipos de frente de onda sonora se propagando em campo livre.....	16
Figura 2 - Formas de transmissão das ondas sonoras.....	19
Figura 3 - Processamento do som nos seres humanos.....	20
Figura 4 - Estrutura principal da orelha.....	21
Figura 5 - Efeito das vibrações sobre o corpo humano.....	22
Figura 6 - Resposta do corpo humano às vibrações.....	23
Figura 7 - Modelo integrativo – nível psicológico.....	24
Figura 8 - Modelo integrativo – nível fisiológico.....	25
Figura 9 - Fontes de ruído no espaço escolar.....	29
Figura 10 - Localização das escolas A e B.....	38
Figura 11 - Escola A e B, respectivamente.....	39
Figura 12 - Imagens da escola A.....	39
Figura 13 - Imagens da escola B.....	40
Figura 14 - Especificação dos momentos da coleta de dados.....	43
Figura 15 - Pontos de medição acústica externa da escola A – 1º momento.....	45
Figura 16 - Pontos de medição acústica externa da escola A – 2º momento.....	45
Figura 17 - Pontos de medição acústica externa da escola B – 1º momento.....	46
Figura 18 - Pontos de medição acústica externa da escola B – 2º momento.....	47
Figura 19 - Equipamentos utilizados na avaliação acústica de salas de aula.....	48
Figura 20 - Planta baixa da escola A – Sala 1 e 2 possuem mesmas dimensões e características.....	49
Figura 21 - Planta baixa da escola B – Sala 1.....	50
Figura 22 - Planta baixa da escola B – Sala 2.....	50
Figura 23 - Esquema da avaliação acústica para TR, STI e AL_{cons}	51
Figura 24 - Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola A – momento 1.....	57
Figura 25 - Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola A – momento 1.....	58
Figura 26 - Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola B – momento 1.....	59
Figura 27 - Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola B – momento 1.....	60
Figura 28 - Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola A – momento 2.....	61
Figura 29 - Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola A – momento 2.....	62
Figura 30 - Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola B – momento 2.....	63
Figura 31 - Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola B – momento 2.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da inteligibilidade através da avaliação da perda de articulação das consoantes.....	18
Tabela 2 - Principais parâmetros de avaliação acústica em salas de aula.....	18
Tabela 3 - Características sociodemográficas dos escolares.....	56
Tabela 4 - Condições acústicas das salas avaliadas.....	67
Tabela 5 - Percepção do aluno, referente às condições da sala de aula.....	68
Tabela 6 - Classificação dos testes de desempenho cognitivo por escola.....	70
Tabela 7 - Comparação dos valores obtidos nos testes cognitivos por escola.....	71
Tabela 8 - Conceitos do rendimento escolar por escola, no primeiro trimestre de 2015.....	71
Tabela 9 - Conceitos do rendimento escolar por escola, no primeiro trimestre de 2015.....	72
Tabela 10 - Comparação dos indicadores de saúde por escola.....	73
Tabela 11 - Comparação dos níveis de cortisol de acordo com o rendimento escolar do primeiro trimestre.....	76
Tabela 12 - Comparação dos níveis de cortisol de acordo com o rendimento escolar do segundo trimestre.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL _{cons}	<i>Articulation loss of consonants</i> - perda de articulação das consoantes
dB	Decibel
FC	Frequência cardíaca
NPS	Nível de pressão sonora
PAS	Pressão arterial sistólica
PAD	Pressão arterial diastólica
STI	<i>Speech transmission index</i> – índice de transmissão da fala
TR	Tempo de reverberação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	CONCEITOS BÁSICOS EM ACÚSTICA.....	14
2.2	RUÍDO AMBIENTAL EXTERNO.....	19
2.3	ACÚSTICA E SAÚDE.....	20
2.4	ADEQUAÇÃO ACÚSTICA.....	26
2.5	ADEQUAÇÃO ACÚSTICA EM SALAS DE AULA.....	27
2.6	INFLUÊNCIA DO RUÍDO NO RENDIMENTO ESCOLAR E DESEMPENHO COGNITIVO.....	32
2.7	INFLUÊNCIA DO RUÍDO NOS INDICADORES DE SAÚDE.....	34
2.8	CONCEITOS BÁSICOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
3	MÉTODO	37
3.1	DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO.....	37
3.2	ESCOLAS.....	37
3.3	DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	40
3.4	HIPÓTESES E VARIÁVEIS.....	40
3.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	43
3.7	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	54
3.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS.....	56
4.2	CONDIÇÕES ACÚSTICAS.....	57
4.3	PERCEPÇÃO DO AMBIENTE ESCOLAR.....	67
4.4	DESEMPENHO COGNITIVO.....	69
4.5	RENDIMENTO ESCOLAR.....	71
4.6	INDICADORES DE SAÚDE.....	72
4.7	RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE CORTISOL COM O RENDIMENTO ESCOLAR.....	75
5	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A - TESTES COGNITIVOS	95
	ANEXO B - QUESTÕES RELATIVAS À ACÚSTICA	96
	ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	97

1. INTRODUÇÃO

Com o estilo de vida contemporâneo, as pessoas permanecem a maior parte do tempo dentro de ambientes construídos, seja no trabalho, em casa e até mesmo no lazer (JANESCH, 2013; FRONTZAK; WARGOCKI, 2011; KUTTRUFF, 2006). Para este último, estudos têm demonstrado que adolescentes estão expostos a distintas fontes de ruído em suas atividades recreativas, sendo a maioria caracterizada por altos níveis sonoros (BIASSONI et al., 2008; SERRA et al., 2007). Brito e Bertoli (2005) acrescentam que a construção civil é uma das fontes mais importantes de ruído, sendo a acústica, citada por Schmid (2005), o aspecto mais complexo do ambiente construído.

As crianças e adolescentes passam grande parte do seu tempo na escola (CORGNATI; FILIPPI; VIAZZO, 2007), que é um espaço de vivência e representa uma experiência decisiva na aprendizagem. O espaço escolar fornece experiências determinantes para o desenvolvimento sensorial, motor e cognitivo infantil (PIAGET, 1970). Dessa forma, os locais devem ser agradáveis, confortáveis e atraentes, fornecendo um ambiente adequado para o desempenho das atividades cotidianas (JANESCH, 2013).

Além de influenciar no bem-estar de crianças e adolescentes, o conforto ambiental no espaço escolar desempenha um papel importante na educação do aluno, podendo ter um efeito significativo sobre o seu desempenho, em termos de atenção, compreensão e aprendizagem (CLEMETS-CROOME, 2001 Apud CORGNATI; FILIPPI; VIAZZO, 2007; CORRADO; ASTOLFI, 2002). Em muitos países, em especial aqueles com maior poder econômico e tecnologicamente mais avançados, os projetos arquitetônicos têm priorizado o conforto ambiental, aliado as concepções de sustentabilidade. Nos países em desenvolvimento, no entanto, muitos dos recentes avanços, no sentido de garantir a qualidade do ambiente escolar, não tem sido aplicados (GRAÇA et al., 2007). Este é o caso do Brasil, o qual vem implementando, há muitos anos, escolas públicas através de projetos padronizados, não adequados às diferentes regiões brasileiras (PAIXÃO, 1997; KRÜGER; DORIGO, 2008).

Um dos desconfortos gerados pelo ambiente escolar, o ruído é considerado um agente estressor crônico, capaz de perturbar a função executiva de crianças,

incluindo a tomada de decisões, a memória e a auto regulação das emoções e comportamentos (BELOJEVIC et al., 2012). Além disso, o ruído excessivo em salas de aula reduz a inteligibilidade, audição e compreensão da fala em escolares de diferentes idades (SHIELD; DOCKRELL, 2003). Porém, o impacto do ruído é ainda maior entre as crianças mais novas, pois estão em pleno processo de desenvolvimento das funções cognitivas para entender a linguagem (McCREERY; STELMACHOWICZ, 2013).

A paisagem sonora das escolas também deve ser considerada, pois o ruído externo às salas de aula, devido principalmente ao tráfego urbano gerado pelo trânsito rodoviário (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2016), está associado ao menor bem-estar e maior nível de estresse em escolares, alterando aspectos fisiológicos, como aumento de secreção dos hormônios adrenalina e noradrenalina (STANSFELD; CLARK, 2015). O ruído ambiental causa um efeito independente na saúde cardiovascular dos indivíduos, devendo ser considerado um colaborador para o risco à saúde e levado em consideração nas políticas públicas de saúde e de planejamento (STANSFELD, 2015). Além disso, o ruído gerado pelo tráfego urbano causa um efeito negativo no processo de ensino e aprendizagem do escolar, como na realização de tarefas de leitura e resolução de questões de matemática (LJUNG SÖRQVIST; HYGGE, 2009).

1.1 JUSTIFICATIVA

O desempenho acústico da edificação deve proporcionar ao aluno um ambiente adequado para o desenvolvimento de suas atividades (DALVITE et al., 2007). Porém, diversos estudos demonstram que as condições acústicas de salas de aula não são adequadas (CHATZAKIS et al., 2013; EYSEL-GOSEPATH et al., 2012), sobretudo no Brasil (KEMP et al., 2013; ALMEIDA FILHO et al., 2012; ZANNIN; ZWIRTES, 2009). Além disso, tem sido demonstrado que o ruído acomete o desempenho cognitivo (CLARK; HEAD; STANSFELD, 2013; CORGNATI; FILIPPI; VIAZZO, 2007; STANSFELD et al., 2005) e a saúde infantil (BELOJEVIC et al., 2008a).

Com relação ao desempenho cognitivo, as crianças são mais afetadas pelo ruído do que os adultos, devido às funções cognitivas serem menos automatizadas na infância e, conseqüentemente, mais propensas à ruptura, prejudicando as

atividades de leitura, escrita, percepção da fala, compreensão auditiva e memória em curto prazo (KLATTE; BERGSTRÖM; LACHMANN, 2013). Dessa forma, a presença de condições acústicas inadequadas apresenta implicações importantes nas atividades de ouvir e no processo de aprendizagem dos alunos, acometendo o rendimento escolar (MCCREERY; STELMACHOWICZ; 2013).

Além de afetar o desempenho cognitivo, a exposição ao ruído preocupa cada vez mais aos pesquisadores na área da saúde (CLARK; HEAD; STANSFELD, 2013), pois as evidências demonstram que o ruído está relacionado, já na infância, com o aumento da pressão arterial (PAUNOVIC; BELOJEVIC; JAKOVLJEVIC, 2013; LIU et al., 2013; VAN KEMPEN et al., 2006; REGECOVÁ; KELLEROVÁ, 1995) e de estresse (DEFUR et al., 2007; EVANS; MARCYNYSZYN, 2004), avaliado através dos níveis de cortisol (CURCIO et al., 2013).

Porém, a relação entre o ruído ambiental do entorno das escolas com o desempenho cognitivo, rendimento escolar e indicadores de saúde não está bem estabelecida em escolares brasileiros. Diante desta lacuna, justifica-se a realização deste estudo. Dessa forma, o presente estudo busca elucidar a seguinte questão: existe relação entre o ruído ambiental externo às salas de aula com o rendimento escolar, desempenho cognitivo e indicadores de saúde de escolares?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a relação entre o ruído externo à sala de aula com o rendimento escolar, desempenho cognitivo e indicadores de saúde de adolescentes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o ruído externo às escolas e às salas de aula;
- Identificar as condições acústicas das salas de aula;
- Avaliar a percepção de adequação acústica das salas por parte dos alunos;
- Analisar o rendimento escolar dos alunos;
- Avaliar o desempenho cognitivo dos escolares;

- Avaliar os indicadores de saúde dos escolares, referente à: a) frequência cardíaca de repouso; b) pressão arterial sistólica e diastólica e c) estresse, através do cortisol.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente Dissertação está organizada da seguinte forma:

O capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, contextualizando e justificando a importância do estudo, juntamente com os objetivos a serem atingidos.

No capítulo 2 consta a fundamentação teórica, enfocando os embasamentos sobre adequação acústica, em especial em salas de aula no âmbito escolar, legislação vigente e os impactos causados pelo ruído sobre o desempenho cognitivo e relacionados à saúde de crianças e adolescentes.

Posteriormente, o capítulo 3 apresenta o método, os procedimentos e materiais a serem utilizados no presente estudo.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão do estudo, descrevendo as características das condições acústicas externas e internas das salas de aula e relacionando com o desempenho cognitivo, rendimento escolar e com os indicadores de saúde de escolares. Também, este capítulo apresenta as análises comparativas entre o nível de estresse com o desempenho cognitivo, indicadores de saúde e rendimento escolar.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões acerca do presente estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS BÁSICOS EM ACÚSTICA

A Acústica é a ciência que lida com o som, desde sua origem até sua propagação, tanto em ambientes abertos, quanto em espaços fechados (KUTTRUFF, 2006). O som é considerado uma vibração em meio elástico (gasoso, líquido e sólido), sendo que sua energia progride rapidamente. Sem este meio, o som não pode ser propagado. Apesar de produzir pequenas modificações na pressão atmosférica, a energia sonora pode percorrer grandes distâncias (EVEREST, 2001; EGAN, 2000). Há, ainda, uma definição subjetiva, em que o som é descrito como sensações prazerosas, como a música ou a fala; esta última, considerada a maneira mais simples e importante de comunicação, uma vez que cada indivíduo saudável pode produzi-la e entendê-la (KUTTRUFF, 2006).

A norma brasileira ABNT/NBR 16363:2014, denominada: Acústica – Terminologia, em seu item relativo à definição de termos, destaca que “o conceito de som é associado à sensação auditiva humana” e, também, que “o termo ruído é usualmente associado a sons que podem causar incômodos, ser indesejáveis ou não inteligíveis”. Salienta, ainda, que “som e ruído são da mesma natureza física e, dependendo da situação, um som pode ser designado como ruído” (ABNT, 2014).

A frequência sonora é uma característica das ondas periódicas (EVEREST, 2001), representada pelo número de vibrações completas em um segundo e expressa em Hertz (Hz) (EVEREST, 2001; EGAN, 2000; SANTOS, 1999). O limiar auditivo varia de 16 a cerca de 20.000 Hz (KUTTRUFF, 2006).

A pressão sonora, por sua vez, é definida como a variação de pressão atmosférica em relação a um valor de referência, percebido pelo ouvido, expressa em Newton/m² (N/m²) ou Pascal (Pa). A pressão sonora mínima, perceptível ao ouvido, é de 2×10^{-5} N/m², na frequência de 1.000 Hz. No entanto, pode atingir valores muito elevados (200 N/m²), considerado como limiar da dor (SANTOS, 1999). Devido à ampla faixa de sensibilidade do sistema auditivo, é utilizada a relação logarítmica da pressão sonora como medida do som, denominada nível de pressão sonora (NPS), expressa em decibels (dB), da seguinte forma (EVEREST, 2001):

$$NPS = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad (1)$$

Em que p é o valor medido da pressão sonora e p_0 é o valor de referência internacional (menor pressão perceptível ao ouvido), equivalente a $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (KUTTRUFF, 2006; EVEREST, 2001; SANTOS, 1999).

Devido à variação dos níveis, em função do tempo, utiliza-se a medição do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), também expresso em dB (LACERDA et al., 2005; SANTOS, 1999), o qual representa a integral no tempo do valor da pressão sonora medida em relação a uma pressão de referência. Para aproximar a medição das características perceptíveis ao sistema auditivo humano, são utilizados os filtros de ponderação, classificados em quatro tipos: A, B, C e D, cuja utilização depende do tipo de medição necessária. A chamada “Curva A” é muito utilizada nas medições de ruído urbano, conforto acústico e influências do ruído na saúde das pessoas, pois é a ponderação que apresenta a resposta mais próxima da audição humana. O L_{Aeq} pode ser obtido pela equação 2 (GERGES, 2000):

$$L_{\text{Aeq}} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{p_0^2} dt \quad (2)$$

Em que:

T é o tempo de integração;

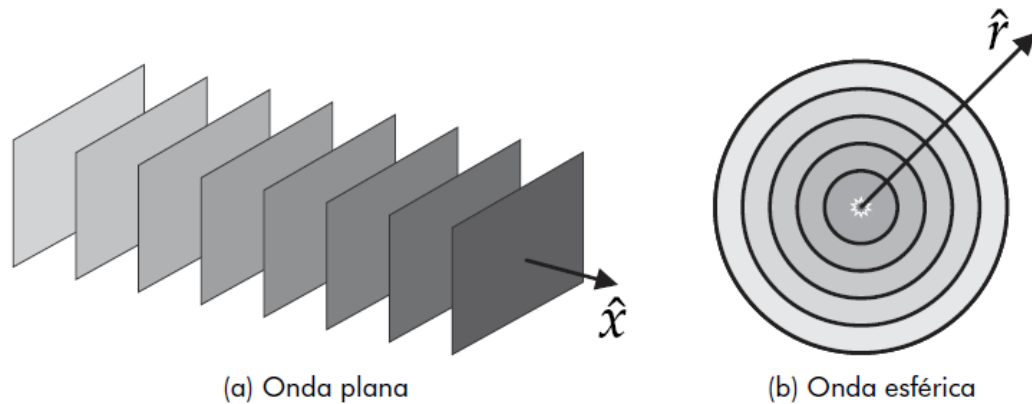
$P(t)$ é a pressão acústica instantânea;

p_0 é a pressão acústica de referência ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$);

O comportamento da onda sonora se diferencia em campo livre, quando encontra obstáculos ou em locais fechados. Em campo livre, “o sinal recebido pelo receptor deve-se somente ao som direto emitido pela fonte” (BRANDÃO, 2016, p. 88). Em uma sala de aula, é comum que diversas frentes de onda sonora se propaguem em campo livre, até que atinjam uma superfície. A figura 1 apresenta

dois diferentes tipos de onda sonora (plana e esférica), se propagando em campo livre.

Figura 1. Diferentes tipos de frente de onda sonora se propagando em campo livre



Fonte: Brandão (2016).

Quando uma onda sonora encontra um obstáculo (ou superfície) uma parte da energia incidente vai ser refletida, outra será absorvida e uma terceira, transmitida.

Em locais fechados, o estudo é desenvolvido a partir da chamada Acústica de Salas. Nesses casos, há uma série de considerações que precisam ser observadas. “É comum, em uma sala, que o campo acústico possa ser formado pela soma de diversas frentes de onda se propagando em campo livre (até que a onda atinja uma superfície)” (BRANDÃO, 2016, p. 88). A resposta sonora da sala, no entanto, depende de uma série de fatores que vão desde as suas dimensões, passando pela sua geometria e o tipo de revestimento das superfícies, até o mobiliário e o número de pessoas presentes no recinto (PAIXÃO, 1997).

Um indicativo fundamental na análise das salas é a reverberação, definida como a persistência de energia acústica no local, após a fonte sonora ser desligada. Ocorre devido às múltiplas reflexões do som nas diferentes superfícies do ambiente, como paredes, teto e piso (GELFAND, 2010; RATNAM et al., 2003).

A quantidade de reverberação é dada através do tempo de reverberação (TR), o qual é considerado o parâmetro central que expressa as condições acústicas do ambiente, definido como o tempo que as reflexões levam para diminuir em 60 dB após a fonte sonora cessar. Um TR elevado é prejudicial para a comunicação dentro do ambiente (KRISTIANSEN et al., 2013). Dessa forma, o TR fornece uma medida

da qualidade de audição do espaço interno (RATNAM et al., 2003), sendo um parâmetro fundamental para avaliação acústica de salas de aula, pois se a reverberação persistir por um período muito prolongado, poderá comprometer a inteligibilidade da fala e prejudicar a percepção do som (GAIDA, 2012).

Com o objetivo de mensurar a inteligibilidade da fala, criou-se um parâmetro objetivo, denominado “Índice de Transmissão da Fala”, do inglês “*Speech Transmission Index*” (STI), sendo considerado um indicador objetivo robusto para avaliação da inteligibilidade (BRANDÃO, 2016), amplamente utilizado para avaliação acústica de salas (SCHWERIN; PALIWAL, 2014). O STI está baseado na relação entre o sinal enviado e recebido na sala, avaliado através da razão entre as amplitudes de modulação destes sinais, nas frequências entre 0.63 Hz e 12.5 Hz. A amplitude de modulação diminuída está associada com a perda de inteligibilidade da fala (BRANDÃO, 2016).

A norma IEC 60268-16 (2011), denominada “*Sound system equipment – part 16: objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*”, descreve o método de avaliação do STI, que pode ser obtido de forma direta ou indireta. O método indireto, mais simples, baseia-se na resposta ao impulso em cada banda de 1 oitava. Os valores contínuos do STI podem ser classificados, de acordo com a norma, em cinco categorias, sendo: 1) ruim (<0,30); 2) regular (0,30-0,45); 3) aceitável (0,45-0,60); 4) bom (0,60-0,75) e 5) excelente ($\geq 0,75$).

A capacidade de compreender o discurso está relacionada, também, à capacidade de compreensão dos sons das consoantes (BRANDÃO, 2016), os quais transportam o maior conteúdo de informações da fala; porém, são mais facilmente mascarados pela interferência do ruído do que as vogais, devido ao som das consoantes ser mais fraco (BISTAFA, 2011). Dessa forma, foi estabelecido o parâmetro “Perda de Articulação das Consoantes” (do inglês, “*Articulation Loss of Consonants*, AL_{cons}), o qual mede a perda na inteligibilidade, devido à diminuição na capacidade de distinguir as consoantes. Valores altos de AL_{cons} estão associados com baixa inteligibilidade da fala. Inicialmente, o AL_{cons} baseava-se apenas no TR; posteriormente, foi publicada uma equação para cálculo deste parâmetro, levando em consideração também a relação sinal-ruído entre o NPS causado pela fala e o NPS causado pelo ruído de fundo (BRANDÃO, 2016). A avaliação do AL_{cons} é realizada por meio da resposta impulsiva e o valor obtido expresso em percentual (BROWN, 2009), sendo classificado conforme os valores estabelecidos na Tabela 1:

Tabela 1. Classificação da inteligibilidade através da avaliação da perda de articulação das consoantes

Perda de articulação das consoantes - AL_{cons} (%)	Classificação da inteligibilidade
< 3	Excelente
3 a 7	Boa
7 a 15	Razoável
15 a 35	Pobre
>35	Má

Fonte: Adaptado de Patrício (2010).

A acústica arquitetônica utiliza duas abordagens de avaliação: objetiva e subjetiva. A primeira utiliza indicadores definidos, precisos e mensuráveis. A avaliação subjetiva, por sua vez, é intuitiva (SCHMID; ROCHA, 2013). Dentre os principais parâmetros de avaliação de salas de aula, pode-se citar: retardo inicial, tempo de reverberação, tempo de decaimento inicial, definição, clareza, ruído de fundo, índice de transmissão da fala, inteligibilidade da fala, calor, brilho, vivacidade e intimismo (GAIDA, 2012; SCHMID; ROCHA, 2013).

Tendo em vista que as salas estudadas são menores do que 200 m³ e que o tipo de utilização da sala é apenas para a palavra, os parâmetros que serão utilizados no presente estudo estão descritos e definidos na tabela 2.

Tabela 2. Principais parâmetros de avaliação acústica em salas de aula

Parâmetros	Definição
Ruído ambiente	Nível de pressão sonora equivalente ponderado em "A", no local e horário considerados, de acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000).
Tempo de reverberação (TR)	Tempo necessário para o nível de pressão sonora decrescer 60 dB, depois que a fonte é desligada (ANSI/ASA, 2010). Pode ser avaliado utilizando-se o TR30.
Índice de transmissão da fala (speech transmission index - STI)	Indicador de inteligibilidade da fala; utiliza uma escala entre 0 (ininteligível) e 1 (perfeitamente inteligível) (SCHMIDT; ROCHA, 2013).
Perda de articulação das consoantes (articulation loss of consonants - AL_{cons})	Avalia a perda na inteligibilidade, devido à diminuição da capacidade de distinguir as consoantes (BRANDÃO, 2016). É expressa em percentual, demonstrando a quantidade de perda da inteligibilidade (MIKULSKI; RADOSZ, 2011)

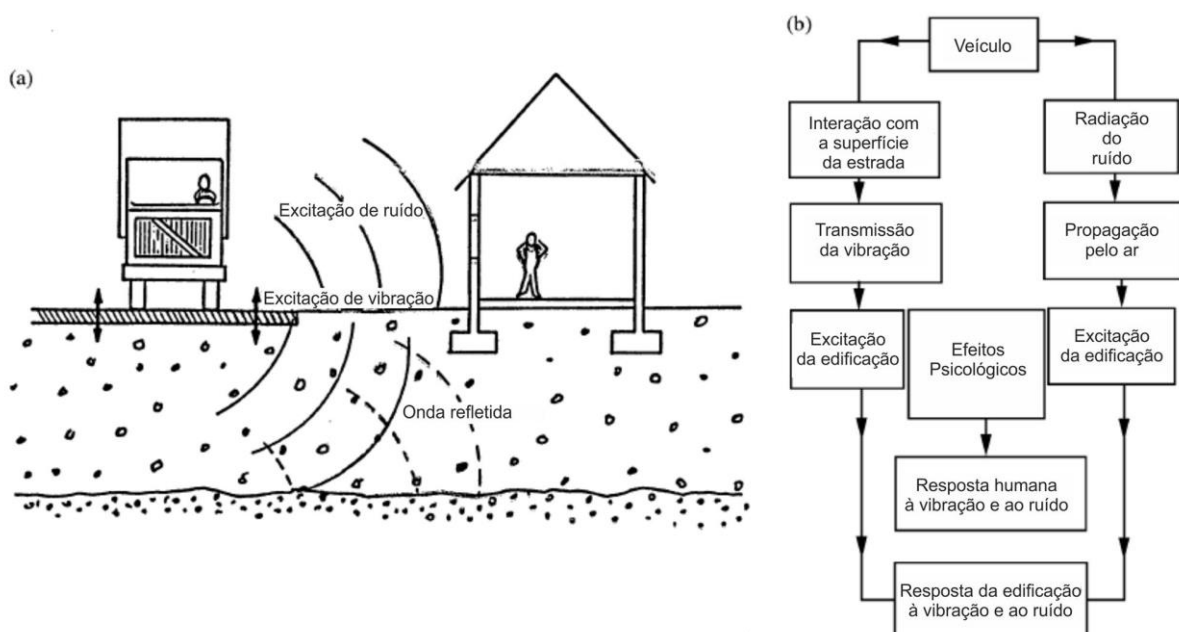
Fonte: Organizado pelo autor, baseado na NBR 10151 (ABNT, 2000), ANSI/ASA S12.60 (2010), Schmidt e Rocha (2013), Brandão (2016) e Mikulski e Radosz (2011).

2.2 RUÍDO AMBIENTAL EXTERNO

O ruído ambiental é um som indesejável, considerado uma forma de poluição prejudicial à saúde e para a qualidade de vida dos indivíduos, sendo gerado pelo ambiente externo às edificações, principalmente devido ao ruído advindo do transporte urbano e de indústrias (MURPHY; KING, 2014).

