

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
DA SAÚDE DO PORTO
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

Marisa Sofia Falcão Braga

**EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NAS SALAS DE AULA EM
ESCOLAS DO ENSINO BÁSICO DA CIDADE DE SÃO
PAULO E SUA INFLUÊNCIA EM TAREFAS DE
LEITURA: UM ESTUDO PRELIMINAR**

Dissertação submetida à Escola Superior de Saúde para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Higiene e Segurança nas Organizações, realizada sob orientação científica da Professora Doutora Maria Regina Alves Cardoso, Professora Titular do Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e da Doutora Matilde Alexandra Rodrigues, Professora Adjunta Convidada da Área Técnico-Científica da Saúde Ambiental da Escola Superior de Saúde, Politécnico do Porto.

setembro, 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Dra. Matilde Rodrigues, minha orientadora, pelo acompanhamento, orientação, e apoio para a elaboração deste trabalho.

À equipa que trabalhou comigo em São Paulo na recolha de dados nas escolas, nomeadamente:

À Professora Doutora Maria Regina Alves Cardoso, Professora Titular do Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo;

À Dra. Elaine, psicóloga responsável pelos testes cognitivos realizados, e aluna de doutoramento da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo;

À Dra. Dulce Santos, aluna de doutoramento da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo;

Ao Dr. Marcelo Aquilino, físico pesquisador do Laboratório de Conforto Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo.

Pela forma atenciosa e simpática que fui recebida; por toda a disponibilidade, apoio, amizade, colaboração, acompanhamento, disponibilização e fornecimento de material.

Aos meus amigos, pela ajuda, apoio, incentivo, colaboração e encorajamento.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, e também para o meu crescimento pessoal e académico.

RESUMO

O ruído em ambiente escolar é considerado um agente que interfere no desempenho e bem-estar do aluno, colocando em causa o processo de aprendizagem. Este agente atua principalmente na percepção do discurso do professor pelos alunos e interfere com os seus níveis de atenção e concentração. Esta questão torna-se ainda mais relevante quando se refere a crianças, uma vez que estas são consideradas um grupo particularmente vulnerável aos efeitos do ruído. No Brasil esta é uma questão de elevado interesse uma vez que, na sua maioria, as escolas do ensino básico poderão não possuir as condições estruturais ideais para a manutenção de ambientes acústicos favoráveis. No entanto, são ainda poucos os estudos sobre esta temática. Neste âmbito, o presente estudo tem como objetivo caracterizar os níveis de ruído em salas de aula de escolas públicas do ensino básico da cidade de São Paulo, bem como analisar a sua influência em tarefas de leitura. Foram incluídas neste estudo cinco salas de aula pertencentes a cinco escolas da cidade de São Paulo. O nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A ($L_{Aeq,T}$) foi monitorizado de forma contínua durante todo o período de aula, quer no interior da sala de aula, quer no exterior. Para avaliar o desempenho ao nível da leitura, foi aplicado o *Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras*. Os resultados foram controlados para as capacidades intelectuais dos alunos, tendo sido aplicado o *Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven* para o efeito. No interior das salas de aula, os valores de $L_{Aeq,T}$ variaram, em média, entre os 70,2 dB(A) e os 77,5 dB(A). No exterior das salas de aula os valores de $L_{Aeq,T}$ variaram entre os 68,0 dB(A) e os 78,4 dB(A). Os resultados indicam que os alunos se encontram expostos a níveis elevados de ruído no interior da sala de aula, que podem colocar em causa o seu desempenho, demonstrando a necessidade de controlo de ruído nestes ambientes. Verificou-se a existência de correlação entre os níveis de ruído no interior e no exterior da sala de aula. Não se verificou uma relação entre os valores de $L_{Aeq,T}$ e o desenvolvimento dos alunos em tarefas de leitura. Os resultados deste estudo enfatizaram a necessidade das escolas analisarem as condições acústicas das salas de aula e definirem medidas de controlo adequadas. Estudos adicionais deverão ser desenvolvidos para a análise da relação entre os níveis de ruído na sala de aula e o desempenho dos alunos.

Palavras-chave: aprendizagem; crianças; escolas; leitura; ruído; sala de aula.

ABSTRACT

Noise, in school settings, has influence on students' performance and well-being, affecting the learning process. This physical agent interferes mostly on the students' understanding about the teacher's speech and also on their levels of attention and concentration. This is particularly important since children are considered a vulnerable group to the effect of noise. In Brazil, this issue is even more relevant because the majority of primary schools may not have structural conditions to promote an appropriate acoustical environment. However, studies on this issue are still scarce. This study aims to characterize the noise levels in the classrooms of primary schools belonging to the public school system of São Paulo, as well as to analyse its influence on students' reading. The sample included five classrooms belonging to five schools located in São Paulo. Equivalent continuous sound pressure levels A-weighted ($L_{Aeq,T}$) were continuously recorded along an entire school-day period, both inside and outside the classroom. To evaluate the students' reading performance, it was used the Word and Pseudoword Reading Competency test. The Raven's Coloured Progressive Matrices Test was used as a control for general intellectual abilities. Inside of the classrooms, $L_{Aeq,T}$ values range, on average, between 70.2 dB(A) and 77.5 dB(A). On the outside of the classroom, $L_{Aeq,T}$ values range between 68.0 dB(A) and 78.4 dB(A). Results suggest that children are exposed to high noise levels inside of the classrooms, which can negatively affect their academic performance. Therefore, it is important to consider the need for noise control inside of classrooms, to maintain an appropriate learning environment. There was a correlation between noise levels inside and outside the classroom. However, there was not found a relationship between $L_{Aeq,T}$ values and the students reading performance. The results emphasize the need to schools analyse the classrooms' acoustic conditions and define suitable control measures. Additional studies should be performed to analyse the relationship between noise levels inside of the classrooms and the students' performance.

Keywords: children; classrooms; learning process; noise; reading; schools.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. APRENDIZAGEM ESCOLAR E O SEU CONTEXTO NO BRASIL.....	4
1.1. Breve abordagem ao processo cognitivo da aprendizagem.....	4
1.2. Contexto social da aprendizagem no brasil.....	5
2. A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO EM SALA DE AULA.....	8
2.1. Som vs ruído.....	8