O incômodo gerado pelo ruído ambiental já é conhecido há muito tempo; porém, atualmente, o ruído tem sido considerado no planejamento urbano, uma vez que o número de veículos que circula na rede urbana está em constante aumento. Em geral, o ruído envolve três elementos básicos: uma fonte sonora, a via de transmissão e o receptor. Quando possível, a melhor maneira de corrigir ou amenizar a exposição ao ruído é controlar a sua emissão na própria fonte. O ruído ambiental, em especial o gerado pelo tráfego urbano, pode atingir indivíduos dentro de edificações por duas maneiras. Uma delas envolve as ondas sonoras geradas pelo veículo, as quais são transmitidas diretamente através do ar para as janelas da edificação ou por meio de vibrações na edificação. A outra forma envolve o rolamento dos pneus do veículo, os quais podem induzir vibrações na estrada, gerando ondas sonoras no interior da edificação, através do contato estrutural (OUIS, 2001), conforme pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2. Formas de transmissão das ondas sonoras

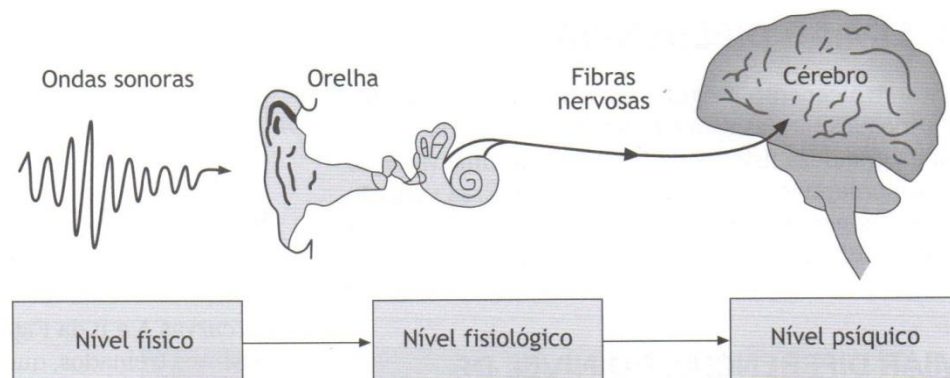


Fonte: Adaptado de Ouis (2001)

2.3 ACÚSTICA E SAÚDE

O ruído exerce influência no sistema auditivo e extra auditivo do indivíduo, pois o processamento do som nos seres humanos envolve três níveis: o físico, através da propagação do som pelas ondas sonoras; o fisiológico, quando as ondas sonoras são captadas, processadas e codificadas pela orelha e, por fim, o nível psíquico, quando o cérebro recebe e interpreta as informações recebidas pelas fibras nervosas (BISTAFA, 2011). Esta sequência pode ser visualizada na figura 3.

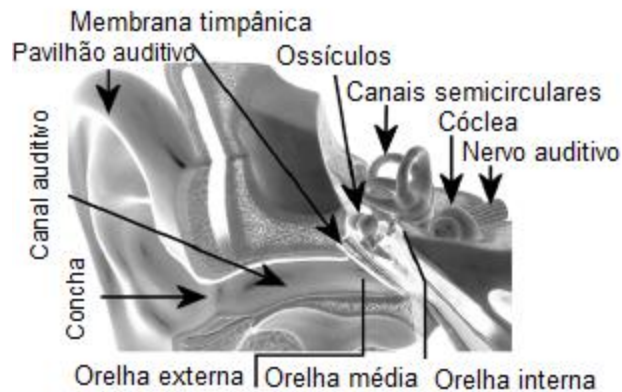
Figura 3. Processamento do som nos seres humanos



Fonte: Bistafa (2011)

O sistema auditivo compreende a orelha e suas conexões até o sistema nervoso central. Pode ser dividido, de acordo com sua disposição física, em orelha externa, média e interna; nervo auditivo e vias auditivas centrais (GELFAND, 2010), conforme observado na figura 4. O sistema auditivo é capaz de responder rapidamente ao estímulo sonoro (HIRSH; WATSON, 1996), o qual resulta em descargas neuronais que, ao chegarem ao cérebro, criam sensações auditivas (EVEREST, 2001). Dessa forma, a integridade das vias auditivas e de todo o sistema auditivo são fatores determinantes para uma boa audição (WIEMES et al., 2012).

Figura 4. Estrutura principal da orelha



Fonte: Adaptado de Howard e Angus (2009)

O estudo da percepção auditiva geralmente envolve medições, as quais objetivam estabelecer relações entre a qualidade do som e como ele é percebido pelo sujeito. Dentre os parâmetros de percepção do som, pode-se citar: *loudness*, altura (*pitch*) e timbre, que são medidas subjetivas de avaliação, pois dependem da percepção do sujeito (GELFAND, 2010).

A intensidade do som refere-se a uma magnitude física, sendo que a percepção de intensidade sonora é denominada *loudness*, que pode ser influenciada por outros fatores, além da intensidade. A altura (*pitch*), por sua vez, está relacionada com a percepção de frequência sonora. O timbre refere-se às características de um som, como por exemplo: suave, com brilho, sem brilho, aberto, estridente. Estes e outros descritores são utilizados, portanto, para indicar a qualidade percebida ou a natureza tonal do som (HOWARD; ANGUS, 2009).

A estrutura da orelha é estudada na fisiologia; já a percepção do indivíduo sobre o som é tratada na psicologia. A psicoacústica, por sua vez, é uma área abrangente, que engloba o estudo da estrutura física da orelha, o percurso sonoro, a percepção do som e suas inter-relações (EVEREST, 2001). Além disso, preocupa-se com as medidas de sensibilidade absoluta e discriminação dos sons que diferem em relação à frequência, intensidade, duração e localização espacial (HIRSH; WATSON, 1996).

Além de afetar o sistema auditivo, o efeito do ruído sobre outros aspectos relacionados à saúde tem sido amplamente estudado, principalmente acerca dos fatores de risco às doenças cardiovasculares e disfunções metabólicas, como hipertensão, processos aterogênicos e aterosclerose, disfunção endotelial e

processos inflamatórios, variabilidade da frequência cardíaca e diabetes. O ruído também tem sido associado com distúrbios respiratórios e do sono. Porém, deve-se considerar que estes efeitos do ruído são secundários; o ruído é, primeiramente, um fator estressor psicológico (RECIO et al., 2016).

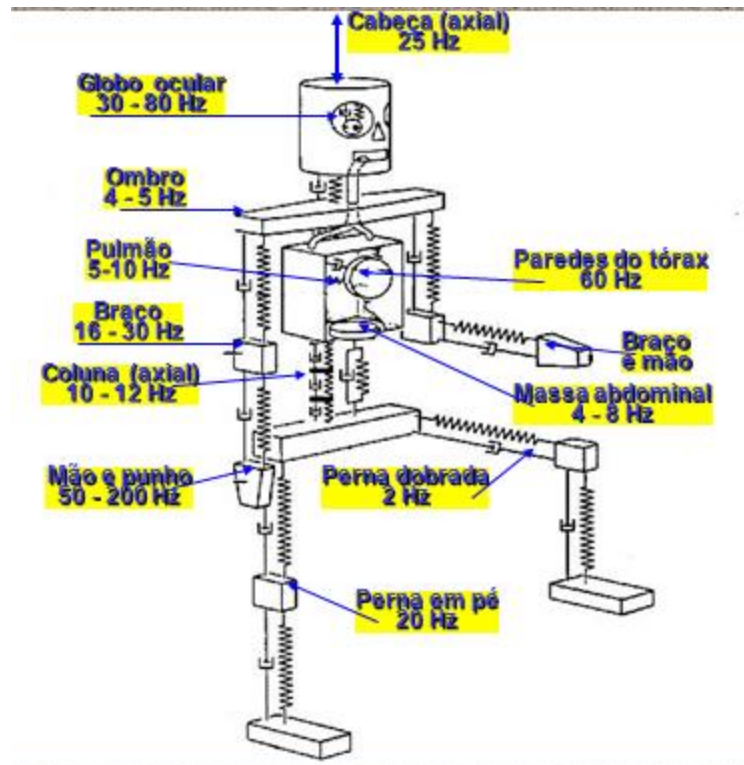
Salienta-se que a saúde humana é influenciada pela exposição à energia sonora, que precisa ser avaliada sob o seu Nível de Pressão Sonora, a frequência e o tempo de exposição. As figuras 5 e 6 representam as respostas do corpo humano aos níveis sonoros elevados e às vibrações.

Figura 5. Efeito de níveis sonoros elevados sobre o corpo humano



Fonte: Adaptado de Gerges (2000)

Figura 6. Resposta do corpo humano às vibrações

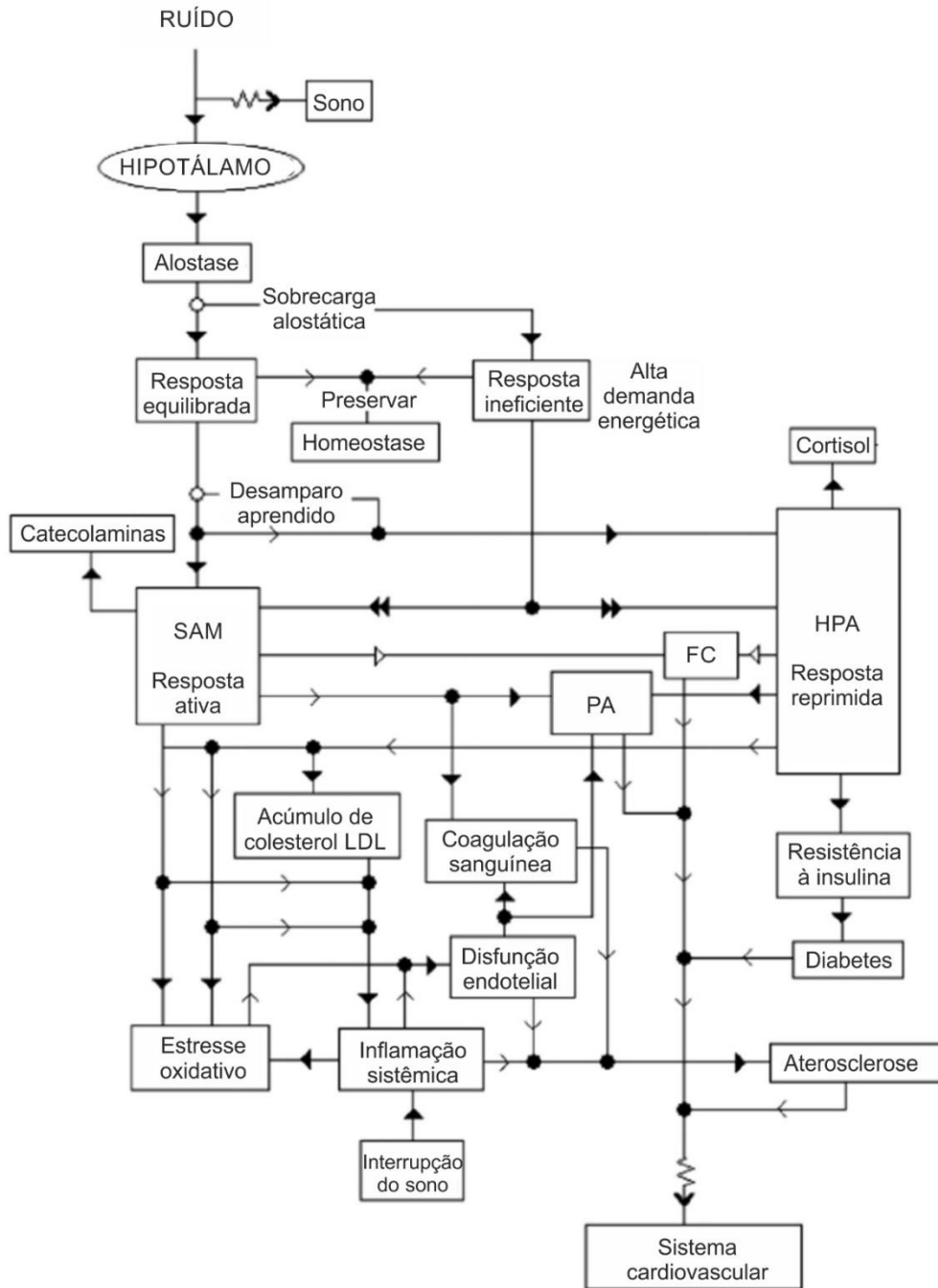


Fonte: Adaptado de Gerges (2000).

Em revisão de literatura realizada por Recio et al. (2016), os autores propuseram um modelo integrativo envolvendo a exposição a um agente estressor, como o ruído. O modelo é dividido em dois níveis. O primeiro se refere ao nível psicológico (Figura 7), o qual inicia com a entrada do sinal sonoro para as estruturas auditivas, terminando com a excitação do hipotálamo. O segundo nível, o fisiológico, começa com a resposta alostática a partir do hipotálamo e termina com o início ou exacerbação de um ou vários efeitos adversos (Figura 8).

Figura 7. Modelo integrativo – nível psicológico

a

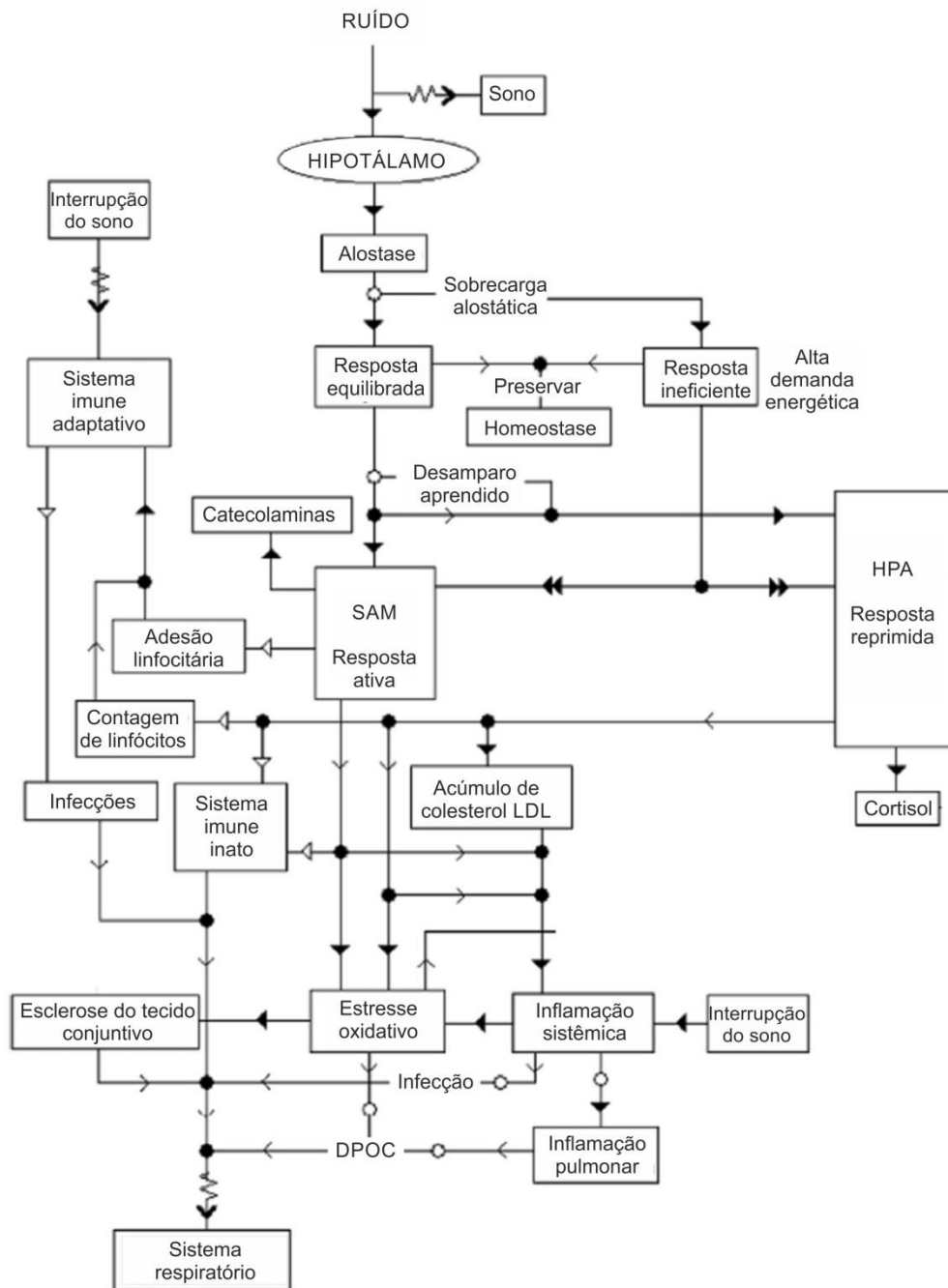


Legenda	
→ Ativa/causa/promove	● Vias conectadas
→→ Ativação excessiva	+ Vias sem conexão
⇐ Inibe/previne/reduz	○ Vias condicionais
~ Afeta/altera/perturba	
FC: frequência cardíaca	PA: pressão arterial
HPA: eixo hipotálamo-pituitária-adrenal	SAM: eixo simpático-adrenal-medular

Fonte: Adaptado de Recio et al. (2016)

Figura 8. Modelo integrativo – nível fisiológico

b



Legenda

→	Ativa/causa/promove	●	Vias conectadas
→→	Ativação excessiva	+	Vias sem conexão
⇨	Inibe/previne/reduz	○	Possível via em certas condições
↔	Afeta/altera/perturba	○	Via condicional

DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica
 HPA: eixo hipotálamo-pituitária-adrenal SAM: eixo simpático-adrenal-medular

Fonte: Adaptado de Recio et al. (2016)

2.4 ADEQUAÇÃO ACÚSTICA

O termo “conforto acústico”, embora comumente utilizado na área da Arquitetura e Engenharia, descrito em disciplinas curriculares, normas e publicações relacionadas ao tema, vem sendo discutido. Para Schmid (2015), o conforto acústico não se limita apenas a suprimir fatores indesejáveis, mas envolve um conceito muito mais amplo. Não se deve levar em consideração apenas os critérios mecanicistas, como térmicos, acústicos, visuais e químicos dos espaços e edificações, mas também os aspectos que envolvam emoção e prazer. Deve se levar em consideração, portanto, que o ser humano interage com o ambiente construído. Dessa forma, o autor cita que o conforto é baseado em três valores: comodidade, adequação e expressividade, sendo que a “adequação” envolve a funcionalidade do conforto, sendo este termo adotado no presente estudo, ainda que alguns autores mencionem o termo conforto acústico em suas publicações.

A análise de determinadas sensações, em especial aquelas percebidas pelo ouvido, se devem às vibrações sonoras no ar, as quais produzem sensações (LÓPEZ, 1999). Schmid (2005) complementa que, através do ouvido, a descrição física do ruído é transportada ao cérebro, possibilitando a sua identificação. Em Acústica, existem meios de avaliar a transmissão, geração, propagação e recepção do som. Pode-se dizer que a Acústica tem uma importante participação na criação de instrumentos, tabelas e outros materiais relacionados à área, viabilizando assim a utilização dos mesmos para a ciência e criando um “link” para se entender como funciona a propagação e seus efeitos. A Acústica é vista ainda como uma ciência capaz de abranger muitas disciplinas (SOUZA, 2012).

Quando se fala em isolamento acústico, os primeiros passos de um projeto a ser elaborado é o planejamento, desde a escolha do lugar, seguido pelo projeto do edifício, posição em planta, análise do entorno e arruamentos. É necessário realizar um estudo completo, a fim de evitar-se a necessidade de projetar estruturas altamente isolantes e, principalmente, adaptações quando a construção estiver em andamento ou em suas resoluções finais (DE MARCO, 1982).

Conforme as particularidades de cada planejador, Parkin (1979) propôs: a) separar com maior distância possível as fontes de ruído das áreas que precisam de silêncio; b) planejar edifícios ou locais que não sejam contornados por ruídos, para

funcionarem como espaço intermediário entre fontes sonoras e áreas que precisam de silêncio; c) colocar no planejamento possíveis fontes de ruídos (tanto internos como externos); d) situar máquinas e fontes que transmitam seus ruídos através da estrutura; e) cuidar os pontos fracos, como janelas abertas e portas leves, por exemplo.

Além dos fatores relacionados à adequação acústica, à legislação, à sustentabilidade e às normas técnicas passaram a ser consideradas na elaboração de projetos, principalmente após a Segunda Guerra Mundial. O aumento na complexidade dos projetos evidenciou, também, a necessidade de equipes multidisciplinares trabalharem de forma integrada, ampliando os pensamentos e decisões a toda equipe e não somente ao projetista (TAKAHASHI; BERTOLI, 2012).

Guedes, Bertoli e Zannin (2011) ressaltam, ainda, a importância de prever os níveis sonoros gerados pelo tráfego urbano e utilizar estas informações durante a elaboração do projeto, minimizando os efeitos do ruído externo nos espaços construídos.

Dentro de um processo para execução do planejamento, todas as dependências devem ser classificadas em ordem decrescente ao nível sonoro que produzem ou possam produzir; classificar também as dependências em ordem crescente com relação à sua tolerância ao ruído (em função dos critérios de ruídos); formar um nomograma com as duas classificações: fontes de ruído (nível alto, médio e baixo) e locais receptores (tolerância baixa, média e alta). A relação em decibels entre os classificados no nomograma definirá o isolamento requerido (DE MARCO, 1982).

Este isolamento global pode influenciar diretamente na absorção do som. Quando um som incide sobre as superfícies de contorno de uma sala, parte da energia é absorvida e transmitida e outra parte é refletida de volta para sala. Os níveis podem ser reduzidos com eficácia usando o tratamento de absorção do som. Em uma sala sem tratamento acústico, a absorção do som se torna completamente desequilibrada e, possivelmente, terá um tempo de reverberação alto (EGAN, 1988).

2.5 ADEQUAÇÃO ACÚSTICA EM SALAS DE AULA

A escolha do local para construção de escolas é o primeiro fator a ser considerado em um projeto. Deve-se evitar construir ao lado de estradas, de

aeroportos ou de ferrovias (HAGHIGHI; CHIAO; JUSAN, 2012). Estudos demonstram que o ruído externo está relacionado com o desempenho escolar (PAPANIKOLAOU; SKENTERIS; PIPERAKIS, 2014), em especial com a exposição crônica ao ruído do ambiente (PUJOL et al., 2014), com o desempenho cognitivo (CLARK et al., 2012; VALENTE et al., 2012; STANSFELD et al., 2005), bem como com indicadores de saúde, como a pressão arterial (LIU et al., 2014; PAUNOVIC; BELOJEVIC; JAKOVLJEVIC, 2013).

O desempenho acústico deve ser considerado para proporcionar um ambiente adequado para o aluno desenvolver as suas atividades de maneira satisfatória (DALVITE et al., 2007). Para tanto, o ruído e a reverberação são dois aspectos importantes que devem ser considerados na acústica de salas de aula (DOCKRELL; SHIELD, 2004). Uma sala adequada, com relação à Acústica, deve possuir pouco ruído de fundo e um tempo de reverberação curto (SILVA; ROCHA, 2013).

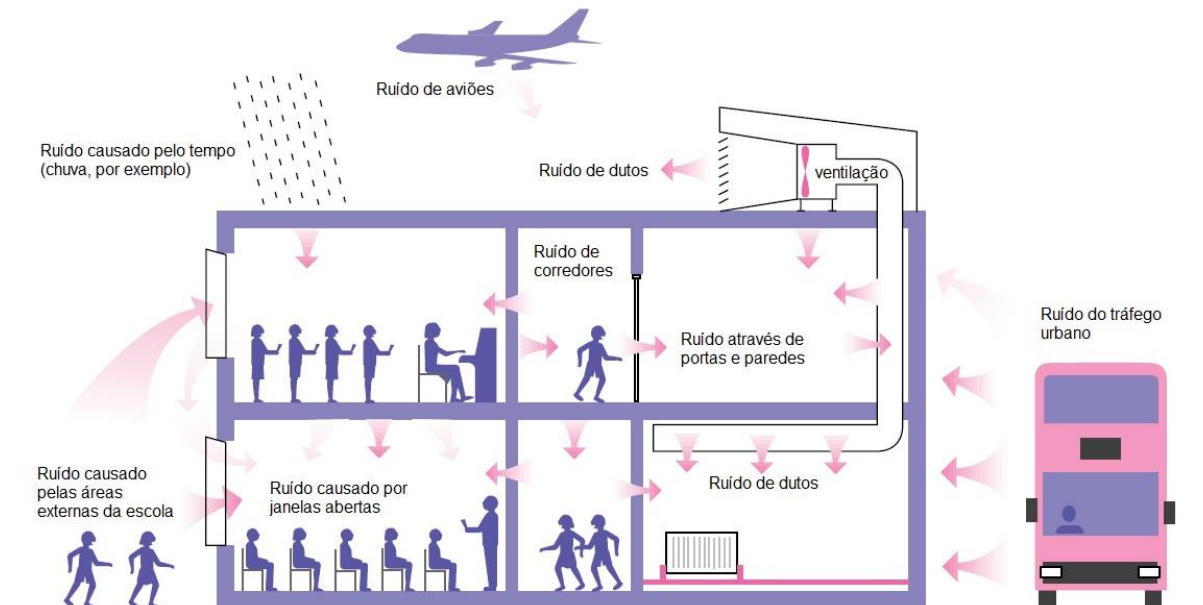
Um dos maiores problemas causados pelo ruído, no ambiente escolar, é a dificuldade do aluno em conseguir escutar o professor, devido à redução da inteligibilidade da fala no interior da sala. O ruído pode ser causado por fontes sonoras externas ou pelo ambiente interno da sala de aula (SHIELD; DOCKRELL, 2003). No ambiente interno, vários fatores podem contribuir com o ruído como, por exemplo, o uso de condicionadores de ar, sistemas de ventilação, projetores, computadores e pelo próprio ruído gerado pelos usuários da sala. Além do ruído, a inteligibilidade da fala é afetada pela quantidade de som refletido pelas paredes, teto, piso e pelo mobiliário, quantificado através do tempo de reverberação. A utilização de materiais absorvedores acústicos como, por exemplo, carpetes, cortinas, forros, ou outros elementos com tratamento acústico, podem reduzir o tempo de reverberação (DOCKRELL; SHIELD, 2004).

O ruído e a reverberação, em excesso, são encontrados principalmente em construções escolares antigas, as quais possuem janelas sem tratamento acústico, determinando alto nível sonoro devido ao ruído externo, bem como tetos elevados, aumentando o tempo de reverberação (ASTOLFI; BOTTALICO; BARBATO, 2012). Ressalta-se que, mesmo construções recentes, podem apresentar constituintes construtivos (paredes, pisos, portas, janelas, etc.) que configurem pouco isolamento sonoro e alto tempo de reverberação.

Fernandes (2006) cita três classes para ruídos no espaço escolar: a) ruídos de fontes externas; ruídos de fontes internas e ruídos da própria escola. Ruídos de fontes externas são aqueles emitidos por veículos de tráfego terrestre, aéreo, bares, academias, construções civis, buzinas e apitos. Ruídos de fontes internas são os sons produzidos dentro da própria sala como: conversas, barulhos de ventiladores, movimentação dos alunos, computadores e outros. Por último, ruídos da escola são aqueles sons produzidos em salas de aulas paralelas umas às outras, pátio da escola, salas de música, cozinha e demais ambientes escolares.

A figura 9 apresenta, de forma esquemática, as principais fontes de ruído no espaço escolar.

Figura 9. Fontes de ruído no espaço escolar



Fonte: Esquema adaptado de *Department for Education and Skills* (2004)

O desempenho das crianças dentro da sala de aula sofre alterações devido à quantidade de decibels emitida de fora (ruas, espaço aéreo, etc.), sendo que os locais não dispõem de um isolamento adequado, gerando assim um grande prejuízo por estarem em processo de formação, sendo seu desempenho cognitivo prejudicado (NEUMAN et al., 2010). Além de comprometer o desempenho dos alunos, o desempenho do professor também pode ser comprometido dentro da sala de aula, devido ao local não apresentar um ambiente propício ao trabalho, afetando diretamente o ensino (ANDERSON; GOLDSTEIN, 2004). É comum professores apresentarem problemas vocais devido à má utilização da voz (ROMANELLI, 2013).

Para minimizar os efeitos negativos do ruído de fundo e de reverberação em salas de aula, escolas têm buscado implementar sistemas de amplificação, o qual consiste, geralmente, de um microfone usado pelo professor, conectado a um transmissor, que codifica o sinal do microfone como um sinal de infravermelho ou de modulação em frequência (FM). Quando utilizado o sistema de amplificação de sinal infravermelho em salas de Utah, Estados Unidos, identificou-se melhora na comunicação da voz do professor por parte dos alunos (LARSEN; BLAIR, 2008). Por outro lado, Lubman e Sutherland (2008) afirmam que os sistemas de amplificação de campo sonoro não são adequados para salas de aula pequenas. Apesar disso, reconhece-se que os amplificadores centralizados e sistemas de distribuição do som podem melhorar a condição acústica de salas de aula.

O ruído e o tempo de reverberação em salas de aula podem ser melhorados através de medidas simples, aumentando a inteligibilidade da fala e aprimorando a comunicação entre alunos e professores (SILVA; ROCHA, 2013). Muitas tentativas de melhorar a adequação acústica de salas de aula acabam gerando ideias de utilização de novos materiais para isolamento acústico, em especial os sustentáveis, de origem natural ou reciclada, como as fibras vegetais (linho, celulose e coco), bambu (ASDRUBALI; SCHIAVONI; HOROSHENKOV, 2012) e palha, podendo ser utilizadas na fabricação de paredes e outros elementos construtivos, pelo fato de apresentarem um isolamento acústico satisfatório (DEVERELL et al., 2009). A incorporação de resíduos elastômeros (borracha) em materiais construtivos também parece ser um meio promissor no isolamento acústico (BENKREIRA; KHAN; HOROSHENKOV, 2011). Estes achados podem ser úteis na elaboração de projetos que visem melhorar o desenvolvimento de novas escolas (KLATTE; BERGSTROM; LACHMANN, 2013; PRODI; VISENTIN; FELETTI, 2012).

Com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino no espaço escolar, o Ministério da Educação publicou o “Manual Escolas Sustentáveis”, o qual visa orientar a implementação da Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013, que destina recursos financeiros a escolas públicas, para adequação do espaço físico escolar, incluindo aspectos acústicos, através de intervenções arquitetônicas (BRASIL, 2013).

2.5.1 Normalização brasileira e internacional

A norma brasileira NBR 10151 (ABNT, 2000) - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, indica que, para áreas escolares, o nível de ruído não pode ultrapassar 50 dB(A), durante o dia, bem como 45 dB(A) à noite (ABNT, 2000). Em Portugal, os limites estabelecidos para áreas escolares é de 55 dB(A) durante o dia e de 45 dB(A) durante a noite (PORTUGAL, 2007). De forma semelhante, a Organização Mundial da Saúde recomenda que os níveis de ruído, no pátio das escolas, não exceda 55 dB(A) (WHO, 1999).

A mesma NBR 10151 (ABNT, 2000) estabelece a metodologia de medição do ruído ambiental, através da avaliação do NPS. A norma indica que o tempo da medição deve permitir a caracterização do ruído em questão, podendo ser efetuada através de uma amostra ou sequência delas. Além disso, a medição não deve conter interferências audíveis de fenômenos da natureza, como trovões ou chuvas fortes, por exemplo.

Quanto à normalização internacional, o trabalho está embasado nas recomendações da Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization - ISO*), a partir das normas ISO 1996/2011 (ISO, 2011) e ISO 3382/2 (ISO, 2008) e no Instituto Nacional Americano de Padronização (*American National Standards Institute - ANSI*), com a norma S12.60/2010 – Parte I (ANSI/ASA, 2010).

A ISO 1996/2011 (ISO, 2011), intitulada “Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiente”, descreve os procedimentos da avaliação do ruído ambiental, especificando os métodos de avaliação. A ISO 3382/2 (ISO, 2008) - *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*, indica os métodos de medição do tempo de reverberação em salas, descrevendo o processo de avaliação, os equipamentos necessários e o número de pontos de medição. Já a norma ISO 18233:2006 (ISO, 2006) - *Acoustics - Application of new measurement methods in building and room acoustics*, orienta e especifica os requisitos para medição acústica de edifícios e elementos de construção, sendo utilizada também para comparar os resultados obtidos com os requisitos de tempo de reverberação de salas.

A norma S12.60/2010 (ANSI/ASA, 2010) especifica que para salas de aula de tamanho médio ($< 283 \text{ m}^3$), o limite máximo de ruído de fundo permitido durante uma hora é de 35 dB(A) e o tempo máximo de reverberação de 0.6 segundos. Já para sala de aulas maiores ($> 283 \text{ m}^3$ e $\leq 566 \text{ m}^3$), o ruído de fundo deve ter seu máximo também em 35 dB(A) e o tempo máximo de reverberação de 0.7 segundos (ANSI, 2002). No Reino Unido, recomenda-se, inclusive, uma reverberação mais curta para salas de aula que possuem deficientes auditivos (NEUMAN et al., 2010).

Pesquisa realizada em 32 salas de aula desocupadas em áreas urbanas, suburbanas e rurais de Ohio, Estados Unidos (KNECHT et al., 2002), indica que a maioria das salas apresentaram níveis de ruído e tempo de reverberação excedidos pelos valores recomendados pela ANSI; apenas 4 delas ficaram abaixo do nível recomendado de 35 dB(A). No geral, a maioria das salas de aula excedeu em 5–15 dB do recomendado. As salas de aulas com menor ruído foram aquelas em que o sistema de ventilação estava desligado durante os testes. Já o tempo de reverberação testado ficou entre 0.2 segundos e 1.7 segundos, sendo aceito na maioria das salas de aula; apesar disso, 41% das salas de aula excederam o tempo de reverberação recomendado pela ANSI, de 0.6 segundos. Estes achados corroboram com estudos mais antigos feitos nos EUA sobre altos níveis sonoros e tempo de reverberação nas salas de aula, demonstrando que pouca coisa mudou (KODARAS, 1960; SANDERS, 1965; MCCROSKEY; DEVENS, 1975; BRADLEY, 1986).

2.6 INFLUÊNCIA DO RUÍDO NO RENDIMENTO ESCOLAR E DESEMPENHO COGNITIVO

A exposição ao ruído crônico acarreta consequências negativas para o processo de aprendizagem de crianças (SILVA; ROCHA, 2013). Apesar da capacidade de aprender ser comumente maior na infância (HUYCK; WRIGHT, 2013), as crianças são mais vulneráveis ao ruído do que adultos, devido às suas funções cognitivas serem menos automatizadas e, conseqüentemente, mais propensas à ruptura, prejudicando a percepção da fala, a compreensão auditiva, a memória de curto prazo, a leitura e a escrita (KLATTE; BERGSTRÖM; LACHMANN, 2013). Além disso, as operações cognitivas e os conhecimentos para entender a

linguagem estão em pleno desenvolvimento na infância. Assim, a compreensão da fala, em crianças, sofre um impacto negativo maior, em comparação aos adolescentes e adultos. A presença de condições acústicas inadequadas, comuns em salas de aula, apresentam implicações substanciais nas atividades de ouvir e aprender das crianças (MCCREERY; STELMACHOWICZ; 2013).

A capacidade de ouvir a fala em ambientes com ruído, o qual atrasa o tempo de processamento neural, envolve habilidades sensoriais e cognitivas (KRAUS; STRAIT; PARBERY-CLARK, 2012). As habilidades de processamento da voz passam por um intenso desenvolvimento na infância, fornecendo uma base para o processo de alfabetização. Em adultos, a sequência do processamento cortical auditivo tem sido caracterizada; porém, a representação neural da percepção dos sons da fala é pouco elucidada no cérebro em desenvolvimento. A organização funcional do sistema auditivo cortical, relacionada com o desenvolvimento de habilidades de linguagem, como a fala e escrita, ainda é mal compreendida no cérebro da criança (PARVIAINEN et al., 2011). Porém, sabe-se que, a nível neural, as crianças geralmente aprendem a associar os sons bem conhecidos da linguagem da fala com caracteres alfabéticos, mesmo que ainda incorretos, permitindo a leitura das palavras escritas mais tarde (BREM et al., 2010).

Estudo realizado em escolas de Stuttgart, Alemanha, identificou efeitos significativos da reverberação na percepção da fala e na memória de curto prazo nas crianças avaliadas. Além disso, escolares que estudavam em salas reverberantes apresentaram resultados mais insatisfatórios nas tarefas de processamento fonológico (KLATTE et al., 2010). A avaliação de crianças da Holanda, Espanha e Reino Unido, expostas ao ruído do tráfego aéreo, indica que este fator ambiental estressor prejudica o desenvolvimento cognitivo, especificamente a compreensão da leitura, apontando que escolas expostas ao alto ruído gerado por aeronaves não são um ambiente educacional saudável (STANSFELD et al., 2005).

Apesar de o ruído afetar a concentração, necessária para atividades que envolvam matemática e escrita por exemplo (DOCKRELL; SHIELD, 2006), sugere-se que o ruído moderado, porém não excessivo, induz o processamento abstrato, aumentando a criatividade (CHOI; VAN MERRIËNBOER; PAAS, 2014).

2.7 INFLUÊNCIA DO RUÍDO NOS INDICADORES DE SAÚDE

Estudos epidemiológicos que avaliam a relação entre o ruído e indicadores de saúde são complexos, pois a exposição ao ruído apresenta variabilidade individual. Além disso, os mecanismos pelos quais as ondas sonoras interagem com o indivíduo estão relacionados, além de outros fatores, com o comprimento de onda (ou frequência), o qual difere para cada fonte de ruído, dificultando a avaliação da exposição (LE CANN et al., 2011).

Dessa forma, os aspectos negativos da exposição ao ruído, em ambientes abertos ou fechados, preocupam cada vez mais pesquisadores na área da saúde (CLARK; HEAD; STANSFELD, 2013). Com relação aos fatores ambientais, pode-se afirmar que as crianças estão convivendo com inúmeras possibilidades de risco à saúde e com maiores chances de desenvolver, desde a infância, doenças cardiovasculares como, por exemplo, hipertensão arterial (SANTOS; PRATI; FERNANDES, 2013).

Na infância ou na fase adulta, a hipertensão arterial origina-se de diversas causas, podendo ser ambientais ou genéticas. Crianças que possuem pressão arterial elevada na infância são sujeitos pré-dispostos a desenvolverem hipertensão arterial no futuro (REIS et al., 2006). Atualmente, a hipertensão arterial aparece como principal responsável da grande maioria das doenças cardiovasculares, acidentes vasculares cerebrais e problemas coronarianos na população adulta (FULY et al., 2014; WHO, 2002).

Estudos demonstram que a exposição ao ruído está relacionada com a hipertensão arterial, principalmente na população adulta (CHANG et al., 2014; BABISCH et al., 2014; VAN KEMPEN; BABISCH, 2012; STANSFELD; CROMBIE, 2011; CHANG et al., 2009; JARUP et al., 2008). Porém, esta relação precisa ser melhor elucidada, já que a exposição a diferentes frequências sonoras pode resultar em efeitos diferentes sobre a hipertensão (CHANG et al., 2014).

Na população infantil, estudos demonstram que o ruído ambiental, gerado principalmente pelo tráfego rodoviário (PAUNOVIC; BELOJEVIC; JAKOVLJEVIC, 2013; LIU et al., 2013; REGECOVÁ; KELLEROVÁ, 1995) e aéreo (VAN KEMPEN et al., 2006), está associado ao aumento da pressão arterial. Estudo realizado com crianças demonstrou valores significativamente superiores de pressão arterial

sistólica e frequência cardíaca em residências e pré-escolas com maior ruído do tráfego rodoviário, em comparação aos mesmos ambientes com menor ruído (BELOJEVIC et al., 2008a). Além disso, crianças com estresse crônico elevado, avaliado através do cortisol, são mais suscetíveis às alterações na pressão arterial em resposta ao ruído do tráfego (LERCHER; EVANS; WIDMANN, 2013).

Apesar do ruído ser um desencadeador de inúmeros sintomas estressores e comportamentais em lugares onde o ambiente esteja vulnerável a essa exposição (DEFUR et al., 2007; EVANS; MARCYNYSZYN, 2004), deve-se levar em consideração que o ser humano apresenta diferentes respostas ao ambiente (LERCHER; EVANS; WIDMANN, 2013). Além disso, os estudos na área apresentam grande variabilidade metodológica na avaliação da exposição ao ruído, na aferição da pressão arterial e no controle dos vieses (PAUNOVIĆ et al., 2011).

O ruído também tem apresentado relação com os níveis de cortisol, pois quando as crianças são expostas a situações de estresse, ou que afetem negativamente seu bem estar, acabam tendo prejudicado o seu aprendizado. Isto se confirma nos estudos de Sjödin et al. (2013), Isaksson et al. (2012), Lercher, Evans e Widmann (2013) e Hohmann et al. (2013). Ocorrendo este tipo de situação, naturalmente os níveis de cortisol se elevam e conseqüentemente há uma alteração nos níveis cardíacos, pulmonares e renais (AMARAL et al., 2013). O estresse, que tem como ativação o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, surge de ambientes em que o organismo humano prepara-se para se defender de uma possível perturbação ao bem-estar (KING; HEGADOREN, 2002). O cortisol é um importante marcador de estresse, o qual circula livremente na corrente sanguínea, urina e saliva (CURCIO et al., 2013; CASTRO; MOREIRA, 2003; LO et al., 1993). Esta última é a forma mais fácil de coleta, por ser um método não invasivo. No entanto, ainda não existe na literatura um valor referencial de cortisol que possa ser utilizado como modelo para crianças saudáveis, levando, então, à necessidade de serem utilizados valores basais que possam detectar variações compatíveis ao estado de estresse (CURCIO et al., 2013). Lercher et al. (2013) demonstram uma relação significativa entre o ruído e um aumento da excreção do cortisol durante o período noturno em crianças.

2.8 CONCEITOS BÁSICOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística é fundamental para sintetizar os dados coletados (GLANTZ, 2014). A estatística pode ser dividida em duas partes: a estatística descritiva e a inferencial. A primeira é importante para descrever os dados coletados (VIEIRA, 2010), resumindo a informação de uma coleção de dados (AGRESTI; FINLAY, 2012); a estatística inferencial, por sua vez, possibilita testar hipóteses (VIEIRA, 2010) e fornece previsões sobre a população, através dos dados obtidos de uma amostra (AGRESTI; FINLAY, 2012).

Porém, para saber como analisar os dados, é necessário o conhecimento dos diferentes tipos de variáveis, as quais são atributos que podem ter valores distintos quando são observados diferentes indivíduos (VIEIRA, 2010), ou seja, são características que variam entre os sujeitos do estudo (AGRESTI; FINLAY, 2012).

As variáveis são divididas em dois grandes grupos: as qualitativas e as quantitativas. As variáveis qualitativas são categóricas e são divididas em dois diferentes tipos: as nominais e as ordinais. Entre as variáveis nominais, as categorias não são ordenadas. Como exemplo, temos o tipo de transporte utilizado (automóvel, ônibus, metrô, bicicleta, a pé) (AGRESTI; FINLAY, 2012). As variáveis ordinais, por sua vez, seguem uma ordem natural de valores, formando uma escala ordinal. Exemplificando, temos: nível de saúde do indivíduo (excelente, muito bom, bom, razoável e ruim) (GLANTZ, 2014).

As variáveis quantitativas também são divididas em dois grupos: as discretas e as contínuas. O primeiro grupo envolve variáveis de contagem (“número de...”) e expressa números inteiros. Como exemplo, temos o número de filhos de uma família. É possível a família possuir 2 ou 3 filhos, mas não 2,5716. Variáveis contínuas formam um intervalo infinito de valores (exemplos: peso e estatura) (AGRESTI; FINLAY, 2012).

As variáveis utilizadas no presente estudo estão descritas e classificadas no capítulo III, no item 3.4 (hipóteses e variáveis).

3. MÉTODO

3.1 DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Santa Cruz do Sul está localizado na região do Vale do Rio Pardo, na encosta inferior do nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a 155 km da capital Porto Alegre, no extremo sul do Brasil. Possui 118.374 habitantes (IBGE, 2010) e uma população escolar de 20.859, do ensino fundamental e médio, distribuídos em 53 escolas, sendo 19 estaduais (11.029 escolares), 29 municipais (6.934 escolares) e 5 particulares (2.896 escolares). O clima do município é subtropical temperado, com temperaturas médias de 19°C.

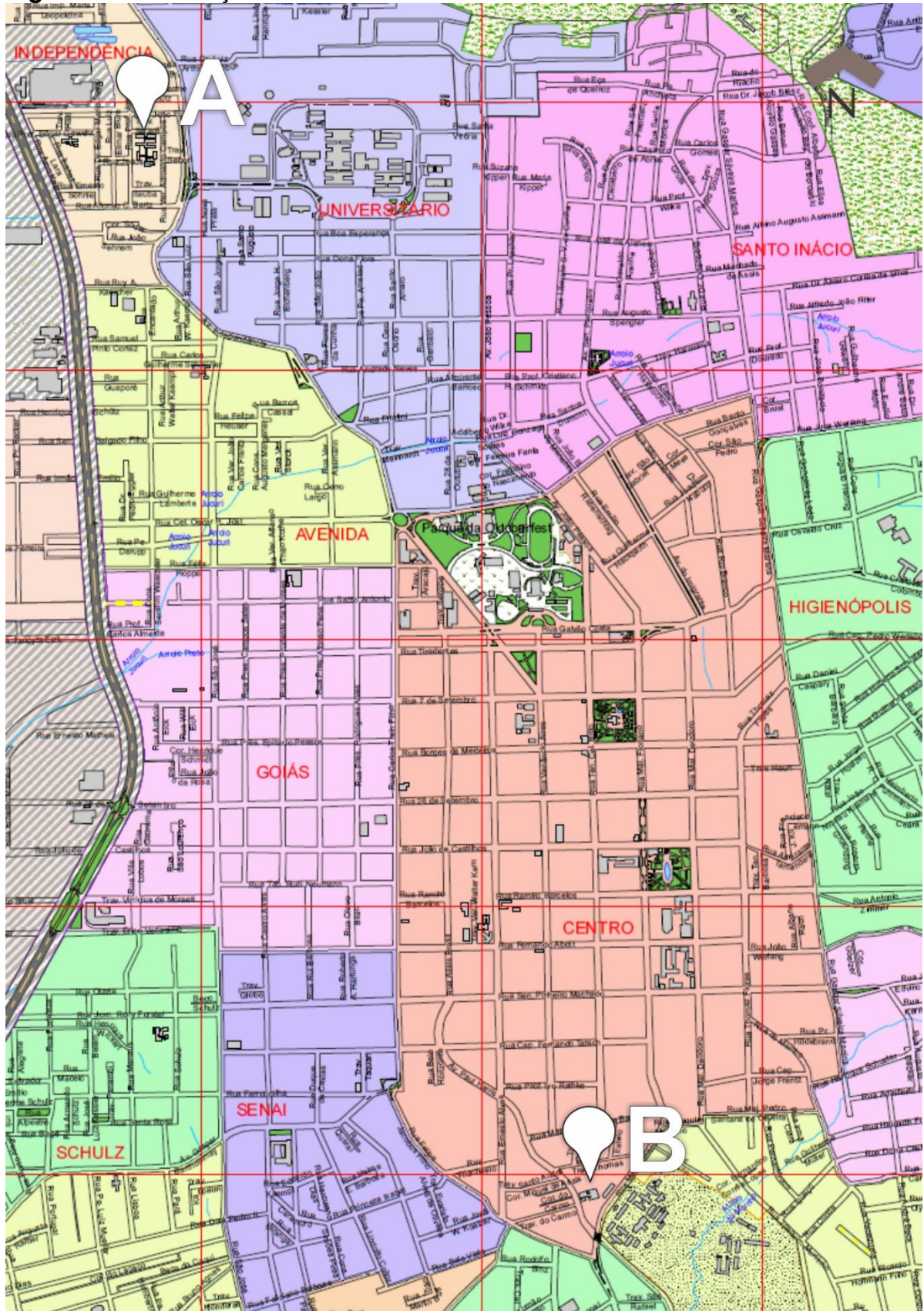
3.2 ESCOLAS

Foram avaliadas duas escolas estaduais da educação básica, escolhidas por conveniência, da zona urbana do município de Santa Cruz do Sul-RS, as quais foram denominadas como escola A e escola B. A figura 10 apresenta uma parte do mapa do município de Santa Cruz do Sul com a localização das duas escolas. As imagens da figura 11, disponibilizadas pelo Google Earth (imagens do dia 28 de agosto de 2013), demonstram as escolas de forma mais aproximada. As figuras 12 e 13 apresentam a estrutura das escolas A e B, respectivamente.

A escola A é formada por sete edificações térreas, distribuídos em um terreno amplo que ocupa a totalidade da quadra. Os blocos das salas de aula estão dispostos entre si com distâncias de aproximadamente 30 metros e todo terreno da escola é contornado por um muro de alvenaria de aproximadamente 2 metros de altura. A quadra poliesportiva encontra-se distante das salas avaliadas.

Já a escola B, é formada por três edificações, sendo que o bloco frontal à rua Marechal Floriano, de construção mais antiga, é composto de dois pavimentos. Os outros dois blocos anexos possuem apenas um pavimento, são unidos pela cobertura do saguão e localizam-se mais ao oeste do terreno. O trecho da escola que faz frente a rua, possui grade entre o passeio e o recuo de ajardinamento. O restante dos limites do terreno é envolto por um muro de alvenaria de cerca de 2 metros de altura.

Figura 10. Localização das escolas A e B



Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul (2014)

Figura 11. Escola A e B, respectivamente



Fonte: Google Earth (2013)

Figura 12. Imagens da escola A



a



b



c



d

Fonte: Autor

a) vista interna do lado oeste; b) vista interna do corredor de acesso as salas 1 e 2 (térreas); c) vista do playground 1; d) vista da quadra poliesportiva

Figura 13. Imagens da escola B



Fonte: Autor

a) fachada frontal, rua Mal. Floriano; b) vista do pátio da frente da escola para a rua Mal. Floriano, em frente ao 7º BIB – Batalhão de Infantaria Blindado, c) pátio interno coberto em frente à sala 1 (térrea); d) corredor interno do 2º pavimento que dá acesso à sala 2.

3.3 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo é do tipo comparativo, que segundo Gaya et al. (2008), é caracterizado pela observação de dois ou mais grupos, os quais possam estar diferenciados por uma ou mais variáveis.

3.4 HIPÓTESES E VARIÁVEIS

O presente estudo levanta as seguintes hipóteses:

H0 (nula): Não existe relação entre o ruído ambiente externo existente nas escolas e o rendimento escolar, desempenho cognitivo e indicadores de saúde de adolescentes;

H1: Escolares que estudam na escola com maiores níveis de ruído no ambiente externo apresentam pior desempenho escolar e cognitivo, maior frequência cardíaca e pressão arterial de repouso, bem como nível de estresse mais elevado;

H2: As escolas avaliadas não apresentam condições acústicas adequadas nas salas de aula, conforme normalização brasileira;

H3: Alunos apresentam percepção negativa das condições acústicas das salas de aula em que estudam.

As variáveis são expressas da seguinte maneira:

Nível de pressão sonora equivalente ponderado na curva A (L_{Aeq}): variável quantitativa contínua, expressa em dB²;

Tempo de reverberação (TR): variável quantitativa contínua, expressa em segundos;

Índice de transmissão da fala (STI): variável quantitativa contínua, variando de 0 a 1;

Perda de articulação das consoantes (*articulation loss of consonants* - AL_{cons}): variável quantitativa contínua, expressa em %;

Frequência cardíaca de repouso: variável quantitativa contínua, expressa em batimentos por minuto (bpm);

Pressão arterial (PA): variável quantitativa contínua, expressa em mmHg;

Cortisol: variável quantitativa contínua, expressa em $\mu\text{L/dL}$;

²As normas atuais, a exemplo da NBR 16313:2014, recomendam que a indicação da ponderação apareça como subíndice e o valor seja medido em dB.

Rendimento escolar: variável qualitativa ordinal para cada área (linguagens, ciências humanas, matemática e ciências da natureza), expressa em três categorias: 1) construção satisfatória de aprendizagem; 2) construção parcial de aprendizagem e 3) construção restritiva de aprendizagem.

Concentração: variável quantitativa discreta (número de acertos no teste) e variável qualitativa ordinal, classificada em seis categorias: 1) inferior; 2) médio inferior; 3) médio; 4) médio superior; 5) superior e 6) muito superior.

Inteligência: variável quantitativa discreta (número de acertos no teste) e variável qualitativa ordinal, classificada em seis categorias: 1) inferior; 2) médio inferior; 3) médio; 4) médio superior; 5) superior e 6) muito superior.

Memória: variável quantitativa discreta (número de acertos no teste) e variável qualitativa ordinal, classificada em cinco categorias: 1) inferior; 2) médio inferior; 3) médio; 4) médio superior e 5) superior.

3.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os principais procedimentos metodológicos gerais deste estudo são:

1º) Capacitação sobre fundamentos teórico-práticos da avaliação acústica de salas de aula das escolas e de seus entornos, das avaliações cognitivas e dos indicadores de saúde;

2º) Aplicação das avaliações acústicas em salas de aula das escolas e nos seus entornos, coleta de saliva e análise da frequência cardíaca de repouso;

3º) Aplicação das avaliações cognitivas, de percepção da adequação acústica e avaliação da pressão arterial;

4º) Coleta de dados do rendimento escolar, junto às escolas participantes;

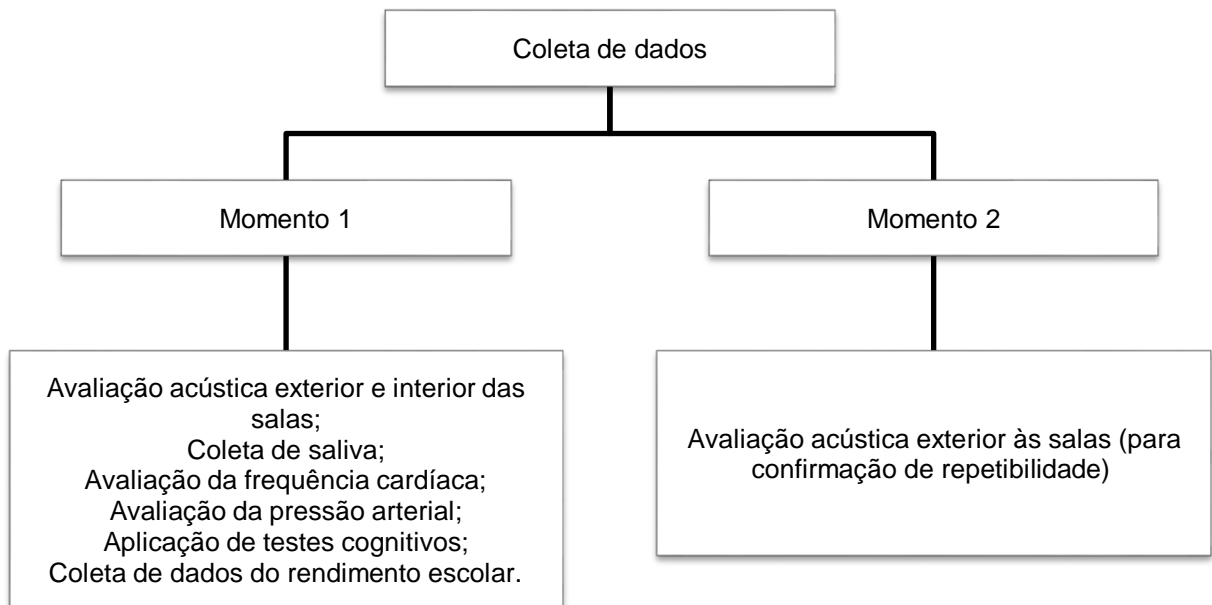
5º) Organização, análise e discussão dos dados;

6º) Elaboração e Defesa da Dissertação.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

As técnicas e instrumentos de coleta de dados foram aplicados em dois momentos, como mostra o organograma apresentado na figura 14. O primeiro momento consistiu de avaliação acústica nos ambientes externos e internos das salas de aula; concomitantemente, foi realizada coleta de saliva, para análise do cortisol (nível de estresse), bem como avaliados outros parâmetros relacionados à saúde do escolar (frequência cardíaca e pressão arterial em repouso). Foram aplicados, ainda, os testes cognitivos e coletados os dados do rendimento escolar junto à secretaria das escolas. No segundo momento, foram realizadas novas avaliações acústicas externas às salas de aula, com o objetivo de confirmar a repetibilidade dos valores obtidos no primeiro momento.

Figura 14. Especificação dos momentos da coleta de dados



Fonte: Autor

3.6.1 Avaliação do ruído ambiente exterior

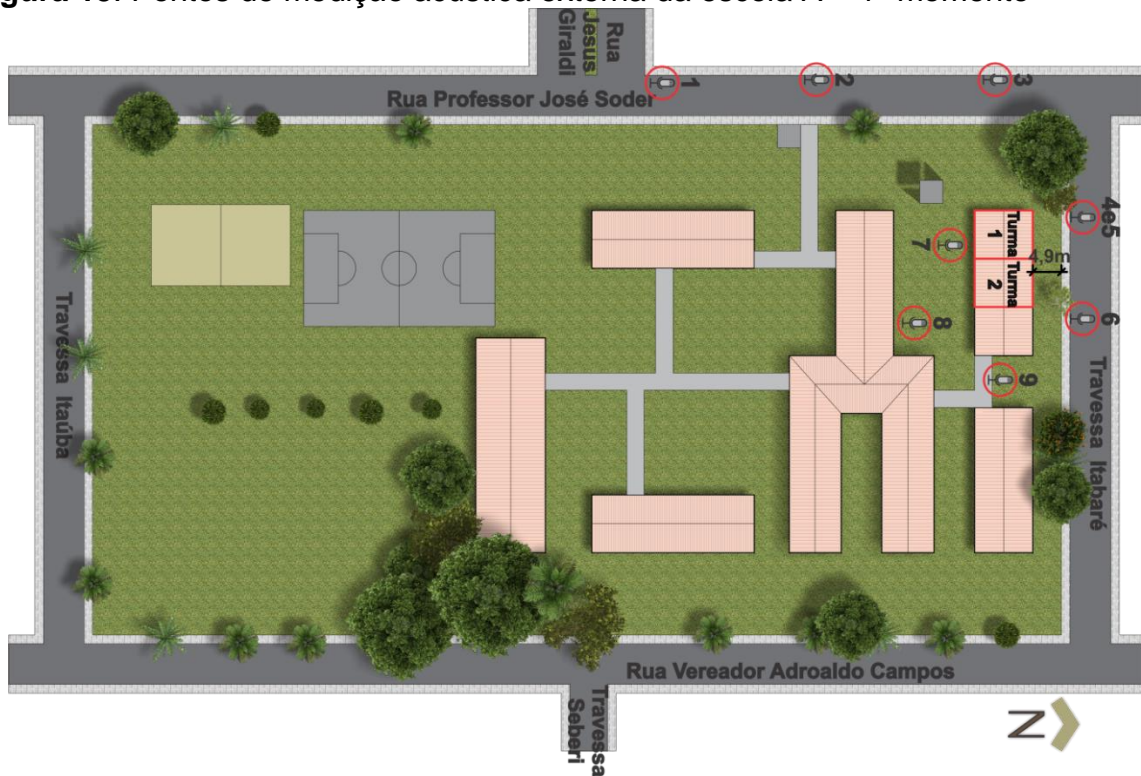
As medições acústicas para caracterizar o ruído ambiental do entorno imediato das escolas e salas de aulas foram obtidas a partir do nível de pressão sonora equivalente em A, medido em decibel (L_{Aeq}). O equipamento empregado foi o medidor de nível de pressão sonora DEC-5010 (número de série 120503011, marca Instrutherm, calibrado em 08 de abril de 2013) e calibrador CAL-4000 (número de série 12059471, marca Instrutherm). Os dados foram processados no *software* AudioTools. O emprego desse *software* está embasado nos resultados apresentados por Kardous e Shaw (2014).

O NPS externo às salas foi avaliado em dois momentos. O primeiro momento consistiu de avaliação norteadora, realizada com um número maior de pontos. Foram registrados períodos subsequentes de 3 minutos. Seguiu-se a mesma sequência em ambas as escolas, tendo início nas áreas externas, no perímetro da escola. As medições seguintes foram feitas no pátio interno das escolas, nas imediações das salas analisadas. Em um segundo momento, foi realizada nova medição do NPS, nos pontos diagnosticados com maior relevância, para confirmação da repetibilidade dos valores obtidos no primeiro momento.

Escola A

As medições do NPS na escola A foram feitas no interior do terreno, contornando a área onde se localizam as duas salas de aula estudadas, iniciando-se na parte voltada para a rua oeste, na frente da escola, que é toda protegida por um muro de alvenaria de dois metros de altura, seguindo no sentido da rua norte até passar pelos corredores de circulação. As Figuras 15 e 16 apresentam um croqui com os pontos de medição no primeiro e segundo momento, respectivamente.

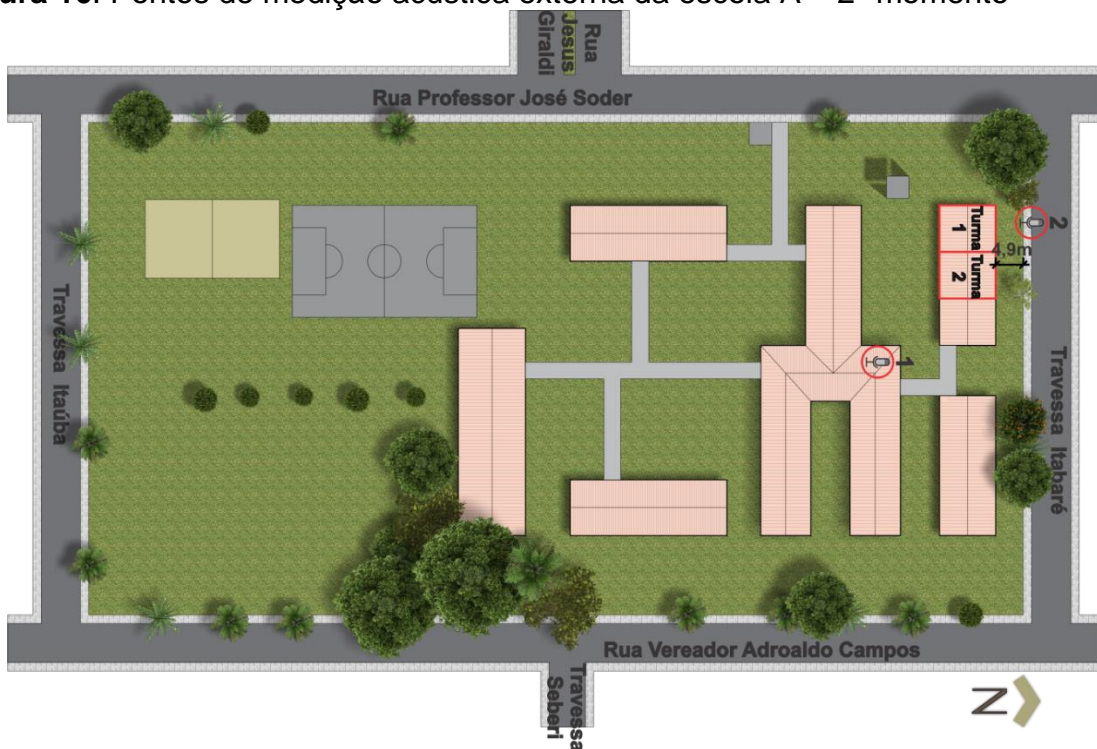
Figura 15. Pontos de medição acústica externa da escola A – 1º momento



Fonte: Autor

Os pontos 1 ao 6 referem-se às medições para caracterização do ruído externo à escola, próximo às salas avaliadas; os pontos 7 ao 9 caracterizam o pátio interno do entorno das salas.

Figura 16. Pontos de medição acústica externa da escola A – 2º momento



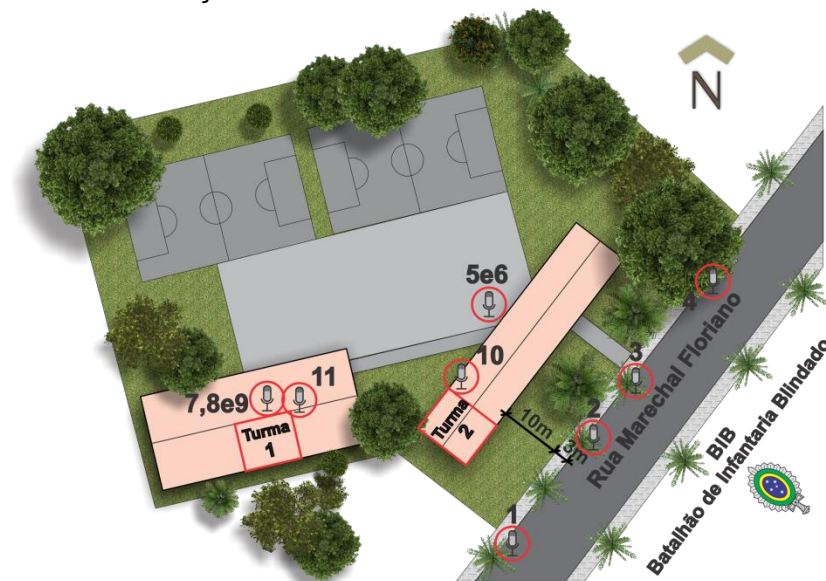
Fonte: Autor

O ponto 1 refere-se ao saguão coberto, porém aberto (sem paredes laterais), fonte de ruído potencial; ponto 2: fonte de ruído do tráfego urbano mais próximo das salas avaliadas.

Escola B

O NPS foi medido iniciando pela frente do terreno da escola B, na rua Mal. Floriano, em frente ao 7º BIB – Batalhão de Infantaria Blindado, para a qual está voltada a sala da turma 2, no qual a escola possui a proteção de uma grade metálica de cerca de dois metros de altura entre a calçada e o recuo frontal de ajardinamento da edificação. Seguiram-se as medições, passando pelo hall de acesso até a área aberta da quadra esportiva e, por fim, mediu-se no saguão coberto, para o qual está voltada a sala da turma 1. As Figuras 17 e 18 apresentam um croqui com os pontos de medição, nos momentos 1 e 2, respectivamente.

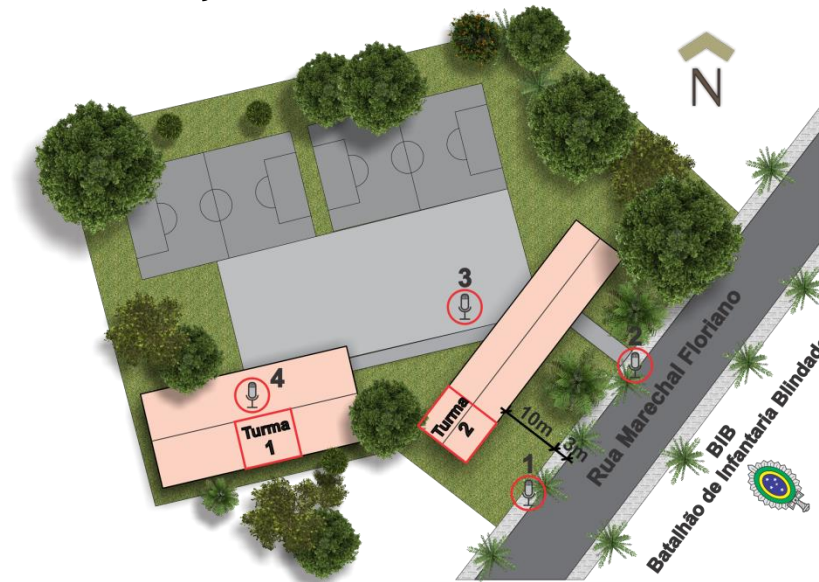
Figura 17. Pontos de medição acústica externa da escola B – 1º momento



Fonte: Autor

Os pontos 1 ao 4 referem-se às medições para caracterização do ruído da rua da escola; os pontos 5 e 6 caracterizam o pátio aberto descoberto; os pontos 7, 8, 9 e 11 foram medidos no saguão coberto ao lado da turma 1 e o ponto 10 caracteriza o ruído do corredor que dá acesso à sala da turma 2.

Figura 18. Pontos de medição acústica externa da escola B – 2º momento



Fonte: Autor

Os pontos 1 e 2 referem-se à medição da rua da escola; o ponto 3 caracteriza o pátio interno descoberto e o ponto 4 caracteriza o saguão coberto, ao lado da sala 1.

3.6.2 Avaliação acústica das salas de aula

A acústica das salas de aula foi avaliada a partir dos seguintes parâmetros:

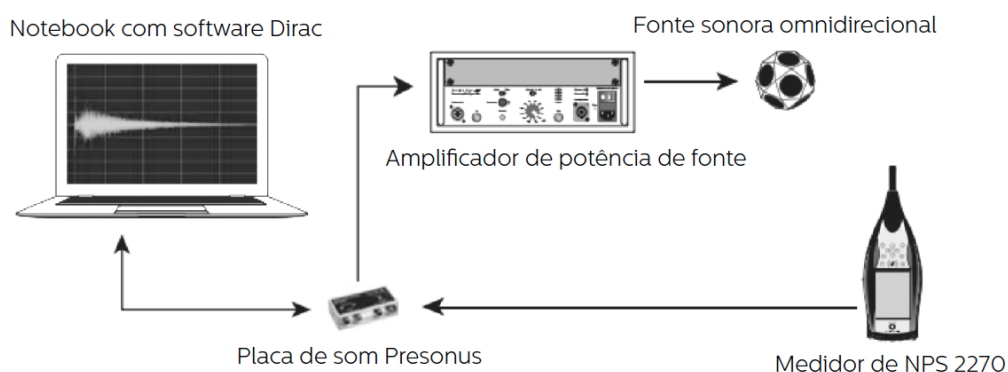
- a) *Tempo de reverberação (TR)*. A metodologia de medição segue a norma ISO 18233:2006, com a sala de aula vazia. Foi utilizado o T_{30} , definido como decaimento de 30 dB do som após cessada a fonte sonora, sendo este valor extrapolado para o valor de T_{60} , frequentemente utilizado em medições de TR. Foram obtidos os valores de TR para cada banda de frequência, considerando cada ponto de medição da sala de aula; porém, para as análises, foi calculado um valor único, através da média aritmética para as frequências de 500, 1.000 e 2.000 Hz, para bandas de oitava, como descreve a norma ANSI S12.60 (ANSI/ASA, 2010).
- b) *Índice de transmissão da fala (speech transmission index, STI)*, avaliado de acordo com as especificações da IEC 60268-16 (2011), utilizando o método indireto, obtendo-se a função de transferência de modulação, pela resposta impulsiva, com a utilização da equação de Schroeder. Foram usadas as bandas de oitava nas frequências de 125 a 8 kHz. Como os espectros da voz masculina e feminina são diferentes e, considerando que nas escolas

avaliadas existem professores de ambos os sexos, optou-se pela utilização do filtro de voz masculino para a medição da resposta impulsiva, conforme recomendado por Odeon (2014), devido à voz feminina ser mais inteligível do que a voz masculina (KNON, 2010), considerando, assim, a pior situação. Os valores variam de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a qualidade da inteligibilidade da fala na sala de aula. A IEC 60268-16 (2011) classifica o STI em cinco categorias, sendo: ruim (0,00-0,30), regular (0,30-0,45), aceitável (0,45-0,60), bom (0,60—0,75) e excelente (0,75-1,00).

- c) *Perda de articulação das consoantes (articulation loss of consonants - ALcons)*, derivada do STI através da fórmula proposta por Fareel Backer e descrita por Houtgast, Steeneken e Plomp (1980, apud Brüel & Kjaer, 2005). A avaliação da AL_{cons} geralmente é realizada com TR obtido na frequência de 2000 Hz, na banda de 1/3 de oitava (AMORIM, 2007). A classificação da AL_{cons} é baseada nos seguintes valores: excelente (< 3%), boa (3-7%), razoável (7-15%), pobre (15 a 35%) e má (>35%) (PATRÍCIO, 2010).

Para a avaliação dos parâmetros acústicos de TR, STI, AL_{cons}, foram utilizados os seguintes equipamentos: 1) medidor de nível de pressão sonora modelo 2270 (Brüel & Kjaer); 2) fonte sonora dodecaédrica omnidirecional tipo 4292 (Brüel & Kjaer); 3) amplificador de potência tipo 2716 (Brüel & Kjaer); 4) tripé para microfone modelo UA0588 (Brüel & Kjaer); 5) placa de som USB Presonus modelo AudioBox. As respostas impulsivas foram processadas pelo software Dirac v. 4.0 e deste foram obtidos os parâmetros baseados na norma ISO 3382 (ISO, 2009). A utilização dos equipamentos seguiu o arranjo descrito na Figura 19:

Figura 19. Equipamentos utilizados na avaliação acústica de salas de aula



Fonte: DIRAC (2011), apud Silva e Rocha (2013)

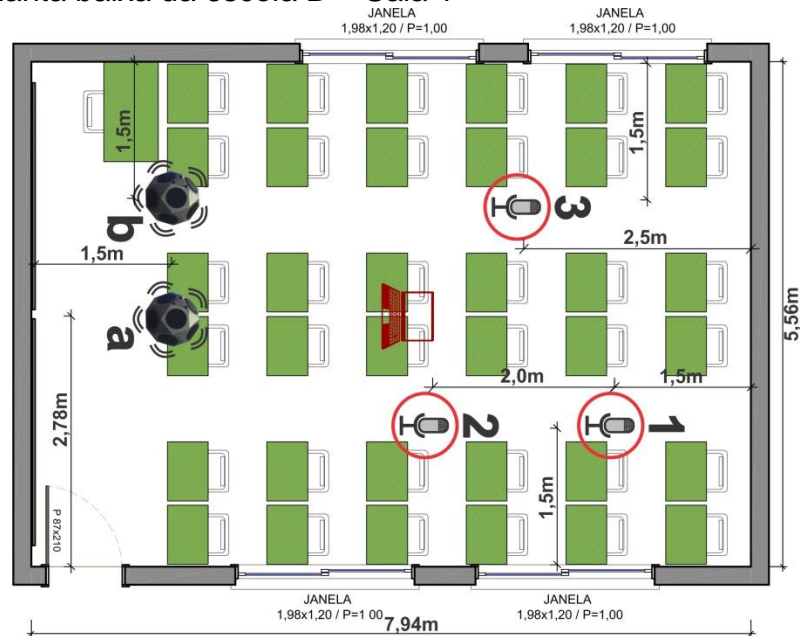
As Figuras 20, 21 e 22 apresentam as plantas baixas das salas de aula, com os pontos de medição acústica. Todas as salas apresentam pé direito de 3 metros de altura. Como a fonte sonora do objeto do estudo é o professor, que predominantemente desenvolve a aula em frente ao quadro negro e/ou lousa de projeção multimídia, ou também em sua mesa, as fontes sonoras foram alocadas nestas áreas da sala, mesmo que as mesmas estejam em posições próximas, mas sempre respeitando as distâncias mínimas estabelecidas pela norma.

Figura 20. Planta baixa da escola A – Sala 1 e 2 possuem mesmas dimensões e características



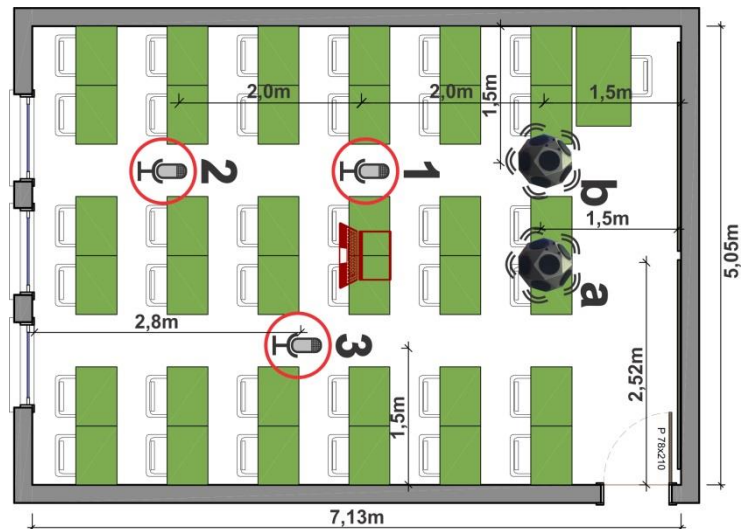
Fonte: Autor

Figura 21. Planta baixa da escola B – Sala 1



Fonte: Autor

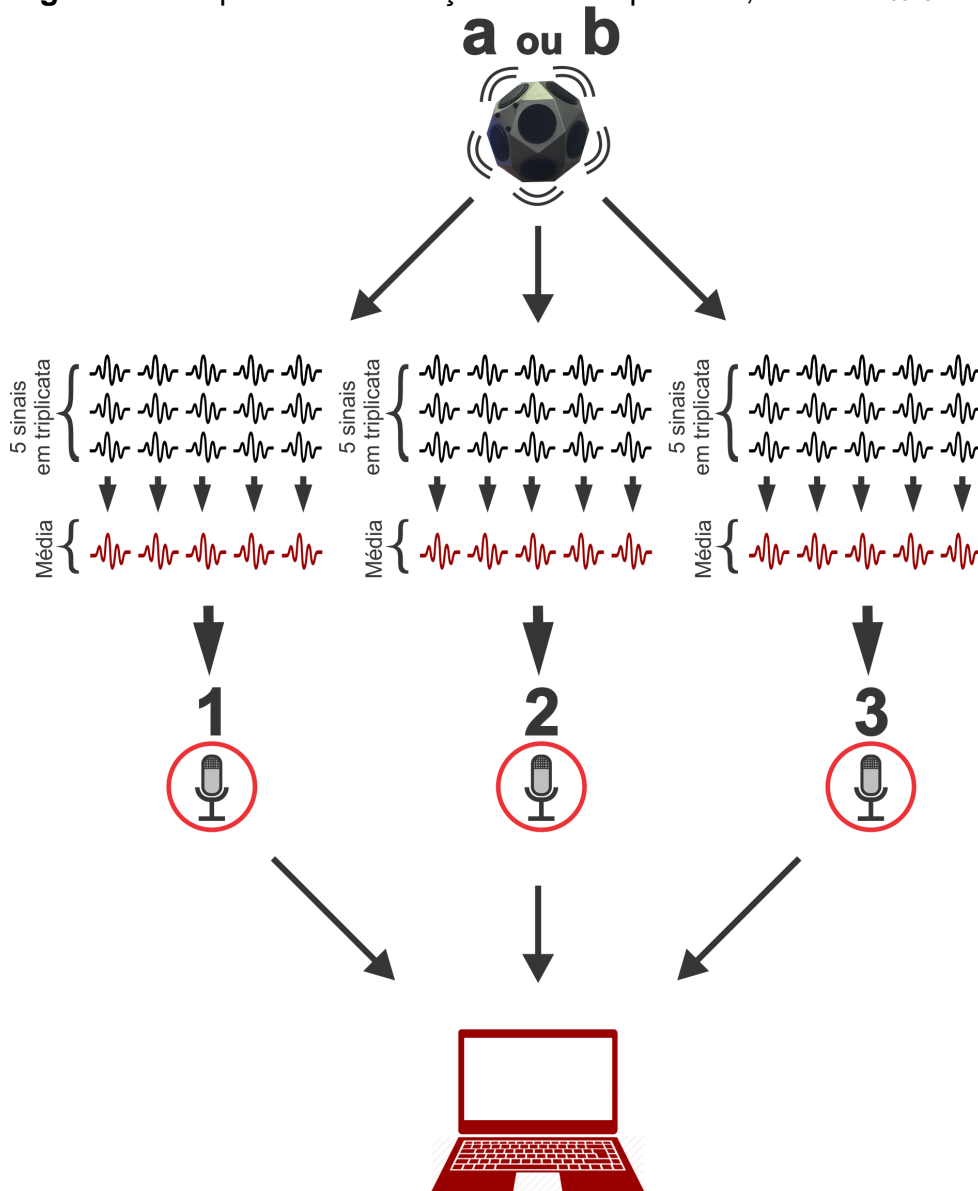
Figura 22. Planta baixa da escola B – Sala 2



Fonte: Autor

De forma detalhada, a Figura 23 esquematiza a avaliação destes parâmetros. Foram avaliadas duas posições da fonte sonora emissora (“a” e “b”), sendo que, para cada posição, mediram-se três pontos receptores (1, 2 e 3); para cada ponto receptor, foram obtidas cinco medidas, realizadas em triplicata, totalizando 15 valores para cada ponto; posteriormente, foi calculada a média, obtendo-se 5 valores para cada ponto de medição.

Figura 23. Esquema da avaliação acústica para TR, STI e AL_{cons}



Fonte: Autor

O NPS, por sua vez, foi avaliado em situação normal de aula (com alunos, nos mesmos três pontos da avaliação descritos nas Figuras 8, 9 e 10) e desocupadas (um ponto; na escola A, ponto 1 descrito na Figura 8; na sala 1 da escola B, no ponto 1 descrito na Figura 9 e na sala 2 da escola B, no ponto 2 da Figura 10), utilizando os equipamentos: 1) medidor de nível de pressão sonora DEC-5010 (número de série 120503011, marca Instrutherm, calibrado em 08 de abril de 2013) e calibrador CAL-4000 (número de série 12059471, marca Instrutherm). Os dados foram processados no *software* AudioTools. O emprego desse *software* está embasado nos resultados apresentados por Kardous e Shaw (2014). As medições

acústicas com as salas vazias foram realizadas no intervalo entre os turnos da manhã e da tarde para a escola A e tarde e noite para escola B.

3.6.3 Rendimento escolar

Foram utilizadas as notas disponibilizadas pela escola, do primeiro e segundo trimestre de 2015, nas seguintes áreas de aprendizagem: 1) linguagens (língua portuguesa, literatura, língua inglesa e educação física); 2) ciências humanas (história, geografia, filosofia, sociologia e ensino religioso); 3) matemática e 4) ciências da natureza (química, física e biologia). As notas são estabelecidas, pela escola, através de três conceitos: 1) Construção satisfatória de aprendizagem (aluno aprovado apresentando bom desempenho); 2) Construção parcial de aprendizagem (aluno aprovado com desempenho razoável) e 3) Construção restritiva de aprendizagem (desempenho insatisfatório do aluno; se apresentar novamente este conceito, o mesmo é reprovado).

3.6.4 Desempenho cognitivo

Foram aplicados testes para avaliar o desempenho cognitivo dos escolares, compreendendo raciocínio, memória e concentração, os quais foram aplicados por um Psicólogo, em um dia normal de aula.

Para avaliar a compreensão do raciocínio, foi utilizado o Teste G-36 (ANEXO A-1). De maneira geral, o teste avalia o *fator g* de inteligência, através da escolha, por parte dos alunos, de imagens que completam a figura que se apresenta. A memória dos escolares foi avaliada através do teste das Figuras Complexas de Rey (ANEXO A-2), o qual tem por objetivo averiguar a forma como o escolar percebe os elementos que estão sendo oferecidos e o que permaneceu em sua memória. Para a realização do teste, é necessário que o escolar realize um desenho durante alguns intervalos de tempo.

Para avaliar a concentração dos alunos, foi empregado o Teste de Atenção Concentrada – AC (ANEXO A-3), o qual tem por objetivo compreender a aptidão do escolar em manter a atenção concentrada na atividade durante um período de tempo.

3.6.5 Percepção dos alunos sobre adequação acústica das salas

A percepção dos alunos, com relação à adequação acústica das salas de aula, foi avaliada através de questionário adaptado de Paixão (1997) (ANEXO B).

3.6.6 Indicadores de saúde

A avaliação dos indicadores de saúde foi realizada simultaneamente ao momento 1 da avaliação acústica (mesmo dia e turno), compreendendo a avaliação da frequência cardíaca, pressão arterial e níveis de cortisol.

a) Frequência cardíaca

A frequência cardíaca de repouso, em batimentos por minuto (bpm), foi avaliada com um monitor de frequência cardíaca modelo FT1 (Polar, Kempele, Finlândia), o qual foi colocado em todos os escolares avaliados, no início da aula. Minutos antes do término da aula, a frequência cardíaca foi avaliada novamente.

b) Pressão arterial (PA)

A pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foi aferida com o escolar em repouso, de acordo com as VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (SBC/SBH/SBC, 2010), utilizando esfigmomanômetro (B-D®, aneroide, Alemanha) e estetoscópio (Premium, Rappaport, China). Os dados foram obtidos de forma contínua, em mmHg. A avaliação da PAS e PAD foi realizada em dois momentos: no início da aula e momentos antes do término da mesma.

c) Cortisol

O cortisol foi avaliado através de amostra de saliva, a qual foi coletada pela manhã, em dois momentos: a) antes do lanche, entre 8:00 e 10:00 e b) antes do almoço, entre 11:00 e 12:00 horas. Foram utilizados pequenos rolos de algodão, previamente preparados e esterilizados para uso individual. O participante foi

previamente instruído para a correta coleta de saliva. Foram colocados dois pequenos rolos de algodão embaixo da língua e deixados por aproximadamente 3 minutos, até o momento em que ficaram saturados. Posteriormente, os algodões foram retirados da boca e colocados dentro de uma seringa de 5 ml, após remoção do êmbolo, o qual foi recolocado na seringa e pressionado, recolhendo a saliva em frascos transparentes de polipropileno, com tampa identificada com o código do participante no estudo, nome e momento da coleta. O volume mínimo de saliva coletada para cada horário foi de 0,5 mL. Os frascos com as amostras de saliva foram armazenados, sob refrigeração, numa caixa de isopor com gelo até serem encaminhadas para o laboratório. Depois, os frascos foram armazenados em freezer, a -20°C, para rompimento das mucinas da saliva, até o início da análise do cortisol.

A análise do cortisol foi realizada no Laboratório de Bioquímica Clínica da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). As amostras foram descongeladas e centrifugadas por 5 minutos a 1500g, utilizando uma centrífuga para separar o precipitado das proteínas salivares do líquido sobrenadante. Posteriormente, a saliva (líquido sobrenadante) foi aspirada e armazenada em microtubos de 1,5 mL (*Eppendorf*) devidamente identificados. O cortisol salivar foi verificado por meio de imunoensaio (ELISA), utilizando *kit* específico para a sua determinação quantitativa *in vitro*, seguindo as especificações do fabricante.

Após as análises, foi calculada a diferença dos valores obtidos na primeira e segunda coleta da manhã, para avaliar a variabilidade dos níveis de cortisol nos escolares.

3.7 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A presente Dissertação integra uma pesquisa mais ampla, realizada na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, denominada “Saúde dos Escolares-Fase III. Avaliação de indicadores bioquímicos, genéticos, hematológicos, imunológicos, posturais, somatomotores, saúde bucal, fatores de risco às doenças cardiovasculares e estilo de vida de escolares: estudo em Santa Cruz do Sul-RS”, a qual foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UNISC sob protocolo 714.216, de 11 de junho de 2014, e CAEE 31576714.6.0000.5343. Os

responsáveis pelos escolares assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO C), autorizando a participação no estudo.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram digitados no programa estatístico SPSS v. 23.0 (IBM, Armonk, NY, USA), tendo sua versão licenciada de propriedade da UNISC. Foi empregada a estatística descritiva (frequência e percentual), para descrever o desempenho escolar e cognitivo, os indicadores de saúde e a percepção dos usuários das salas de aula. Para avaliar possível relação entre as variáveis categóricas, foi utilizado o teste de qui-quadrado. As variáveis numéricas contínuas foram descritas em mediana e intervalo interquartil. A comparação das variáveis contínuas, de acordo com a sala de aula, foi realizada através da análise de variância (ANOVA) com Post-hoc de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni, dependendo da normalidade dos dados, testada previamente pelo teste de Shapiro-Wilk. Foram considerados significativos os valores de $p < 0,05$ para todas as análises.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados de forma descritiva e comparativa. Assim, estão descritos os dados do ruído externo às salas de aula, as condições acústicas das salas, a percepção dos escolares com relação à acústica das salas, bem como os resultados dos testes cognitivos, do rendimento escolar e dos indicadores de saúde. Também, foi realizada análise comparativa entre salas com diferentes condições acústicas e desempenho cognitivo, rendimento escolar e indicadores de saúde de escolares. Para este tipo de análise, as duas turmas da escola A foram agrupadas, por não apresentarem diferenças estatísticas nas variáveis analisadas, bem como por suas salas serem idênticas, com relação às condições acústicas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS

Os dados sociodemográficos dos escolares podem ser visualizados na Tabela 3. Observa-se que as turmas apresentam características semelhantes, não diferindo significativamente para sexo ($p=0,826$), idade ($p=0,071$) e nível socioeconômico ($p=0,920$).

Tabela 3. Características sociodemográficas dos escolares

Características sociodemográficas	Escola A		Escola B		p
	Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	
Sexo					
Masculino	5 (38,5)	5 (35,7)	14 (48,3)	11 (47,8)	0,826 ^a
Feminino	8 (61,5)	9 (64,3)	15 (51,7)	12 (52,2)	
Nível socioeconômico*					
A1 – A2	1 (7,7)	1 (7,1)	0 (0,0)	1 (4,3)	0,920 ^a
B1 – B2	8 (61,5)	8 (57,1)	18 (62,1)	14 (60,9)	
C1 – C2	4 (30,8)	5 (35,7)	10 (34,5)	8 (34,8)	
D – E	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,4)	0 (0,0)	
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	
Idade (anos)	15,8 (0,4)	16,4 (0,8)	16,2 (0,6)	16,3 (0,8)	0,071 ^b

DP: desvio-padrão; *Critério ABEP (2015), considerando classe A1-A2 (alta), B1-B2 (média alta), C1-C2 (média) e D-E (baixa); ^aTeste de qui-quadrado; ^bTeste de Kruskal-Wallis. Diferenças significativas para $p<0,05$.

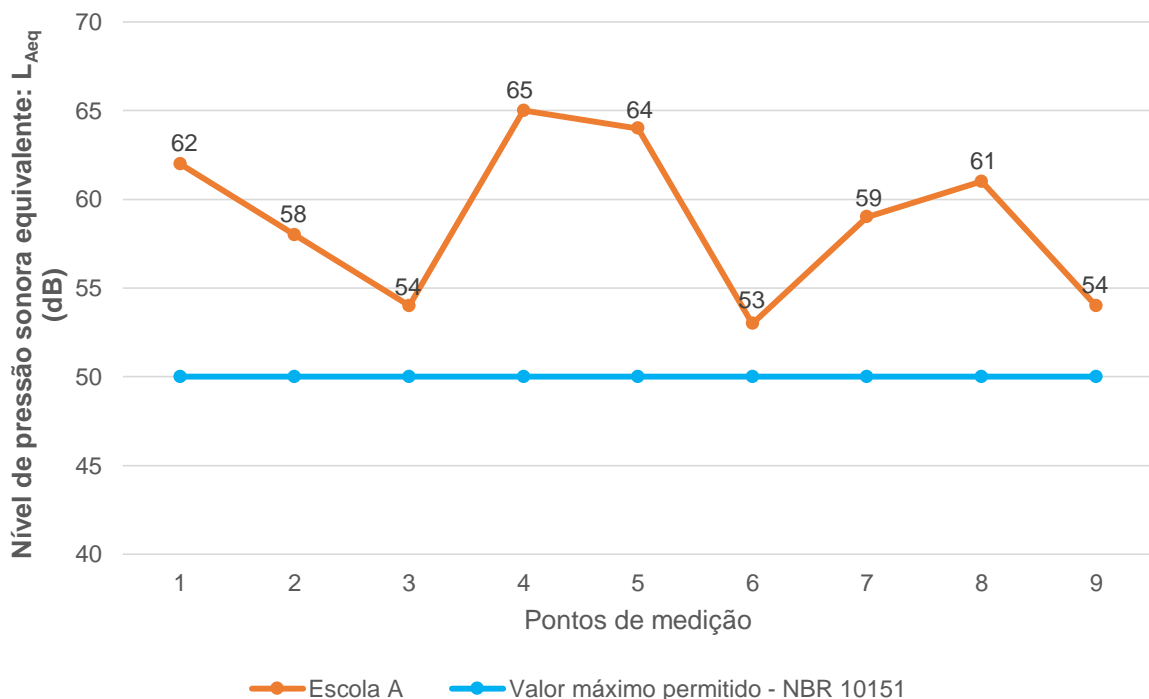
4.2 CONDIÇÕES ACÚSTICAS

4.2.1 Ruído ambiental externo às salas de aula

Momento 1

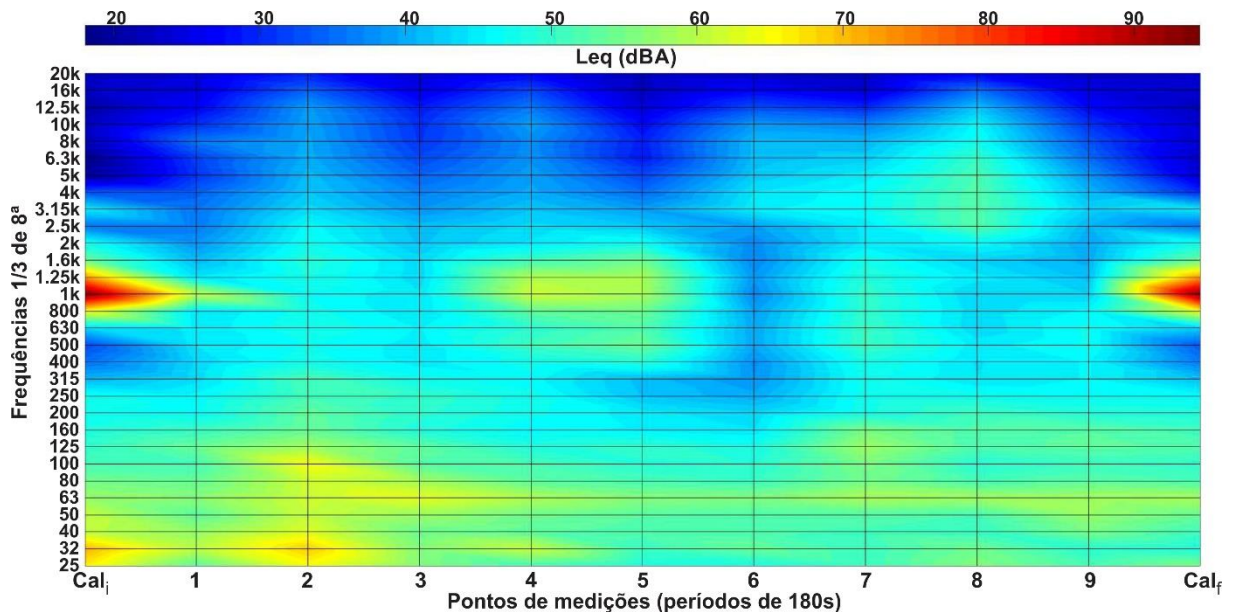
Os valores médios do NPS de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola A (Figura 24), demonstram que o ruído é superior ao estabelecido pela NBR 10151 (ABNT, 2000), variando de 53 a 65 dBA. Porém, ressalta-se que, durante esta avaliação, junto ao ponto 2, um caminhão deu partida no motor, em local próximo ao medidor de NPS. Nos pontos 4 e 5, que atingiram 65 e 53 dBA, respectivamente, observou-se o funcionamento de uma serra elétrica de uma obra civil próxima. Ressalta-se que a elevação do NPS destes pontos pode ser considerada esporádica, pois as ruas do entorno da escola A são estreitas, de baixa intensidade de tráfego de veículos, com predominância de veículos leves e a obra é um evento temporário.

Figura 24. Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola A – momento 1



O espectro do NPS representado pela figura 25, para a escola A, detalha estes eventos que ocorreram durante as medições. Apresenta, por exemplo, nos pontos 1 ao 4, em baixas frequências, níveis L_{Aeq} em torno 60 dB a 65 dB, justificados pelo trânsito de automóveis. Para frequências acima de 1600 Hz, a predominância é de níveis L_{Aeq} de até cerca 50 dB. Nos pontos 4 e 5 é possível identificar a influência da serra elétrica em torno dos 1000 Hz. Os pontos extremos do espectro mostram, no início e no fim da avaliação, a calibração do medidor de NPS (94 dBA).

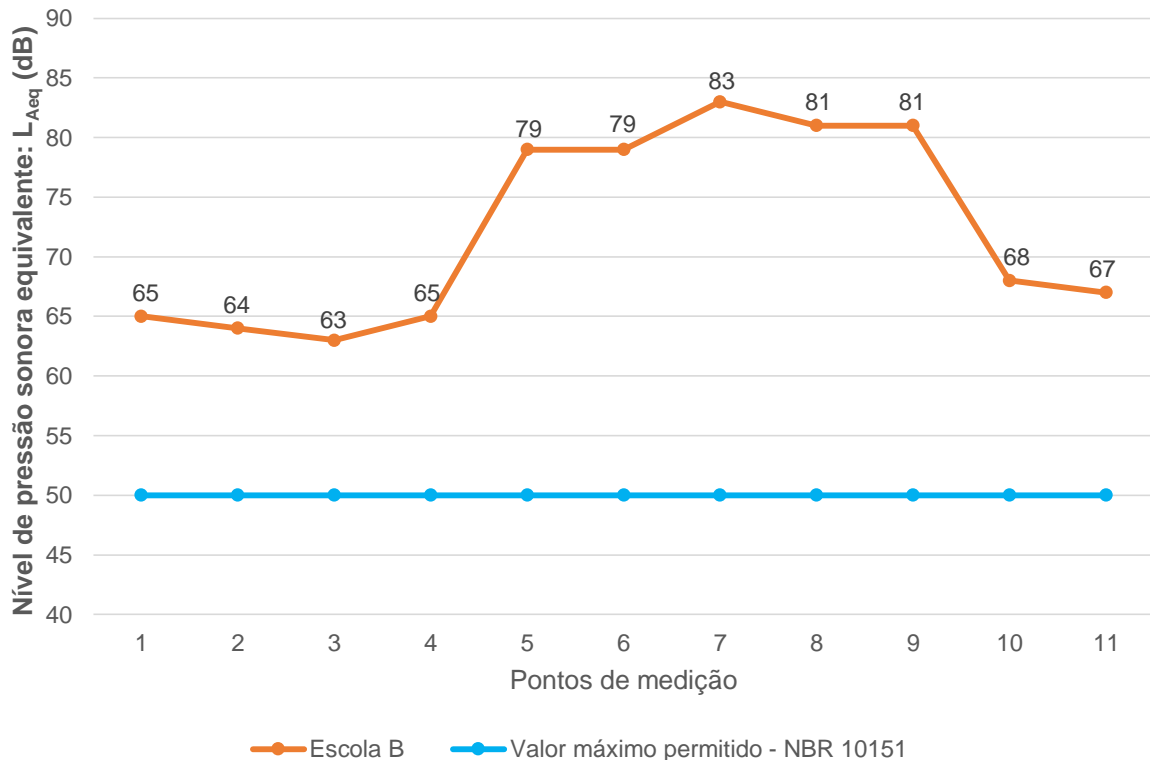
Figura 25. Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola A – momento 1



A figura 26 apresenta os valores médios de NPS, para a escola B, em cada ponto de medição. Observa-se ruído bastante superior ao limite constante na NBR 10151, a qual estabelece um nível de ruído máximo de 50 dB(A) para área escolar durante o dia (ABNT, 2000). Os pontos 1 ao 4, que atingiram uma média de L_{Aeq} 64,25 dB, expressam o ruído do trânsito da rua em frente à escola. Do ponto 5 ao 9 (pontos 5 e 6: pátio interno descoberto; pontos 7, 8 e 9: pátio interno coberto – saguão), o valor médio do NPS foi de L_{Aeq} 80,6 dB. Ressalta-se que, apesar dos adolescentes participantes do estudo estarem em atividades em suas salas, as crianças do ensino fundamental estavam brincando nesses locais, devido ao intervalo (recreio escolar) ou atividades recreativas da escola. No ponto 10 (corredor interno do segundo pavimento, que dá acesso à sala da turma 2), bem como no

ponto 11 (saguão coberto), os ambientes avaliados estavam desocupados, pois todos os alunos já haviam retornado das suas atividades recreativas e encontravam-se em suas salas, apresentando L_{Aeq} de 68 e 67 dB, respectivamente.

Figura 26. Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola B – momento 1

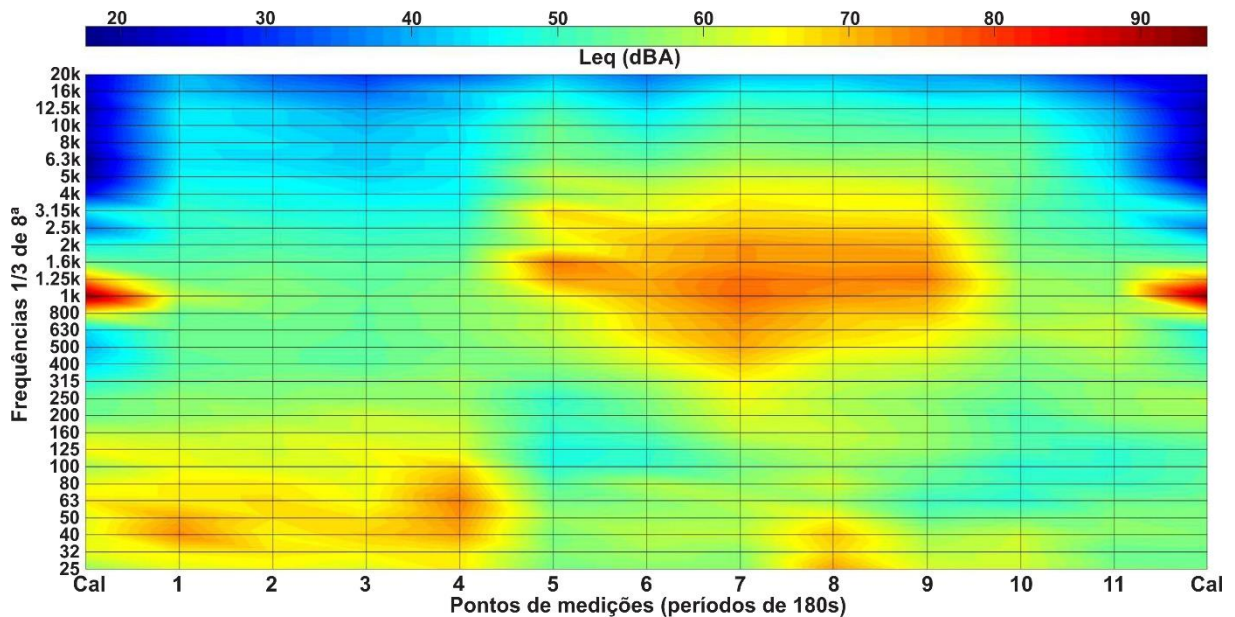


Estudo realizado em Portugal, com três escolas, identificou ruído ambiental de 72,0 dBA, 67,2 dBA e 72,3 dBA (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2016), superior ao estabelecido pela normalização portuguesa, de 55 dBA durante o dia (PORTUGAL, 2007). Os dados obtidos neste estudo português são superiores aos encontrados na escola A, do presente estudo, bem como inferiores aos encontrados na escola B.

A figura 27 mostra o espectro do NPS para a escola B, o qual apresenta níveis de aproximadamente 65 dBA para frequências baixas, nos pontos 1 ao 4, caracterizando o ruído intenso do tráfego urbano, observando-se a passagem frequente de veículos pesados, como ônibus e caminhões. Para as frequências médias e altas (ponto 5 ao 9), observou-se cerca de 80 dBA, caracterizando o ruído gerado pela voz das crianças, no pátio interno, no qual encontravam-se em atividades recreativas; neste momento, os adolescentes avaliados estavam em aula

normal. Os pontos extremos (1.000 Hz), no início e no fim da avaliação, caracterizam a calibração do medidor de NPS (94 dBA).

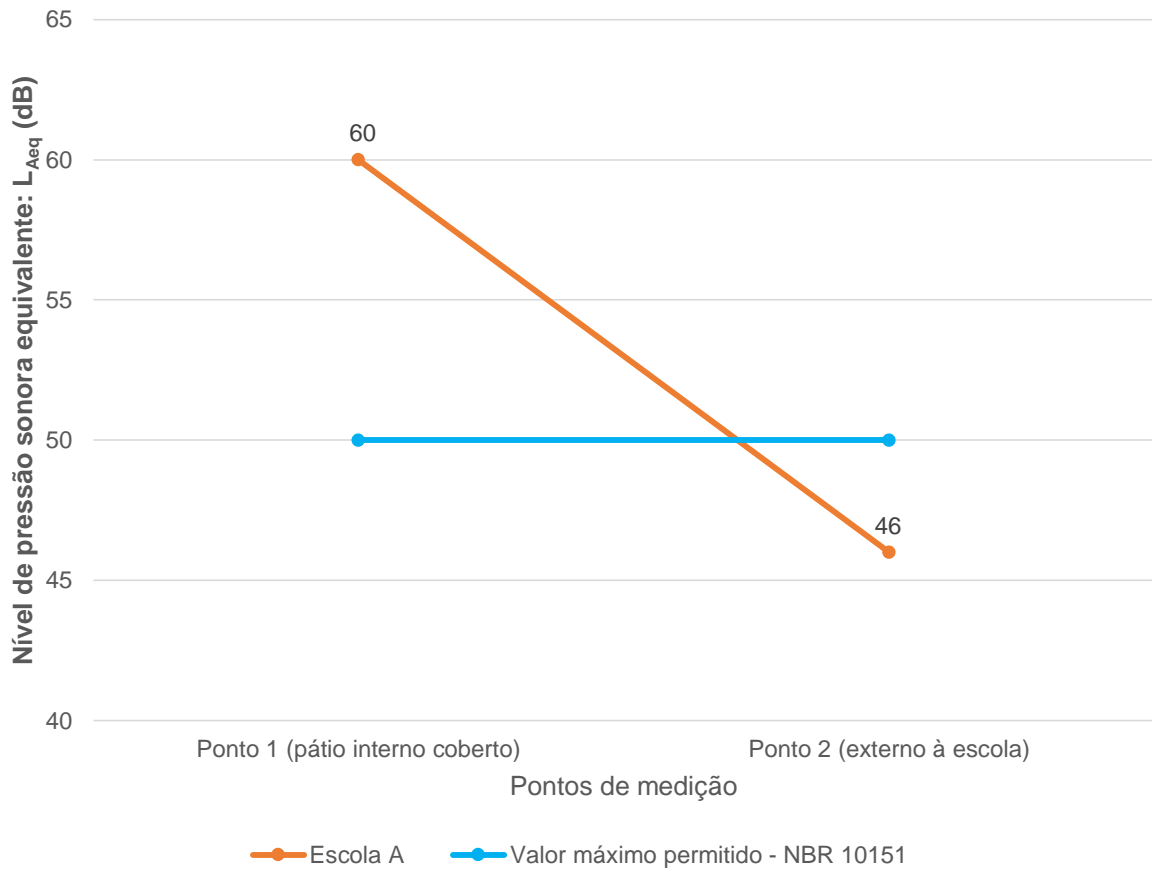
Figura 27. Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola B – momento 1



Momento 2

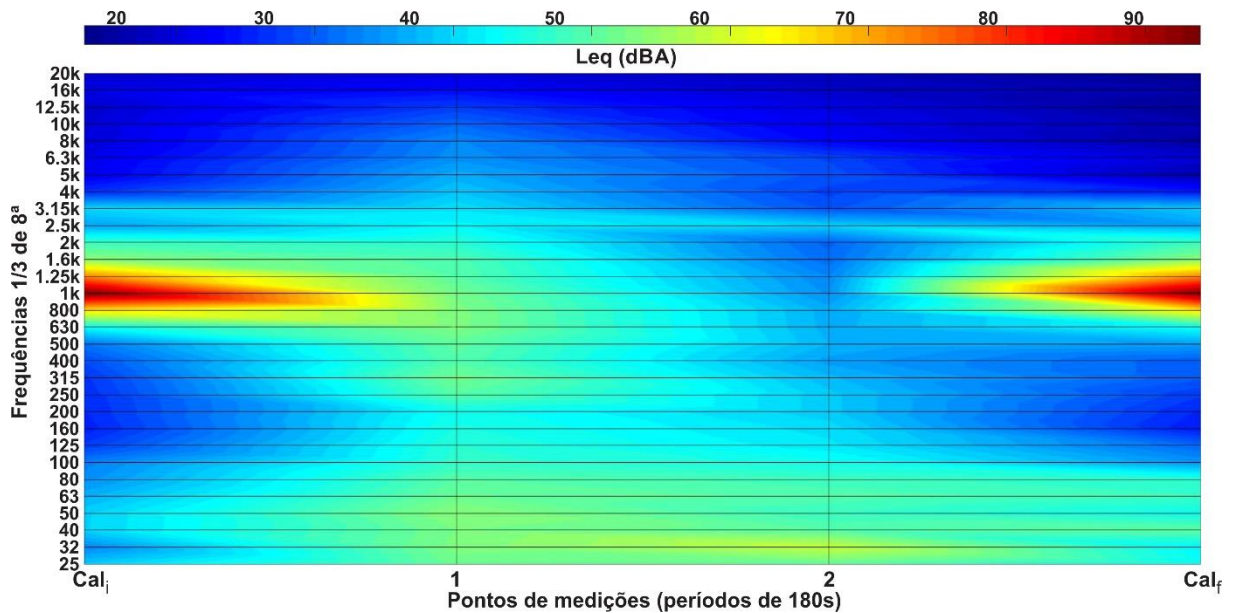
A avaliação do NPS da escola A, no momento 2 (Figura 28), indica L_{Aeq} 46 dB no ponto 2, externo à escola (rua), atendendo ao limite recomendado pela NBR 10151 (ABNT, 2000). Em comparação ao primeiro momento, houve redução no L_{Aeq} de 7 a 19 dB, o que era esperado, pois no segundo momento não havia o ruído gerado pela serra elétrica e ainda observou-se uma menor movimentação de automóveis. No ponto 1, no pátio interno da escola, em um ambiente aberto, mas coberto, o L_{Aeq} ficou em 60 dB, semelhantes aos valores medidos no momento 1. Durante estas avaliações, a escola estava em funcionamento, sendo que a maioria dos alunos se encontrava em sala de aula e um pequeno grupo no saguão coberto, aberto nas laterais (sem paredes), próximos ao ponto de medição (ponto 2). Ressalta-se, ainda, que o valor do NPS é bastante inferior no ambiente exterior à escola (na rua), em comparação ao ambiente interno, caracterizado como um saguão coberto, mas sem paredes laterais.

Figura 28. Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola A – momento 2



O espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola A, avaliado no segundo momento (Figura 29), demonstra que no ponto interno à escola (ponto 1) há a predominância das frequências da voz humana, caracterizando o ruído gerado pelas crianças, que se encontravam no saguão coberto. No ponto 2, observa-se pequeno destaque para as frequências baixas, explicadas pelo resíduo de ruído gerado nas ruas próximas, pois durante a medição, não ocorreu a passagem de nenhum veículo, fato que demonstra o baixo tráfego urbano no local.

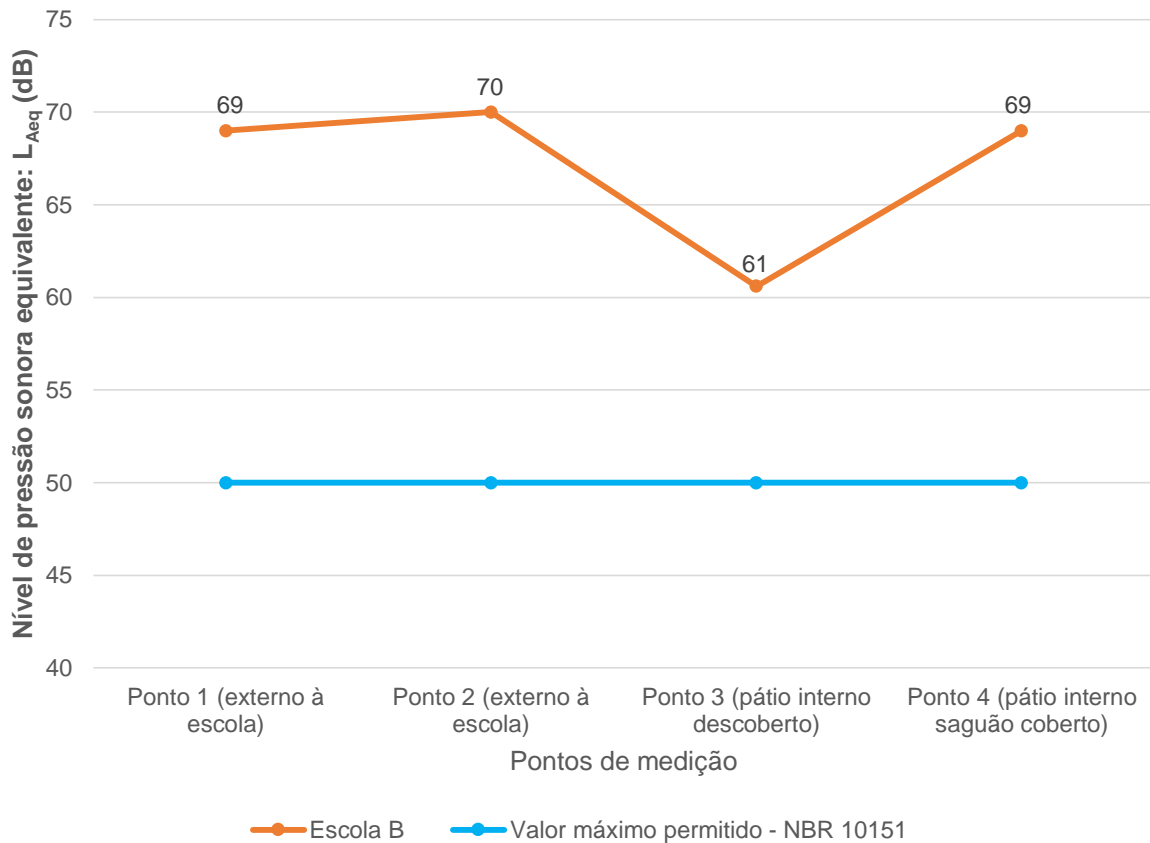
Figura 29. Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola A– momento 2



Na escola B, a avaliação do NPS, no momento 2 (Figura 30), indica que todos os pontos avaliados, tanto no ambiente exterior da escola, quanto no pátio interno, ficaram acima do limite estabelecido pela NBR 10151 (ABNT, 2000).

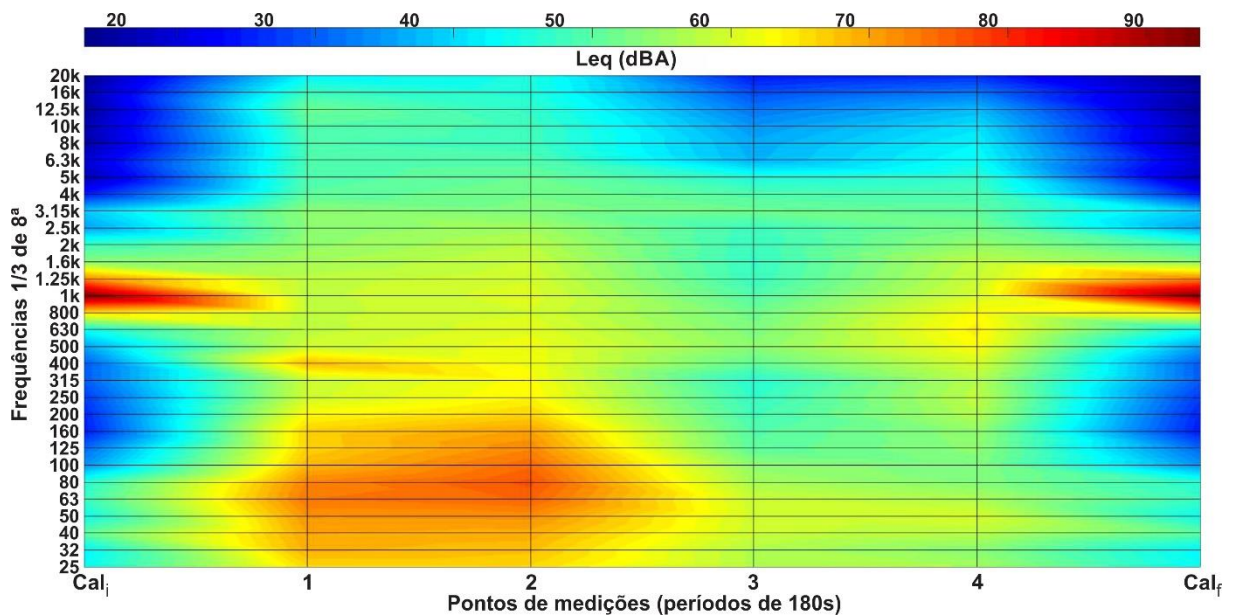
Observa-se que os dois primeiros pontos se referem às medições externas à escola e, comparadas com os valores obtidos no 1º momento, houve um pequeno aumento do NPS. Porém, nos pontos 3 e 4 houve uma redução do NPS, em comparação aos mesmos pontos do primeiro momento, pelo fato de que todos os alunos se encontravam em suas salas, estando o pátio interno desocupado. Entretanto, os valores obtidos são elevados, assemelhando-se ao L_{Aeq} médio de uma rua com intenso tráfego urbano.

Figura 30. Valor médio do nível de pressão sonora equivalente – L_{Aeq} de cada ponto de medição, na área externa às salas da escola B – momento 2



No segundo momento da avaliação do espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola B (Figura 31), observou-se um aumento no L_{Aeq} de cerca de 5dB no ruído do tráfego urbano, se comparados com o momento 1, com média de 69,5dB para os pontos 1 e 2. O ponto 3, expressa o ruído do pátio interno descoberto, no qual, se comparado com as medições do momento 1, verifica-se uma redução, que pode ser explicada pelo fato de, no momento das medições, os alunos encontrarem-se, predominantemente, dentro das suas salas de aula. No ponto 4 (saguão coberto do pátio interno), mediu-se L_{Aeq} 69 dB, demonstrando que, apesar do saguão estar vazio e localizar-se longe da rua, ainda registraram-se valores de NPS semelhantes aos encontrados nas medições ao lado do tráfego urbano. Este fato pode ser explicado pelo posicionamento das salas de aula que tem suas janelas (abertas durante as atividades em sala de aula) voltadas para dentro do saguão, uma de frente para outra, de forma que o ruído gerado dentro das salas de aula fique retido pela cobertura do saguão e promova esse ruído elevado.

Figura 31. Espectro do NPS do entorno das salas de aula da escola B– momento 2



De uma forma geral, os dois momentos apresentaram dados semelhantes, demonstrando que a escola B apresenta maior ruído, tanto na parte externa à escola (gerado pelo tráfego urbano), como também no pátio interno (gerado pelos usuários). A escola A demonstrou, nos dois momentos, níveis sonoros inferiores, tanto na parte interna à escola, quanto na parte externa, chegando a apresentar valores dentro dos limites recomendados pela NBR 10151 (ABNT, 2000). Ressalta-se, portanto, a importância do planejamento adequado do projeto, tanto na locação da escola dentro de um bairro com menor tráfego urbano, como também a disposição volumétrica e espaçamentos dos blocos, de forma a possibilitarem recuos adequados, fazendo com que as atividades exercidas dentro da escola não prejudiquem o processo de ensino-aprendizagem.

4.2.1 Condições acústicas da sala

Com relação às condições acústicas das salas (Tabela 4), observa-se que as duas escolas apresentam diferentes padrões de TR, STI e AL_{cons} . As salas avaliadas, nas duas escolas, não apresentam condições acústicas internas adequadas. Para o NPS avaliado com a sala ocupada e desocupada, não foram observadas diferenças significativas entre as escolas.

Os valores do TR encontrados, tanto na escola A (1,14 s), quanto na escola B (1,35 s para turma 1 e 1,25 s para turma 2), são superiores ao estabelecido pela norma ANSI/ASA S12.60 (2010), a qual indica que, para salas de aula com até 283m³, o valor máximo deve ser 0,6 s, considerando a média das bandas de oitava nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. Um longo TR não é adequado para salas de aula, devido ao som refletido permanecer por mais tempo na sala, inclusive os sons indesejáveis (movimento dos pés e das cadeiras, por exemplo), interferindo na inteligibilidade da fala (RABELO et al., 2014; KLATTE; LACHMANN; MEIS, 2010). Em escolas públicas de Belo Horizonte-MG, todas as salas avaliadas também apresentaram tempo de reverberação acima do ideal, variando de 0,69 a 2,09 s, com mediana de 0,88 s (RABELO et al., 2014). Na Alemanha, o TR variou de 0,49 a 1,1s, sendo que das 17 salas com alunos de segundo grau avaliadas, em 8 escolas, 5 salas apresentaram TR inferior a 0,6 s (KLATTE et al., 2010). Diferentemente, em Papillion, no estado de Nebraska, EUA, todas as salas avaliadas apresentaram TR inferior a 0,6 s, estando em conformidade com a norma (RONSSE; WANG, 2013).

Estudo realizado em Curitiba-PR, com salas de aula da Universidade do Paraná situadas em dois prédios construídos em épocas distintas, demonstrou que as salas de aula construídas na década de 60 apresentaram TR mais próximos do valor recomendado pela norma ANSI/ASA S12.60 (2010), variando de 0,6 a 1,1 s, em comparação às salas construídas no ano de 2000, as quais não atingiram os níveis recomendados pela norma, com variação de 1,3 a 2,7 s. Após avaliação das condições acústicas, os autores escolheram uma sala, no prédio construído na década de 2000, para realizarem simulações acústicas computacionais. A sala escolhida apresentava TR médio de 2,5 s e, após sugestão de substituição do piso vinílico por parquet de madeira e instalação de forro de material absorvente no teto, o TR passou para 0,5 s, ficando em conformidade com a norma ANSI/ASA S12.60 (2010) (ZANNIN; FERREIRA; SANT'ANA, 2009).

Na avaliação do STI, parâmetro fundamental para a comunicação entre o professor e o aluno (RABELO et al., 2014), todas as salas apresentaram resultado “aceitável” pela norma IEC 60268-16 (IEC, 2011), como mostra a Tabela 4. Em escolas de Belo Horizonte-MG, a mediana do STI foi de 0,65, variando entre 0,47 a 0,70 (RABELO et al., 2014), ficando entre “bom” e “aceitável” pela norma IEC 60268-16 (IEC, 2011). Em Varsóvia, capital da Polônia, estudo realizado em salas de aula de 5 escolas demonstrou que o STI variou de 0,57 a 0,68 (MIKULSKI; RADOSZ,

2011). Em escolas de Guangzhou, na China, o STI apresentou variação de 0,64 a 0,66 nas salas avaliadas (PENG; YAN; WANG, 2015).

O estudo de Zannin, Ferreira e Sant'Ana (2009), realizado na Universidade do Paraná, demonstrou que uma sala de aula apresentava STI entre 0,39 e 0,42, considerado como “razoável” pela IEC 60268-16 (IEC, 2011). Após sugestões de controle da reverberação, simuladas através de programa computacional, utilizando materiais de revestimento com maiores coeficientes de absorção sonora, o STI passou a 0,73 e 0,76, valores considerados como “boa” inteligibilidade da fala.

A avaliação da AL_{cons} demonstra diferença significativa entre as salas avaliadas, apresentando a escola A valores inferiores. Porém, quando avaliada a classificação, todas as salas configuram-se como inteligibilidade razoável (7-15%), conforme os valores indicados por Patrício (2010).

Para o NPS interno, não foram encontradas diferenças significativas entre as salas de aula, quando avaliadas com a presença dos alunos. Da mesma forma, não foi encontrada diferença significativa entre as salas de aula sem a presença dos alunos. Na avaliação com a sala ocupada, a sala da escola A (L_{Aeq} 74,4 dB) e a turma 1 da escola B (L_{Aeq} 75,30 dB) estavam em atividade normal de aula, ministrada pelo professor; por outro lado, na turma 2 da escola B, os alunos estavam em silêncio, realizando uma avaliação individual e o valor encontrado (L_{Aeq} 57,80 dB) representa o ruído do tráfego urbano, oriundo das janelas da sala, as quais estavam abertas. Para as medições feitas com as salas vazias, com portas e janelas fechadas, observa-se valor mais elevado para a escola A, entretanto, esta medida é justificada em função do horário disponibilizado pela escola para medição (intervalo do almoço), no qual os alunos já estavam chegando à escola para a aula do turno da tarde e realizavam atividades recreativas no pátio interno da escola, próximo à sala avaliada, antes que iniciasse o turno. Já para a Escola B, as medições de NPS internas com as salas desocupadas, foram realizadas durante a troca dos turnos da tarde com a noite e com a escola totalmente desocupada. O valor de L_{Aeq} 43,70 dB medido na sala da Turma 1, demonstra que, o ruído do tráfego não afeta a sala devido a sua posição e distância em relação a rua Marechal Floriano e que o ruído interno medido durante a aula ocupada, é gerado dentro da sala pelos usuários e também no saguão coberto ao lado. Já a sala da turma 2, apresentou L_{Aeq} 49,90 dB, mostrando que a proximidade à rua eleva os níveis de ruído interno.

Tabela 4. Condições acústicas das salas avaliadas

Acústica das salas	Escola A	Escola B		P
		Turma 1	Turma 2	
	Mediana (IIQ)	Mediana (IIQ)	Mediana (IIQ)	
TR (s)	1,14 (1,12-1,16)	1,35 (1,34-1,38)	1,25 (1,24-1,27)	<0,001 ^a
STI	0,58 (0,57-0,60)	0,55 (0,54-0,55)	0,56 (0,56-0,56)	<0,001 ^b
AL _{cons} (%)	7,29 (6,56-7,82)	8,80 (8,62-9,11)	8,06 (7,98-8,11)	<0,001 ^c
NPS (dBA) ¹	55,00 (-)	43,70 (-)	49,90 (-)	0,368
NPS (dBA) ²	74,40 (-)	75,30 (-)	57,80 (-)	0,055

Avaliações acústicas considerando bandas de oitava e frequências entre 500 e 2000 Hz para TR; ¹sala desocupada e portas e janelas fechadas; ²sala ocupada, portas fechadas e janelas abertas; Teste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni; diferenças significativas para $p < 0,05$; IIQ: intervalo interquartil; TR: tempo de reverberação; STI: *speech transmission index* (índice de transmissão da fala); AL_{cons}: *articulation loss of consonants* (perda de articulação das consoantes); ^adiferença entre escola A e turma 1 da escola B ($p < 0,001$), entre escola A e turma 1 da escola B ($p < 0,001$) e entre turma 1 e turma 2 da escola B ($p < 0,001$); ^bdiferença entre escola A e turma 1 da escola B ($p < 0,001$), entre escola A e turma 2 da escola B ($p < 0,001$) e entre turma 1 e turma 2 da escola B ($p = 0,002$); ^cdiferença entre escola A e turma 1 da escola B ($p < 0,001$), entre escola A e turma 2 da escola B ($p = 0,002$) e entre turma 1 e turma 2 da escola B ($p < 0,001$).

4.3 PERCEPÇÃO DO AMBIENTE ESCOLAR

Com relação à percepção do aluno, referente às condições da sala de aula (Tabela 5), observa-se que a característica que mais dificulta o trabalho na sala é o barulho, em todas as turmas avaliadas (85,5%); porém, para a turma 2, da escola B, também foi elevado o percentual que respondeu o tamanho da sala (21,7%). Quando questionados se ouvem a voz do professor da sala vizinha, observa-se diferença significativa ($p < 0,001$) entre as salas avaliadas, sendo que na escola B, 17,2% dos escolares da turma 1 e 17,4% da turma 2 sempre ouvem; já na escola A, nenhum escolar afirmou sempre ouvir o professor da sala vizinha.

Também, foi observada diferença significativa ($p = 0,045$) entre as salas quando questionados se entendem perfeitamente o que o professor está falando. Na escola A, a maior parte dos escolares sempre entendem bem (59,3%); porém, na escola B, a maior parte dos escolares somente algumas vezes entendem bem o que o professor fala, tanto para a sala 1 (69,0%), quanto para a sala 2 (60,9%). Além disso, é elevado o percentual de escolares, nas duas escolas, que indicam que o professor fala enquanto escreve no quadro, o que prejudica a inteligibilidade da fala, pois o aluno recebe o som refletido e não o som direto da fala do professor.

Apesar de não haver diferença significativa, os adolescentes que estudam na escola B referiram, em maior percentual, que os ruídos provenientes da movimentação externa à sala de aula são extremamente prejudiciais à

aprendizagem, principalmente na turma 2 (65,2%). Quando questionados se existe lugares, na sala de aula, em que não é possível ouvir bem o professor, observou-se que as respostas foram significativamente diferentes entre as turmas avaliadas ($p=0,007$). Na escola A, a maior parte dos escolares respondeu que não existem lugares problemáticos para ouvir o professor (70,4%); já na escola B, o maior percentual foi encontrado na resposta sim, em que existem locais, dentro da sala de aula, em que não é possível ouvir o professor está falando, tanto para a turma 1 (55,2%), como para a turma 2 (73,9%).

Na Suécia, foi avaliada a percepção de adolescentes com relação ao ruído da sala de aula. Identificou-se que em 69% das aulas, pelo menos três alunos descreveram o ambiente sonoro como adverso, sendo que em 88% das aulas um ou mais alunos demonstraram dificuldade de concentração devido ao ruído (PERSSON WAYE et al., 2015). Para Connolly et al. (2013), em estudo realizado na Inglaterra, os adolescentes apresentam melhor percepção do ruído em salas de aula, em comparação aos alunos mais jovens, pois são significativamente mais sensíveis ao ruído e demonstram com maior frequência que as condições acústicas inadequadas das salas de aula prejudicam o seu desempenho escolar.

Tabela 5. Percepção do aluno, referente às condições da sala de aula

Percepção do aluno	Escola	Escola B		p
	A n (%)	Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	
O que mais dificulta o trabalho em sala de aula				
Tamanho da sala	1 (3,7)	1 (3,4)	5 (21,7)	0,025
Formato da sala	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (4,3)	
Má iluminação	0 (0,0)	3 (10,3)	0 (0,0)	
Barulho	26 (96,3)	25 (86,2)	17 (73,9)	
É possível ouvir o professor da sala vizinha				
Sempre	0 (0,0)	5 (17,2)	4 (17,4)	<0,001
Algumas vezes	15 (55,6)	22 (75,9)	19 (82,6)	
Nunca	12 (44,4)	2 (6,9)	0 (0,0)	
Entende perfeitamente o que o professor está falando				
Sempre	16 (59,3)	7 (24,1)	9 (39,1)	0,045
Algumas vezes	11 (40,7)	20 (69,0)	14 (60,9)	
Nunca	0 (0,0)	2 (6,9)	0 (0,0)	
Ruídos provenientes da movimentação externa à sala de aula				
São altamente prejudiciais à aprendizagem	9 (33,3)	14 (48,3)	15 (65,2)	0,080
Não são prejudiciais à aprendizagem	18 (66,7)	15 (51,7)	8 (34,8)	
Professores falam voltado para o quadro enquanto escrevem				
Sim	16 (59,3)	14 (48,3)	14 (60,9)	0,596

Não	11 (40,7)	15 (51,7)	9 (39,1)	
Existem lugares, na sala de aula, em que não é possível ouvir bem o professor				
Sim	8 (29,6)	16 (55,2)	17 (73,9)	0,007
Não	19 (70,4)	13 (44,8)	6 (26,1)	
Local da sala em que não é possível ouvir bem o professor				
Perto da parede interna da sala	0 (0,0)	1 (6,3)	3 (17,6)	
Perto da parede externa (janelas)	0 (0,0)	3 (18,8)	7 (41,2)	0,054
No fundo da sala	8 (100,0)	11 (68,8)	5 (29,4)	
No centro da sala	0 (0,0)	1 (6,3)	2 (11,8)	

Teste de qui-quadrado. Diferenças significativas para $p < 0,05$.

4.4 DESEMPENHO COGNITIVO

Com relação à classificação dos testes de desempenho cognitivo (Tabela 6), observa-se que escolares que estudam na escola A apresentam resultados mais satisfatórios para os testes de inteligência e concentração. Dessa forma, para o teste de inteligência, observou-se percentual significativamente ($p=0,028$) mais elevado de escolares da escola A na classificação “médio-médio superior” (51,9%) e superior-muito superior (7,4%), em comparação aos escolares da turma 2, da escola B, os quais apresentaram, em sua maioria, resultado na classificação “inferior-médio inferior”, com 78,3%. Para o teste de concentração, não foram observadas diferenças significativas, sendo que a maior parte dos escolares avaliados, de todas as escolas, foram classificados em “inferior-médio inferior”; porém, ressalta-se que o percentual de escolares, da escola A, para esta classificação, foi menor (63,0%), em comparação aos escolares da turma 1 (89,7%) e turma 2 (87,0%), da escola B. Quando avaliado o teste de memória, também não foram observadas diferenças significativas entre as três turmas.

Estudo realizado em Londres demonstrou que o ruído do tráfego aéreo, em escolas próximas a um aeroporto, associou-se com baixos níveis de compreensão de leitura e de memória em crianças. Por outro lado, o ruído do tráfego urbano não esteve relacionado com os resultados dos testes cognitivos (CLARK et al., 2012). Na Austrália, estudo comparou salas de aula com espaços abertos (“*open plan*”) e com tradicionais espaços fechados (“*enclosed*”). Observou-se que as salas de aula com espaços totalmente abertos não são ambientes adequados para a aprendizagem do escolar, pois o elevado nível de ruído encontrado neste tipo de sala afeta negativamente a percepção da fala. Além disso, o desempenho e a velocidade na

realização de testes cognitivos diminuíram com o aumento do ruído (MEALINGS et al., 2015). Na cidade de Omaha, nos Estados Unidos, identificou-se que tanto o elevado ruído de fundo, quanto a reverberação, estiveram associados com baixos níveis de compreensão, avaliada por atividades de discussão e leitura (VALENTE et al., 2012).

Tabela 6. Classificação dos testes de desempenho cognitivo por escola

Desempenho cognitivo	Escola A n (%)	Escola B		p
		Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	
Teste Não verbal de Inteligência G-36				
Inferior-médio inferior	11 (40,7)	11 (37,9)	18 (78,3)	0,028
Médio-médio superior	14 (51,9)	17 (58,6)	5 (21,7)	
Superior-muito superior	2 (7,4)	1 (3,4)	0 (0,0)	
Teste AC – Concentração				
Inferior-médio inferior	17 (63,0)	26 (89,7)	20 (87,0)	0,081
Médio-médio superior	9 (33,3)	3 (10,3)	2 (8,7)	
Superior-muito superior	1 (3,7)	0 (0,0)	1 (4,3)	
Teste de Memória				
Inferior-médio inferior	11 (40,7)	5 (17,2)	8 (34,8)	0,118
Médio-médio superior	6 (22,2)	4 (13,8)	6 (26,1)	
Superior	10 (37,0)	20 (69,0)	9 (39,1)	

Teste de qui-quadrado. Diferenças significativas para $p < 0,05$.

Quando analisados os valores obtidos nos testes cognitivos (Tabela 7), observa-se que escolares da escola A apresentaram mediana superior para o teste de inteligência ($p=0,010$) e para o teste de concentração ($p=0,036$). Por outro lado, para o teste de memória, resultados superiores foram encontrados entre os escolares da turma 1, da escola B ($p=0,017$).

Tabela 7. Comparação dos valores obtidos nos testes cognitivos por escola

Desempenho cognitivo	Escola A Mediana (IIQ)	Escola B		p
		Turma 1 Mediana (IIQ)	Turma 2 Mediana (IIQ)	
Teste Não verbal de Inteligência G-36	22 (12-24)	18 (13-24)	13 (10-17)	0,010 ^a
Teste AC – Concentração	92 (77-122)	84 (69-100)	82 (65-106)	0,036 ^b
Teste de Memória	25 (15-30)	29 (23-31)	24 (16-29)	0,017 ^a

^aTeste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni; ^bAnálise de variância (ANOVA) com Post-hoc de Tukey; IIQ: intervalo interquartil; teste G-36: turma 1 versus turma 2 da escola B ($p=0,025$); escola A versus turma 2 da escola B ($p=0,019$); teste AC: escola A versus turma 2 da escola B ($p=0,041$); teste de memória: turma 1 versus turma 2 da escola B ($p=0,037$).

4.5 RENDIMENTO ESCOLAR

Com relação ao rendimento escolar no primeiro trimestre (Tabela 8), observa-se que escolares da escola B, tanto na turma 1, quanto na turma 2, apresentaram pior rendimento, em comparação aos escolares da escola A, com maior constância ($p < 0,05$) para os conceitos “construção parcial” e “construção restritiva” de aprendizagem, para todas as áreas (línguas, ciências humanas, matemática e ciências da natureza).

Tabela 8. Conceitos do rendimento escolar por escola, no primeiro trimestre de 2015

Rendimento escolar no primeiro trimestre de 2015	Escola A n (%)	Escola B		p
		Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	
Línguas				
Construção satisfatória de aprendizagem	23 (85,2)	17 (58,6)	9 (39,1)	0,003
Construção parcial de aprendizagem	4 (14,8)	12 (41,4)	11 (47,8)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (13,1)	
Ciências humanas				
Construção satisfatória de aprendizagem	27 (100,0)	13 (44,8)	9 (39,1)	<0,001
Construção parcial de aprendizagem	0 (0,0)	16 (55,2)	14 (60,9)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	
Matemática				
Construção satisfatória de aprendizagem	27 (100,0)	14 (48,3)	9 (39,1)	<0,001
Construção parcial de aprendizagem	0 (0,0)	11 (37,9)	9 (39,1)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	4 (13,8)	5 (21,8)	
Ciências da natureza				
Construção satisfatória de aprendizagem	26 (96,3)	9 (31,0)	4 (17,4)	<0,001
Construção parcial de aprendizagem	1 (3,7)	18 (62,1)	13 (56,5)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	2 (6,9)	6 (26,1)	

Teste de qui-quadrado. Diferenças significativas para $p < 0,05$.

No segundo trimestre (Tabela 9), foram encontradas diferenças significativas para as áreas matemática ($p < 0,001$) e ciências da natureza ($p < 0,001$), sendo que os alunos da escola B também apresentaram rendimento inferior, com maior constância para os conceitos “construção parcial” e “construção restritiva” de aprendizagem, principalmente para matemática, na turma 2; para ciências da natureza, os resultados foram semelhantes nas turmas 1 e 2, da escola B.

Tabela 9. Conceitos do rendimento escolar por escola, no segundo trimestre de 2015

Rendimento escolar no segundo trimestre de 2015	Escola A n (%)	Escola B		p
		Turma 1 n (%)	Turma 2 n (%)	
Linguagens				
Construção satisfatória de aprendizagem	17 (63,0)	15 (51,7)	13 (56,5)	0,797
Construção parcial de aprendizagem	9 (33,3)	13 (44,8)	10 (43,5)	
Construção restritiva de aprendizagem	1 (3,7)	1 (3,4)	0 (0,0)	
Ciências humanas				
Construção satisfatória de aprendizagem	27 (100,0)	25 (86,2)	20 (87,0)	0,136
Construção parcial de aprendizagem	0 (0,0)	4 (13,8)	3 (13,0)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	
Matemática				
Construção satisfatória de aprendizagem	27 (100,0)	13 (44,8)	2 (8,7)	<0,001
Construção parcial de aprendizagem	0 (0,0)	5 (17,2)	8 (34,8)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	11 (37,9)	13 (56,5)	
Ciências da natureza				
Construção satisfatória de aprendizagem	23 (85,2)	9 (31,0)	8 (34,8)	<0,001
Construção parcial de aprendizagem	4 (14,8)	20 (69,0)	13 (56,5)	
Construção restritiva de aprendizagem	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (8,7)	

Teste de qui-quadrado. Diferenças significativas para $p < 0,05$.

Estudo realizado com escolares da Inglaterra e País de Gales demonstrou que a exposição crônica ao ruído, tanto externo, quanto interno, apresenta um impacto negativo no rendimento escolar do aluno. O estudo demonstrou que há correlação negativa e significativa entre os níveis de ruído e rendimento escolar em matemática, leitura, língua inglesa e ciências (SHIELD; DOCKRELL, 2008). Estudo conduzido na Holanda, Espanha e Reino Unido demonstrou que o ruído externo, gerado pelo tráfego aéreo e urbano, está associado com níveis mais baixos de compreensão de leitura em escolares (STANSFELD et al., 2005).

4.6 INDICADORES DE SAÚDE

Os resultados dos indicadores de saúde, avaliados através da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca em repouso e cortisol salivar, estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Comparação dos indicadores de saúde por escola

Indicadores de saúde	Escola A		Escola B		p
			Turma 1	Turma 2	
	Mediana (IIQ)		Mediana (IIQ)	Mediana (IIQ)	
PAS - início (mmHg)	110 (100-120)		110 (100-120)	120 (110-130)	0,059 ^a
PAS - término (mmHg)	110 (100-120)		110 (99-120)	120 (110-130)	0,114 ^a
PAD - início (mmHg)	70 (60-80)		70 (60-80)	80 (60-80)	0,535 ^a
PAD - término (mmHg)	70 (60-80)		70 (60-80)	80 (60-80)	0,612 ^a
FC - início (bpm)	82 (74-86)		80 (70-94)	79 (72-86)	0,941 ^a
FC - término (bpm)	86 (78-90)		82 (75-99)	84 (78-87)	0,906 ^b
Cortisol - início (µl/dL)	0,472 (0,325-0,568)		0,349 (0,290-0,413)	0,378 (0,305-0,449)	0,009 ^a
Masculino	0,463 (0,316-0,502)		0,293 (0,285-0,345)	0,335 (0,289-0,409)	0,120 ^a
Feminino	0,472 (0,339-0,595)		0,388 (0,349-0,423)	0,398 (0,341-0,456)	0,301 ^a
Cortisol - final (µl/dL)	0,242 (0,226-0,265)		0,256 (0,200-0,289)	0,232 (0,205-0,260)	0,453 ^a
Masculino	0,257 (0,238-0,294)		0,279 (0,217-0,344)	0,236 (0,198-0,260)	0,184 ^a
Feminino	0,234 (0,216-0,257)		0,207 (0,196-0,276)	0,232 (0,208-0,270)	0,832 ^a
Cortisol – Δ (µl/dL)	0,213 (0,067-0,313)		0,115 (0,009-0,166)	0,149 (0,084-0,192)	0,043 ^b
Masculino	0,190 (0,047-0,248)		0,009 (-0,043-0,107)	0,137 (0,057-0,171)	0,025 ^a
Feminino	0,246 (0,077-0,377)		0,144 (0,115-0,230)	0,179 (0,094-0,274)	0,208 ^a

^aTeste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni; ^bAnálise de variância (ANOVA) com Post-hoc de Tukey; IIQ: intervalo interquartil; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca em repouso; bpm: batimentos por minuto; início: início da aula; final: final da aula; Δ: diferença entre o início e o término da aula; cortisol início: escola A versus turma 1 da escola B (p=0,008); cortisol – Δ: escola A versus turma 1 da escola B (p=0,044); cortisol – Δ (masculino): escola A versus turma 1 da escola B (p=0,022).

Observou-se diferença significativa entre as turmas avaliadas somente para a dosagem de cortisol. Dessa forma, apesar dos escolares da escola A apresentarem maiores níveis deste marcador no início da aula, a redução do cortisol, durante a manhã, foi maior entre estes escolares, os quais diferiram significativamente (p=0,043) dos adolescentes da turma 1, da escola B, que apresentaram uma diminuição menor nos níveis de cortisol ao longo da manhã. A diferença entre o cortisol do início e do final da manhã, na comparação os escolares da escola A e os escolares da turma 2, da escola B, não diferiu significativamente. Dez escolares, todos da escola B, apresentaram um aumento dos níveis de cortisol no final da manhã (dados não apresentados em tabela). Porém, quando os dados de cortisol foram divididos por sexo, a diferença entre o cortisol do início e do final da manhã diferiu entre as escolas apenas para o sexo masculino (p=0,025), entre a escola A e a turma 1 da escola B (p=0,022).

Cabe destacar que o cortisol atinge o pico entre 7 e 8 horas da manhã, decaindo durante o dia (GAMBLE et al., 2014). Esse pico de cortisol, no início da manhã, não apresenta grande variação intraindividual e refere-se a fatores genéticos; por outro lado, os níveis de cortisol, ao longo da manhã, são influenciados

por fatores ambientais (WUST et al., 2000; BARTELS et al., 2003). Assim, o cortisol salivar, coletado ao longo da manhã, é considerado um bom indicador de resposta a agentes estressores, como o ruído (MERLOT; MOUNIER; PRUNIER).

Estudo realizado com escolares de 10 anos de idade, na cidade de Uppsala, na Suécia, vai ao encontro do presente estudo, demonstrando que existe relação entre o ruído e redução da variabilidade do cortisol durante a manhã (WÅLINDER et al., 2007). Em mulheres, foi demonstrado que o cortisol salivar, avaliado pela manhã, aumentou em 34% quando estas foram expostas ao ruído do tráfego aéreo (>60 dB), em comparação às mulheres expostas à ≤ 50 dB (SELANDER et al., 2009). Estudo canadense demonstrou que a exposição ao ruído, em adultos, aumenta a secreção de cortisol e relaciona-se com o estresse subjetivo (HÉBERT; LUPIEN, 2009).

Os dados do presente estudo demonstram ainda que, apesar de não haver diferença significativa, a mediana da PAS foi ligeiramente superior entre os escolares da turma 2, pertencentes à escola B (Tabela 9). Na Suécia, foram avaliadas três turmas de 4ª série (alunos com 10 anos de idade), durante quatro semanas. Foram realizadas medições do nível sonoro equivalente todos os dias e avaliações fisiológicas (pressão arterial, frequência cardíaca e cortisol salivar) uma vez por semana. Observou-se que a PAS aumentou numericamente com a elevação do nível sonoro, porém sem diferença significativa. Com a PAD, não houve relação. Observou-se, por outro lado, uma correlação fraca ($r=-0,19$), porém significativa ($p=0,005$), entre os níveis de cortisol e o nível sonoro equivalente (WÅLINDER et al., 2007). Estudo realizado na Áustria, comparando duas áreas de moradia distintas, sendo uma com baixos níveis de ruído (<50 dBA) e outra com elevados níveis (>60 dBA), identificou que crianças com elevado nível de cortisol durante a noite são mais suscetíveis a apresentarem elevação também na pressão arterial, em resposta ao ruído do tráfego urbano (LERCHER; EVANS; WIDMANN, 2013).

Estudo transversal realizado na Alemanha, com escolares de 10 anos, identificou que o ruído gerado pelo tráfego esteve associado somente com PAD, a qual apresentou aumento linear, de acordo com a elevação a cada 5 dB de ruído, tanto gerado durante o dia, quanto à noite (LIU et al., 2014). Porém, estudo realizado com adolescentes de 12 anos, da Holanda, não identificou relação entre pressão arterial e ruído gerado pelo tráfego (BILENKO et al., 2015). Em Belgrado, estudo demonstrou que crianças e adolescentes, com idade entre 7 a 11 anos, as quais

estudam em escolas com transporte público próximo à escola, apresentam 1,3 mmHg de PAS mais elevada, em comparação aos escolares cujas escolas não possuem transporte público próximo, sugerindo que a presença deste pode ser um indicativo auxiliar de exposição ao ruído. Esta relação não foi observada para PAD (PAUNOVIC; BELOJEVIC; JAKOVLJEVIC, 2013).

Em escolares de 9 a 10 anos, que estudam em uma escola próxima ao aeroporto de Heathrow, em Londres, não foi encontrada associação entre ruído, tanto do tráfego aéreo, quanto do urbano, nos níveis de pressão arterial, mesmo ajustando as análises para a qualidade do ar, avaliado através dos níveis de dióxido de nitrogênio (CLARK et al., 2012). Na Índia, também não foi encontrada associação entre a exposição crônica ao ruído com os níveis de pressão arterial em crianças. No entanto, crianças pertencentes à escola com maior nível de ruído apresentam menor aumento na pressão arterial, quando expostas a um estímulo de ruído agudo, sugerindo que a exposição crônica ao ruído pode resultar em uma maior tolerância a agentes estressores (LEPORE et al., 2010).

Com relação à frequência cardíaca, estudo realizado em Belgrado, avaliando o ruído do tráfego urbano, porém nas residências de crianças de 3 a 7 anos, observou que a frequência cardíaca foi significativamente superior (2 batimentos por minuto, em média), em crianças que residem em locais com elevado ruído (BELOJEVIC et al., 2008a).

4.7 RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE CORTISOL COM O RENDIMENTO ESCOLAR

A análise comparativa dos níveis de cortisol, de acordo com o rendimento escolar no primeiro trimestre de 2015 (Tabela 12), demonstra que os alunos com melhor conceito de aprendizagem (construção satisfatória) apresentam maior diminuição dos níveis de cortisol ao longo da manhã, em comparação aos escolares com construção parcial de aprendizagem, para a área de linguagens ($p=0,021$) e ciências humanas ($p=0,005$).

Tabela 11. Comparação dos níveis de cortisol de acordo com o rendimento escolar do primeiro trimestre

Rendimento escolar no primeiro trimestre de 2015	Cortisol – Δ ($\mu\text{l/dL}$)	p
	Mediana (IQ)	
Linguagens		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,158 (0,086; 0,291)	0,021 ^{a*}
Construção parcial de aprendizagem	0,106 (-0,011; 0,182)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,110 (-0,004; 0,306)	
Ciências humanas		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,171 (0,088; 0,275)	0,005 ^b
Construção parcial de aprendizagem	0,099 (-0,12; 0,182)	
Construção restritiva de aprendizagem	-	
Matemática		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,153 (0,060; 0,271)	0,274 ^a
Construção parcial de aprendizagem	0,141 (0,035; 0,248)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,115 (-0,240; 0,167)	
Ciências da natureza		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,182 (0,059; 0,284)	0,274 ^a
Construção parcial de aprendizagem	0,138 (0,028; 0,194)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,142 (-0,139; 0,175)	

^aTeste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni; ^bTeste U de Mann-Whitney; IQ: intervalo interquartilico; Δ : diferença entre o início e o término da aula; *diferença significativa entre a construção satisfatória e parcial de aprendizagem.

Para o segundo trimestre de 2015 (Tabela 13), observa-se que os alunos com conceito de construção satisfatória também apresentam maior diminuição dos níveis de cortisol ao longo da manhã, em comparação aos escolares com construção parcial de aprendizagem, para matemática ($p=0,028$).

Tabela 12. Comparação dos níveis de cortisol de acordo com o rendimento escolar do segundo trimestre

Rendimento escolar no segundo trimestre de 2015	Cortisol – Δ ($\mu\text{l/dL}$)	p
	Mediana (IQ)	
Linguagens		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,151 (0,060; 0,275)	0,484 ^a
Construção parcial de aprendizagem	0,141 (0,036; 0,195)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,171 (-0,01; 0,352)	
Ciências humanas		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,142 (0,056; 0,239)	0,330 ^b
Construção parcial de aprendizagem	0,192 (0,064; 0,283)	
Construção restritiva de aprendizagem	-	
Matemática		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,168 (0,062; 0,302)	0,028 ^{a*}
Construção parcial de aprendizagem	0,064 (0,000; 0,144)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,154 (0,090; 0,260)	
Ciências da natureza		
Construção satisfatória de aprendizagem	0,165 (0,072; 0,282)	0,055 ^a
Construção parcial de aprendizagem	0,138 (0,011; 0,182)	
Construção restritiva de aprendizagem	0,245 (0,184; 0,306)	

^aTeste de Kruskal-Wallis com Post-hoc de Dunn-Bonferroni; ^bTeste U de Mann-Whitney; IQ: intervalo interquartilico; Δ : diferença entre o início e o término da aula; *diferença significativa entre a construção satisfatória e parcial de aprendizagem.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que as condições acústicas do ambiente externo às salas estudadas não são satisfatórias para a escola B, conforme a normalização brasileira (NBR 10151/2000). Tais condições satisfazem, em parte, para a escola A, tendo em vista que no segundo momento das medições, detectaram-se níveis satisfatórios.

Comprova-se a importância da correta definição do local de implantação da edificação, pois foi constatado que a escola B, localizada numa região com intenso tráfego urbano, apresentou níveis de pressão sonora superiores à escola situada em zona preferencialmente residencial, com pouco tráfego urbano. Isso corrobora o fato da escola com maior ruído gerado pelo ambiente externo também apresentar elevado nível de pressão sonora em seu pátio interno.

O projeto da edificação da escola precisa ser desenvolvido considerando as condições acústicas. Um exemplo disso foi a constatação de que o saguão coberto, que separa as salas de aula do anexo inferior por uma distância de cerca de 15 metros, apresentou níveis sonoros muito altos, mesmo estando vazio. Observou-se que os usuários das salas de aula produzem o ruído medido, porque as salas estão dispostas uma de frente para a outra, com suas janelas voltadas para dentro do saguão coberto, fazendo com que cada sala de aula em atividade contribua para a geração desse elevado ruído.

No interior das salas de aula avaliadas, em ambas as escolas, o Tempo de Reverberação é inadequado. Essa inadequação foi mais destacada na escola onde o ruído medido externamente às salas era maior. Na avaliação da inteligibilidade, do índice de transmissão da fala e da perda de articulação das consoantes todas as salas avaliadas obtiveram a classificação “razoável”.

A percepção dos escolares, referente às condições da sala de aula, é mais negativa para a escola que apresenta maior ruído decorrente do ambiente externo às salas de aula. Ressalta-se, ainda, que os alunos desta escola apresentam resultados mais insatisfatórios nos testes cognitivos de inteligência e concentração e pior rendimento escolar, tanto para o primeiro trimestre (em todas as áreas avaliadas), como para o segundo trimestre no que se refere à matemática e às ciências da natureza.

Na avaliação dos indicadores de saúde, o resultado a ser enfatizado é que os níveis de cortisol, entre os meninos, foram mais satisfatórios na escola que apresentou menor ruído externos às salas de aulas. Nesse caso, diminuiu aproximadamente o dobro dos níveis deste hormônio, ao longo da manhã, em comparação com os alunos da escola com maior ruído externo. Tal conclusão não pode ser estendida às meninas, como era esperado, a partir dos estudos constantes no referencial teórico. Não foram observadas diferenças significativas na comparação entre as salas de aula avaliadas, para os níveis de pressão arterial e frequência cardíaca.

O presente estudo apresenta relevância, uma vez que poucos estudos relacionam o ruído externo de escolas com o desempenho cognitivo, rendimento escolar e, principalmente, com os indicadores de saúde de escolares, sobretudo no Brasil. Estes apontamentos dão suporte para a importância de remodelação dos espaços escolares já existentes e elaboração de estratégias construtivas diferentes das utilizadas atualmente, quando realizado o planejamento de novas escolas. Ressalta-se a grande importância do espaço urbano e entorno para a localização de escolas.

Destaca-se, contudo, que o estudo apresenta caráter transversal, podendo estabelecer somente relação entre as variáveis analisadas, sugerindo ser necessária a realização de estudos longitudinais, de acompanhamento do ruído externo às salas por um período de tempo maior, bem como estudos experimentais para avaliar a relação de causa e efeito entre os níveis de ruído externo às salas de aula, com o desempenho cognitivo, o rendimento escolar e os indicadores de saúde de escolares.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151**: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152**: níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 16363**: Acústica – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.

AGRESTI, A.; FINLAY, B. **Métodos estatísticos para as ciências sociais**. 4. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

ALMEIDA FILHO, N.; FILLETTI, F.; GUILLAUMON, H. R.; SERAFINI, F. Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 16, n. 1, p. 91-95, 2012.

AMARAL, V. A. A. S.; NUNES, M. M.; HONJO, R. S.; DUTRA, R. L.; ASSUMPÇÃO JR, F. B.; KIM, C. A. Estresse em crianças e adolescentes com síndrome de Williams-Beuren em idade escolar. **Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, v. 17, n. 1, p. 105-112, jan./jun., 2013.

AMORIM, Adriana Eloá Bento. **Formas geométricas e qualidade acústica de salas de aula**: estudo de caso em Campinas-SP. 2007. 241 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2007.

ANSI. American National Standards Institute. **Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools**. Acoustical Society of America. New York: ANSI, 2002.

ANSI/ASA. American National Standards Institute/Acoustical Society of America. **ANSI S12.60-2010. American National Standard**: acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools. Part 1: Permanent Schools. Melville, NY: Acoustical Society of America, 2010.

ANDERSON, K. L.; GOLDSTEIN, H. Speech perception benefits of FM and infrared devices to children with hearing aids in a typical classroom. **Language Speech Hearing Service Schools**, v. 35, n. 2, p. 169-184, Apr., 2004.

ASDRUBALI, F.; SCHIAVONI, S.; HOROSHENKOV, K. V. A review of sustainable materials for acoustic applications. **Building Acoustics**, v. 19, n. 4, p. 283-312, 2012.

ASTOLFI, A.; BOTTALICO, P.; BARBATO, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 1, p. 247-57, 2012.

BABISCH, W.; WOLF, K.; PETZ, M.; HEINRICH, J.; CYRYS, J.; PETERS, A. Associations between traffic noise, particulate air pollution, hypertension, and isolated systolic hypertension in adults: the KORA study. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 5, p. 492-498, 2014.

BARBIERO, S. M.; PELLANDA, L. C.; CESA, C. C.; CAMPAGNOLO, P.; PAUNOVIĆ, K.; STANSFIELD, S. et al. Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions. **Environment International**, v. 37, p. 1030-1041, 2011.

BARTELS, M.; DE GEUS, E. J. C.; KIRSCHBAUM, C.; SLUYTER, F.; BOOMSMA, D. I. Heritability of daytime cortisol levels in children. **Behavior Genetics**, v. 33, n. 4, p. 421-433, 2003.

BELOJEVIC, G.; EVANS, G. W.; PAUNOVIC, K.; JAKOVLJEVIC, B. Traffic noise and executive functioning in urban primary school children: The moderating role of gender. **Journal of Environmental Psychology**, v. 32, p. 337-341, 2012.

BELOJEVIC, G.; JAKOVLJEVIC, B.; STOJANOV, V.; PAUNOVIC, K.; ILIC, J. Urban road-traffic noise and blood pressure and heart rate in preschool children. **Environment International**, v. 34, n. 2, p. 226-31, 2008a.

BELOJEVIC, G. A.; JAKOVLJEVIĆ, B. D.; STOJANOV, V. J.; SLEPCEVIĆ, V. Z.; PAUNOVIĆ, K. Z. Nighttime road-traffic noise and arterial hypertension in an urban population. **Hypertension Research**, v. 31, n. 4, p. 775-781, abr. 2008b.

BELTRAM, F.; ABRANTES, C. C. Overweight, obesity and other risks factors for IHD in Brazilian schoolchildren. **Public Health Nutrition**, v. 12, n. 5, p. 710-715, 2009.

BENKREIRA, H.; KHAN, A.; HOROSHENKOV, K. V. Sustainable acoustic and thermal insulation materials from elastomeric waste residues. **Chemical Engineering Science**, v. 66, p. 4157-71, 2011.

BIASSONI, E. C.; SERRA, M. R.; VILLALOBO, J. P.; JOEKES, S.; YACCI, M. R. Hábitos recreativos en la adolescencia y salud auditiva. **Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology**, v. 42, n. 2, p. 257-271, 2008.

BILENKO, N.; VAN ROSSEM, L.; BRUNEKREEF, B.; BEELEN, R.; EEFTENS, M.; HOEK, G. et al. Traffic-related air pollution and noise and children's blood pressure: results from the PIAMA birth cohort study. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 22, n. 1, p. 4-12, 2015.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BRADLEY, John S. Speech intelligibility studies in classrooms. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 80, p. 846-854, 1986.

BRANDÃO, Eric. **Acústica de salas: projeto e modelagem**. São Paulo: Blucher, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Manual Escolas Sustentáveis**. Brasília: Ministério da Educação, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **IDEB – resultados e metas**. 2011. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Prova Brasil: avaliação do rendimento escolar**. 2011. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

BREM, S.; BACH, S.; KUCIAN, K.; GUTTORM, T. K.; MARTIN, E.; LYYTINEN, H. et al. Brain sensitivity to print emerges when children learn letter–speech sound correspondences. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 17, p. 7939-7944, 2010.

BRITO, L. A. P. F.; BERTOLI, S. R. Intensimetria: uma ferramenta útil na determinação do ruído gerado ao meio ambiente. **Revista Biociências**, v. 11, n. 3-4, p. 146-154, 2005.

BROWN, Pat. Acoustical testing. In: BALLOU, Glen (Ed.). **A sound engineer's guide to audio test and measurement**. Burlington, MA, USA: Focal Press, 2009. p. 42-44.

BRÜEL & KJAER. **Application Note**: measuring speech intelligibility using DIRAC-Type 7841. Brüel & Kjaer Instruments: Chigago, Illinois, USA, 2005.

CAMBRAIA, Suzy Vijande. **Teste de atenção concentrada. Manual**. São Paulo: Vetor, 2003.

CAMPOS, N. B.; DELGADO-PINHEIRO, E. M. C. Análise do ruído e intervenção fonoaudiológica em ambiente escolar: rede privada e pública de ensino regular. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 1, p. 83-91, 2014.

CASTRO, M.; MOREIRA, A. C. Análise crítica do cortisol salivar na avaliação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 47, n. 4, p. 358-67, 2003.

CHANG, T. Y.; BEELEN, R.; LI, S. F.; CHEN, T. I.; LIN, Y. J.; BAO, B. Y. et al. Road traffic noise frequency and prevalent hypertension in Taichung, Taiwan: A cross-sectional study. **Environment Health**, v. 13, p. 1-9, 2014.

CHANG, T. Y.; LAI, Y. A.; HSIEH, H. H.; LAI, J. S.; LIU, C. S. Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults. **Environmental Research**, v. 109, n. 7, p. 900-905, 2009.

CHOI, H-H.; VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; PAAS, F. effects of the physical environment on cognitive load and learning: towards a new model of cognitive load. **Educational Psychology Review**, v. 26, n. 2, p. 225-244, jun. 2014.

CLARK, C.; HEAD, J.; STANSFELD, S. A. Longitudinal effects of aircraft noise exposure on children's health and cognition: A six-year follow-up of the UK Ranch cohort. **Journal of Environmental Psychology**, v. 35, London, 2013.

CLARK, C.; CROMBIE, R.; HEAD, J.; VAN KAMP, I.; VAN KEMPEN, E.; STANSFELD, S. A. Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the RANCH project. **American Journal of Epidemiology**, v. 176, n. 4, p. 327-37, 2012.

CONNOLLY, D. M.; DOCKRELL, J. E.; SHIELD, B. M.; CONETTA, R.; COX, T. J. Adolescents' perceptions of their school's acoustic environment: the development of an evidence based questionnaire. **Noise & Health**, v. 15, n. 65, p. 69-80, jul./ago. 2013.

CORGNATI, S. P.; FILIPPI, M.; VIAZZO, S. Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. **Building and Environment**, v. 42, p. 951-959, 2007.

CURCIO, W. B.; SCALIONI, F. A. R.; SOARES, M. R. P. S.; DEVITO, K. L.; CHAVES, M. G. A. M.; RIBEIRO, R. A. Nível de cortisol salivar entre crianças em tratamento odontológico – um estudo piloto. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v. 13, n. 1, p. 5-10, jan./mar. 2013.

DALVITE, B.; OLIVEIRA, D.; NUNES, G.; PERIUS, M.; SCHERER, M. J. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Disciplinarium Scientia**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos de acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

DEPARTMENT FOR EDUCATION AND SKILLS. **Building Bulletin 93: Acoustic Design of Schools: A Design Guide**. Londres: Department for Education and Skills, 2004.

DEVERELL, R. et al. The noise insulation properties of non-food-crop walling for schools and colleges: A case study. **Journal of Building Appraisal**, v. 5, p. 29-40, 2009.

DIRAC Room Acoustics Software, Type 784. **Product data**, B&K, 2011.

DOCKRELL, J. E.; SHIELD, B. M. Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom. **British Educational Research Journal**, v. 32, n. 3, p. 509-525, 2006.

EGAN, M. David. **Architectural acoustics workbook**. Lincoln: Newman Fund, 2000.

_____. **Architectural acoustics**. New York: McGraw-Hill, 1988.

EVEREST, F. Alton. **The master handbook of acoustics**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

FALLON, M.; TREHUB, S. E.; SCHNEIDER, B. A. Children's perception of speech in multitalker babble. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 108, p. 3023-3029, 2000.

FERNANDES, João Cândido. Padronização das condições acústicas para salas de aula. **XIII SIMPEP**, Bauru/SP, Brasil, nov. 2006.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, p. 922-937, 2011.

FUCHS, E.; FLÜGGE, G.; OHL, F.; LUCASSEN, P.; VOLLMANN-HONSDORF, G. K.; MICHAELIS, T. Psychosocial stress, glucocorticoids, and structural alternations in the tree shrew hippocampus. **Physiology & Behavior**, v. 73, n. 3, p. 285-291, 2001.

FULY, J.; GIOVANINNI, N. P. B.; MARCATO, D. G.; ALVES, E. R. B.; SAMPAIO, J. D.; MORAES, L. I. et al. Evidências de subdiagnóstico e marcadores de risco de pressão arterial elevada em crianças de 6 a 13 anos. **Jornal de Pediatria**, v. 90, n. 1, p. 65-70, 2014.

GAIDA, Claudia Rogéria. **Caracterização das condições acústicas de salas de aula destinadas ao ensino da música na educação básica**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GAMBLE, K. L.; BERRY, R.; FRANK, S. J.; YOUNG, M. E. Circadian clock control of endocrine factors. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 10, n. 8, p. 466-75, ago. 2014.

GAYA, A. (Org.). et al. **Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da pesquisa**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

GELFAND, Stanley A. **Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics**. 5. ed. Londres: Informa Healthcare, 2010.

GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2000.

GLANTZ, Stanton A. **Princípios de bioestatística**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evaluation method for school building design at the preliminar phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 984-999, 2007.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R.; ZANNIN, P. H. T. Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju — Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 412-413, p. 66-76, 2011.

HAGHIGHI, M. M.; CHIAO, L. E.; JUSAN, M. B. M. Effect of acoustic on students' performance in secondary classroom environment: a review. **International Journal of Modern Engineering Research**, v. 2, n. 4, p. 2557-60, jul./ago. 2012.

HÉBERT, S.; LUPIEN, S. J. Salivary cortisol levels, subjective stress, and tinnitus intensity in tinnitus sufferers during noise exposure in the laboratory. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 212, n. 1, p. 37-44, jan. 2009.

HIRSH, I. J.; WATSON, C. S. Auditory psychophysics and perception. **Annual Review of Psychology**, v. 47, p. 461-484, 1996.

HOHMANN, C.; GRABENHENRICH, L.; DE KLUIZENAAR, Y.; TISCHER, C.; HEINRICH, J.; CHEN, C. M. et al. Health effects of chronic noise exposure in pregnancy and childhood: a systematic review initiated by ENRIECO. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 216, n. 3, p. 217-229, jun., 2013.

HUYCK, J. J.; WRIGHT, B. A. Learning, worsening, and generalization in response to auditory perceptual training during adolescence. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 2, p. 1172-1182, 2013.

IEC. Internacional Eletrotechnical Commission. **IEC 60268-16: Sound system equipment – Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index**. Bruxelas: IEC, 2011.

ISO. International Organization for Standardization. NP ISO 1996:2011. **Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise**. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.

_____. International Organization for Standardization. ISO 3382-1. **Acoustics: Measurement of room acoustic parameters. Part 1: Performance spaces**. Geneva: International Organization for Standardization, 2009.

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

_____. International Organization for Standardization. ISO 18233. **Acoustics: Application of new measurement methods in building and room acoustics**. Geneva: International Organization for Standardization, 2006.

_____. International Organization for Standardization. ISO 3382. **Acoustics: Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters**. Geneva: International Organization for Standardization, 1997.

ISAKSSON, J.; NILSSON, K. W.; NYBERG, F.; HOGMARK, A.; LINDBLAD, F. Cortisol levels in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. **Journal of Psychiatric Research**, v. 46, n. 11, p. 1398-1405, nov. 2012.

JANESCH, Mônica. Educação infantil: a importância da iluminação e cor no desempenho e aprendizado da criança. **Especialize**, p. 1-15, jan. 2013.

JAROSZEWSKI, G. C.; ZEIGELBOIM, B. S.; LACERDA, A. Ruído escolar e sua implicação na atividade de ditado. **Revista CEFAC**, v. 9, n. 1, p. 122-32, jan./mar., 2007.

JARUP, L.; BABISCH, W.; HOUTHUIJS, D.; PERSHAGEN, G.; KATSOUYANNI, K.; CADUM, E. et al. Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study. **Environmental Health Perspectives**, v. 116, p. 329-333, 2008.

KARDOUS, C. A.; SHAW, P. B. Evaluation of smartphone sound measurement applications. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 135, n. 4, p. 186-192, 2014.

KEMP, A. A. T.; DELECRODE, C. R.; GUIDA, H. L.; RIBEIRO, A. K.; CARDOSO, A. C. V. Sound pressure level in a municipal preschool. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 17, n. 2, p. 196-201, 2013.

KING, S. L.; HEGADOREN, K. M. Stress hormones: how do they measure up? **Biological Research for Nursing**, v. 4, n. 2, p. 92-103, 2002.

KLATTE, M.; BERGSTRÖM, K.; LACHMANN, T. Does noise affects learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. **Frontiers in Psychology**, v. 4, p. 1-6, 2013.

KLATTE, M.; HELLBRÜCK, J.; SEIDEL, J.; LEISTNER, P. Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children: a field study. **Environment and Behavior**, v. 42, n. 5, p. 659-692, 2010.

KLATTE, M.; LACHMANN, T.; MEIS, M. Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. **Noise Health**, v. 12, n. 49, p. 270-282, 2010.

KNECHT, H. A.; NELSON, P. B.; WHITELAW, G. M.; FETH, L. L. Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: predictions and measurements. **American Journal Audiology**, v. 11, p. 65-71, 2002.

KODARAS, Michael J. Reverberation times of typical elementary school classrooms. **Noise Control**, v. 6, p. 17-19, 1960.

KRAUS, N.; STRAIT, D. L.; PARBERY-CLARK, A. Cognitive factors shape brain networks for auditory skills: spotlight on auditory working memory. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1252, p. 100-107, 2012.

KRISTIANSEN, J.; PERSSON, R.; LUND, S. P.; SHIBUYA, H.; NIELSEN, P. M. Effects of Classroom Acoustics and Self-Reported Noise Exposure on Teachers' Well-Being. **Environment and Behavior**, v. 45, n. 2, p. 283-300, 2013.

KRÜGER, E. L.; DORIGO, A. L. Daylighting analysis in a public school in Curitiba, Brazil. **Renewable Energy**, v. 33, p. 1695–1702, 2008.

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

KUTTRUFF, Heinrich. **Acoustics: an introduction**. London; New York: Taylor & Francis, 2006.

KWON, Ho-Beom. Gender difference in speech intelligibility using speech intelligibility tests and acoustic analyses. **Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 2, n. 3, p. 71-76, 2010.

LARSEN, J. B.; BLAIR, J. C. The effect of classroom amplification on the signal-to-noise ratio in classrooms while class is in session. **Language Speech Hearing Service School**, v. 39, p. 451-460, 2008.

LE CANN, P.; BONVALLOT, N.; GLORENNEC, P.; DEGUEN, S.; GOEURYA, C.; LE BOTA, B. Indoor environment and children's health: Recent developments in chemical, biological, physical and social aspects. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 215, p. 1-18, 2011.

LEPORE, S. J.; SHEJWAL, B.; KIM, B. H.; EVANS, G. W. Associations between chronic community noise exposure and blood pressure at rest and during acute noise and non-noise stressors among urban school children in India. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 9, p. 3457-66, 2010.

LERCHER, P.; EVANS, G. W.; WIDMANN, U. The ecological context of soundscapes for children's blood pressure. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 1, p. 773-781, 2013.

LIU, C.; FUERTES, E.; TIESLER, C. M.; BIRK, M.; BABISCH, W.; BAUER, C. P. et al. The associations between traffic-related air pollution and noise with blood pressure in children: results from the GINIplus and LISApplus studies. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 217, n. 4-5, p. 499-505, 2014.

LIU, C.; FUERTES, E.; TIESLER, C. M.; BIRK, M.; BABISCH, W.; BAUER, C. P. et al. The association between road traffic noise exposure and blood pressure among children in Germany: the GINIplus and LISApplus studies. **Noise & Health**, v. 15, n. 64, p. 165-172, 2013.

LO, M. S.; NG, M. L.; AZMY, B. S.; KHALID, B. A. Clinical applications of salivary cortisol measurements. **Singapore Medical Journal**, v. 33, n. 2, p. 170-3, 1992.

LÓPEZ, Manuel Recuero. **Acústica arquitectónica aplicada**. Madrid: Paraninfo, 1999.

LUBMAN, D.; SUTHERLAND, L. Soundfield amplification is a poor substitute for good classroom acoustics. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 123, n. 5, 2008.

LJUNG, R.; SÖRQVIST, P.; HYGGE, S. Effects of road traffic noise and irrelevant speech on children's reading and mathematical performance. **Noise Health**, v. 11, n. 45, p. 194-198, 2009.

MCCREERY, R. W.; STELMACHOWICZ, P. G. The effects of limited bandwidth and noise on verbal processing time and word recall in normal-hearing children. **Ear & Hearing**, v. 34, p. 585-591, 2013.

MEALINGS, K. T.; DEMUTH, K.; BUCHHOLZ, J. M.; DILLON, H. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, n. 4, 2015.

MERLOT, E.; MOUNIER, A. M.; PRUNIER, A. Endocrine response of gilts to various common stressors: a comparison of indicators and methods of analysis. **Physiology & Behavior**, v. 102, n. 3-4, p. 259-65, mar. 2011.

MIKULSKI, W.; RADOSZ, J. Acoustics of classrooms in primary schools – results of the reverberation time and the speech transmission index assessments in selected buildings. **Archives of Acoustics**, v. 36, n. 4, p. 777-793, 2011.

MUMOVIC, D.; PALMER, J.; DAVIES, M.; ORME, M.; RIDLEY, I.; ORESZCZYN, T. et al. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. **Building and Environment**, v. 44, p. 1466-1477, 2009.

MURPHY, E.; KING, E. A. **Environmental noise pollution: noise mapping, public health, and policy**. San Diego, CA, USA: Elsevier, 2014.

NEUMAN, A. C.; WROBLEWSKI, M.; HAJICEK, J.; RUBINSTEIN, A. Combined Effects of Noise and Reverberation on Speech Recognition Performance of Normal-Hearing Children and Adults. **Ear & Hearing**, v. 31, n. 3, p. 336-344, 2010.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91-114, 2012.

ODEON. **ODEON application note: calculation of Speech Transmission Index in rooms**. Disponível em:
< http://www.odeon.dk/pdf/Application_Note_SpeechTransmissionIndex.pdf >. Acesso em: 20 jul. 2016.

OLIVEIRA, M. S.; RIGONI, M. S. **Figuras Complexas de Rey: Teste de Cópia e de Reprodução de Memória de Figuras Geométricas Complexas**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2010.

ORAL, G. K.; YENER, A. K.; BAYAZIT, N. T. Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. **Building and Environment**, v. 39, p. 281-287, 2004.

OUIS, D. Annoyance from road traffic noise: a review. **Journal of Environmental Psychology**, v. 21, p. 101-120, 2001.

PAIXÃO, Dinara Xavier da. **Análise das condições acústicas em sala de aula**. 1997. 208 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação – Mestrado)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

PAPANIKOLAOU, M.; SKENTERIS, N.; PIPERAKIS, S. M. Effect of external classroom noise on schoolchildren's reading and mathematics performance: correlation of noise levels and gender. **International Journal of Adolescent Medicine and Health**, 2014.

PARKIN, P. H.; HUMPHREYS, H. R. **Acoustics, noise and buildings**. London: Faber, 1979.

PARVIAINEN, T.; HELENIUS, P.; POSKIPARTA, E.; NIEMI, P.; SALMELIN, R. Speech perception in the child brain: cortical timing and its relevance to literacy acquisition. **Human Brain Mapping**, v. 32, n. 12, p. 2193-2206, 2011.

PATRÍCIO, Jorge. **Acústica nos edifícios**. Lisboa: Verlag Dashöfer, 2010.

PAUNOVIC, K.; BELOJEVIC, G.; JAKOVLJEVIC, B. Blood pressure of urban school children in relation to road-traffic noise, traffic density and presence of public transport. **Noise & Health**, v. 15, n. 65, p. 253-60, 2013.

PAUNOVIC, K.; STANSFELD, S.; CLARK, C.; BELOJEVIĆ, G. Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions. **Environment International**, v. 37, n. 5, p. 1030-1041, 2011.

PENG, J.; YAN, N; WANG, D. Chinese speech intelligibility and its relationship with the speech transmission index for children in elementary school classrooms. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 137, n. 1, p. 85-93, jan. 2015.

PERSSON WAYE, K.; MAGNUSSON, L.; FREDRIKSSON, S.; CROY, I. A screening approach for classroom acoustics using web-based listening tests and subjective ratings. **PLoS One**, v. 10, n. 1, 2015.

PIAGET, Jean. **A epistemologia genética**. Petrópolis: Vozes, 1970.

PORTUGAL. Decreto-Lei nº 9, de 17 de janeiro de 2007. Diário da República, I Série-A: Lisboa, Portugal, n. 263, 17 jan. 2007, p. 389–398.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL. **Mapa da cidade 2014**. Disponível em: <<http://geo.santacruz.rs.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

PRODI, N.; VISENTIN, C.; FELETTI, A. On the perception of speech in primary school classrooms: Ranking of noise interference and of age influence. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 133, n. 1, p. 255-268, jan. 2013.

PUJOL, S.; LEVAIN, J. P.; HOUOT, H.; PETIT, R.; BERTHILLIER, M.; DEFRANCE, J.; LARDIES, J.; MASSELOT, C.; MAUNY, F. Association between ambient noise exposure and school performance of children living in an urban area: a cross-sectional population-based study. **Journal of Urban Health**, v. 91, n. 2, p. 256-271, 2014.

RABELO, A. T. V.; SANTOS, J. N.; OLIVEIRA, R. C.; MAGALHÃES, M. C. Efeito das características acústicas de salas de aula na inteligibilidade da fala dos estudantes. **CoDAS**, v. 26, n. 5, p. 360-366, 2014.

RATNAM, R.; JONES, D. L.; WHEELER, B. C.; O'BRIEN JR, W. D.; LANSING, C. R.; FENG, A. S. Blind estimation of reverberation time. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 114, n. 5, p. 2877-2892, nov. 2003.

RECIO, A.; LINARES, C.; BANEGAS, J. R.; DÍAZ J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. **Environmental Research**, v. 146, p. 359-370, abr. 2016.

REGECOVÁ, V.; KELLEROVÁ, E. Effects of urban noise pollution on blood pressure and heart rate in preschool children. **Journal of Hypertension**, v. 13, n. 4, p. 405-412, 1995.

REIS, E. C.; KIP, K. E.; MARROGUIN, O. C.; KIESAU, M.; HIPPS JR, L.; PETERS, R. E. et al. Screening children to identify families at increased risk for cardiovascular disease. **Pediatrics**, v. 118, p. 1789-97, 2006.

ROMANELLI, Guilherme. Educação musical no Brasil: conquistas e desafios. In: SCHMID, Aloísio Leoni (Org.). **Espaços para aprender e ensinar música: construção e adequação**. Brasília: CAPES, 2013.

RONSSSE, L. M.; WANG, L. M. Relationships between unoccupied classroom acoustical conditions and elementary student achievement measured in eastern Nebraska. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 133, n. 3, p. 2877-2892, mar. 2013.

SANDERS, Derek. Noise conditions in normal school classrooms. **Exceptional Children**, v. 31, p. 344-353, 1965.

SANTOS, J. P. P.; PRATI, R. C.; FERNANDES, C. A. M. Associação entre pressão arterial e indicadores de obesidade geral e central em escolares: pistas para cuidar-educar da criança na escola. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 12, n. 1, p. 146-154, jan./mar., 2013.

SANTOS, Ubiratan de Paula (Org.). **Ruído: riscos e prevenção**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1999.

SCHMID, A. L.; ROCHA, L. S. **A idéia de conforto**: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2015.

SCHMID, Aloísio Leoni. Definições na acústica arquitetônica: avaliação objetiva e subjetiva. In: SCHMID, A. L. (Org.). **Espaços para aprender e ensinar música**: construção e adequação. Brasília: CAPES, 2013. p. 12-15.

SELANDER, J.; BLUHM, G.; THEORELL, T.; PERSHAGEN, G.; BABISCH, W.; SEIFFERT, I.; HOUTHUIJS, D.; BREUGELMANS, O.; VIGNA-TAGLIANTI, F.; ANTONIOTTI, M. C.; VELONAKIS, E.; DAVOU, E.; DUDLEY, M. L.; JÄRUP, L. Saliva cortisol and exposure to aircraft noise in six European countries. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 11, p. 1713-7, nov. 2009.

SERRA, M. R.; BIASSONI, E. C.; SKARP, A. H. O.; SERRA, M.; JOEKES, S. Sound immission during leisure activities and auditory behaviour. **Applied Acoustics**, v. 68, p. 403–420, 2007.

SHIELD, B. M.; DOCKRELL, J. E. The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 123, n. 1, p. 133-144, jan. 2008.

SHIELD, B. M.; DOCKRELL, J. E. The effects of noise on children at school: a review. **Building Acoustics**, v. 10, n. 2, p. 97-116, 2003.

SILVA, A. R.; ROCHA, R. R. Importância da acústica de salas de aula: fala (inclusive línguas) & música. In: SCHMID, A. L. (Org.). **Espaços para aprender e ensinar música**: construção e adequação. Brasília: CAPES, 2013. p. 16-22.

SILVA, L. T.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA, J. F. The impact of urban noise on primary schools. Perceptive evaluation and objective assessment. **Applied Acoustics**, v. 106, p. 2-9, 2016.

SJÖDIN, F.; KJELLBERG A.; KNUTSSON, A.; LANDSTROM, U.; LINDBERG, L. Noise and stress effects on preschool personnel. **Noise Health**, v. 14, p. 166-78, 2012.

SOUZA, Rafael Bizzo. **Estudo de propriedades acústicas e aplicações de materiais poliméricos**. 2012. 41 f. Dissertação (Curso Superior de Tecnologia em Polímeros) – Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, 2012.

STANSFELD, Stephen. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 10, p. 12735-12760, 2015.

STANSFELD, S.; CLARK, C. Health effects of noise exposure in children. **Current Environmental Health Reports**, v. 2, n. 2, p. 171-178, 2015.

STANSFELD, S.; CROMBIE, R. Cardiovascular effects of environmental noise: research in the United Kingdom. **Noise & Health**, v. 13, n. 52, p. 229-233, maio/jun. 2011.

STANSFELD, S. A.; BERGLUND, B.; CLARK, C.; LOPEZ-BARRIO, I.; FISCHER, P.; OHRSTRÖM, E.; HAINES, M. M.; HEAD, J.; HYGGE, S.; VAN KAMP, I.; BERRY, B. F. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. **Lancet**, v. 365, p. 1942-1949, 2005.

TAKAHASHI, V. F. M.; BERTOLI, S. R. Relação entre atributos acústicos e características arquitetônicas de salas de concerto aplicando o método da síntese da forma. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 193-205, jan./mar. 2012.

VALENTE, D. L.; PLEVINSKY, H. M.; FRANCO, J. M.; HENRICHS-GRAHAM, E. C.; LEWIS, D. E. Experimental investigation of the effects of the acoustical conditions in a simulated classroom on speech recognition and learning in children. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 131, p. 235-246, 2012.

VAN KEMPEN, E.; BABISCH, W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. **Journal of Hypertension**, v. 30, p. 1075-1086, 2012.

VAN KEMPEN, E.; VAN KAMP, I.; FISCHER, P.; DAVIES, H.; HOUTHUIJS, D.; STELLATO, R.; CLARK, C.; STANSFELD, S. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 63, n. 9, p. 632-639, 2006.

VIEIRA, Sonia. **Bioestatística: tópicos avançados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

WÅLINDER, R.; GUNNARSSON, K.; RUNESON, R.; SMEDJE, G. Physiological and psychological stress reactions in relation to classroom noise. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, v. 33, n. 4, p. 260-266, 2007.

WERNER, Lynne A. Issues in human auditory development. **Journal of Communication Disorders**, v. 40, p. 275-283, 2007.

WHO. World Health Organization. **World Health Report 2002: Reducing risks, promoting healthy life**. Geneva: WHO, 2002.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for community noise**. 1999. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

WIEMES, G. R. M.; KOZLOWSKI, L.; MOCELLIN, M.; HAMERSCHMIDT, R.; SCHUCH, L. H. Potencial evocado cognitivo e desordem de processamento auditivo em crianças com distúrbios de leitura e escrita. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 78, n. 3, p. 91-97, 2012.

WUST, S.; FEDERENKO, I.; HELLHAMMER, D. H.; KIRSCHBAUM, C. Genetic factors, perceived chronic stress, and the free cortisol response to awakening. **Psychoneuroendocrinology**, v. 25, n. 7, p. 707–720, 2000.

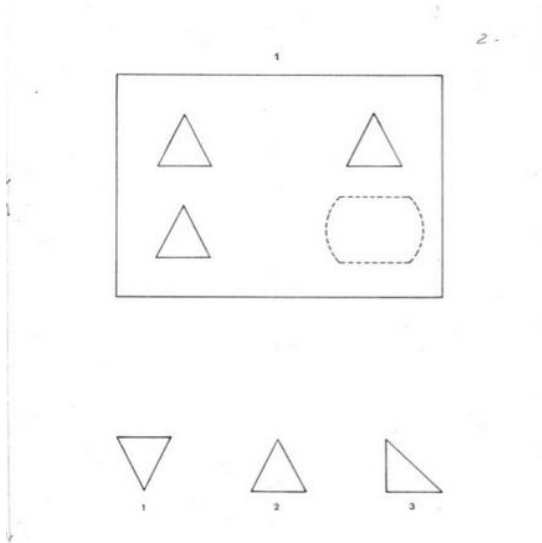
ZANNIN, P. H. T.; KRÜGER, E. L.; DORIGO, A. L. Acoustic and luminous performance evaluations in classrooms in Curitiba, Brazil. **Indoor and Built Environment**, v. 17, n. 3, p. 203-212, 2008.

ZANNIN, P. H. T.; ZWIRTES, D. P. Z. Evaluation of the acoustical performance of classrooms in public schools. **Applied Acoustics**, v. 70, n. 4, p. 626-635, 2009.

ZANNIN, P. H. T.; FERREIRA, A. M. C.; SANT'ANA, D. Q. Comparação do tempo de reverberação e índice de transmissão da fala (STI) em salas de aula construídas em décadas diferentes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 125-139, jul./set. 2009.

ANEXOS

ANEXO A –TESTES COGNITIVOS



1- Teste G-36
 Fonte: BOCCALANDRO (2003).

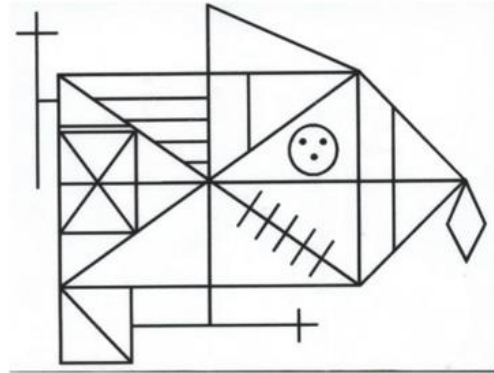
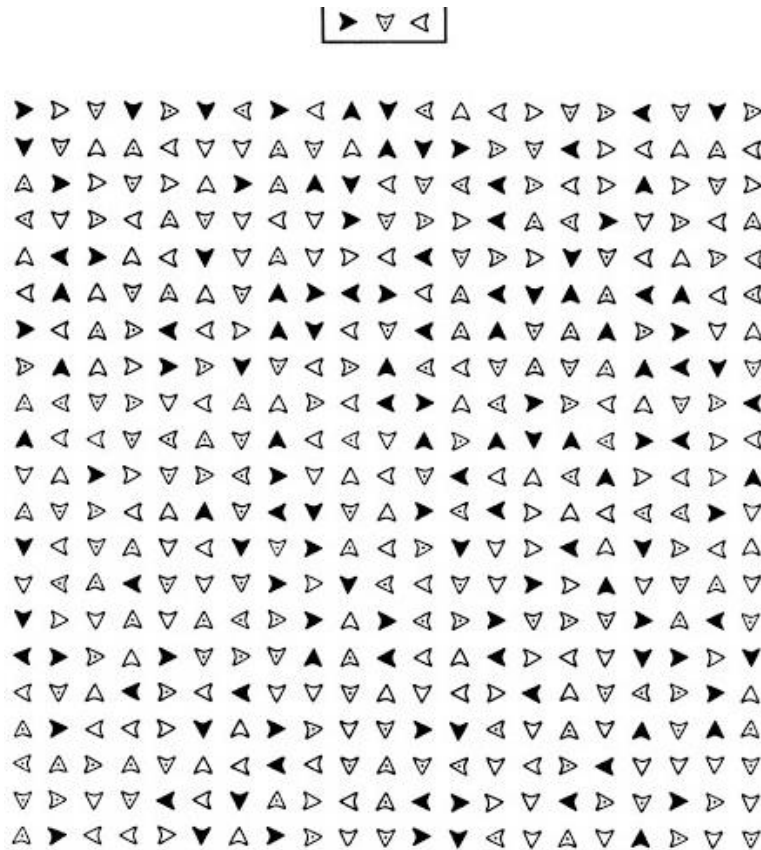


Figura 1. Figura Complexa de Rey.

2- Figuras complexas de Rey
 Fonte: OLIVEIRA; RIGONI (2010)



3- Teste de Atenção Concentrada – AC
 Fonte: CAMBRAIA (2003).

ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome do escolar: _____

Escola: _____

Pesquisa: CONFORTO ACÚSTICO EM ESCOLAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA E SUA RELAÇÃO COM O RENDIMENTO ESCOLAR, DESEMPENHO COGNITIVO E INDICADORES DE SAÚDE DE ESCOLARES

Investigadores: Prof.^a Dra. Miria Suzana Burgos (Curso de Educação Física UNISC - 51- 3713-1116 / 51- 9672-7170) e Eduardo Burgos (Mestrando em Engenharia Civil – UFSM)

Objetivos e benefícios

Você está sendo convidada a autorizar o seu (sua) filho (a) a participar de uma pesquisa cujo objetivo principal é avaliar as condições de conforto acústico (ruído das salas de aula) de escolas da educação básica de Santa Cruz do Sul-RS, analisando possível relação com o rendimento escolar (notas nas aulas), desempenho cognitivo (memória e concentração) e indicadores de saúde de escolares (estresse e pressão arterial). **Os benefícios principais desta pesquisa serão:** espera-se identificar relação entre o ruído de salas de aula com o rendimento escolar, desempenho cognitivo e indicadores de saúde de escolares. Estes dados poderão auxiliar órgãos governamentais de diversas áreas (planejamento urbano, educação e saúde) na elaboração de estratégias para diminuir o ruído e melhorar o conforto acústico de salas de aula. Além disso, os dados poderão fornecer informações importantes para as escolas, as quais poderão utilizá-las para a elaboração de projetos para solicitar recursos aos órgãos governamentais, com o objetivo de melhorar as condições acústicas da escola. **Cada escolar receberá, sem custo, um laudo com o exame do cortisol (estresse) e com a avaliação da pressão arterial.**

Procedimentos

Num primeiro momento será realizada a avaliação acústica das salas de aula e coleta de saliva dos alunos para avaliação do cortisol (estresse). Num segundo momento, serão coletados dados do rendimento escolar, avaliação da percepção de conforto acústico, aplicação de testes cognitivos (memória e concentração) e avaliação da pressão arterial.

Local de estudo

Os procedimentos de coleta de dados serão todos realizados dentro do ambiente escolar. As análises de cortisol na saliva serão realizadas nos laboratórios de Bioquímica Clínica da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

Riscos e desconfortos

O estudo não apresenta nenhum risco ou desconforto para os participantes.

Desistência na participação do estudo

A participação de cada indivíduo nesse estudo é voluntária, ou seja, quem não quiser participar do estudo estará livre para fazê-lo sem que haja qualquer perda no

atendimento de seus problemas de saúde a que tem direito. Se concordar em participar do estudo e mudar de ideia no decorrer do mesmo, estará livre para fazê-lo, e da mesma forma não sofrerá perdas relacionadas ao atendimento a que tem direito para seus problemas de saúde.

Gostaria de ser comunicado dos resultados desta pesquisa?

- Sim, gostaria.
 Não gostaria de ser comunicado dos resultados desta pesquisa.

Compensação financeira

Não haverá nenhum pagamento aos indivíduos que concordarem em participar do estudo, bem como os participantes do estudo não terão nenhum custo adicional relacionado aos procedimentos e recebimento do laudo com os resultados.

Confidencialidade das informações

Toda a informação individual que será fornecida pelo participante do estudo e os resultados dos exames realizados serão considerados confidenciais. Todos os questionários e materiais coletados serão identificados através de um código (número) criado na entrada do estudo; este código será a única identificação utilizada no banco de dados do estudo. Este banco será utilizado para análise dos dados e divulgação dos mesmos, no meio científico. Com relação às imagens (fotografias e filmagens) serão utilizadas somente para fins científicos de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores do estudo.

Perguntas e dúvidas relacionadas ao estudo

Este termo de consentimento explica o estudo que está sendo proposto e convida os indivíduos a participar; no entanto, se houver alguma dúvida, estas poderão ser esclarecidas, pela equipe do estudo pelos telefones: 9672-7170 (profª Miria) e 9995-3594 (Eduardo). Demais dúvidas também poderão ser esclarecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santa Cruz do Sul (CEP), pelo telefone (51) 3717-7680.

O significado de sua assinatura

A sua assinatura abaixo significa que você entendeu a informação que lhe foi fornecida sobre o estudo e sobre o termo de consentimento. Se você assinar este documento significa que você concorda em participar deste estudo. Você receberá uma cópia deste termo de consentimento.

Assinatura do pai/responsável. Data:

Assinatura do Coordenador do estudo. Data:

Obs: O presente documento, baseado nas diretrizes e normas regulamentares para pesquisa em saúde, do Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/12), será assinado em duas vias, de igual teor, ficando uma em poder do voluntário ou de seu responsável legal e outra com o pesquisador responsável.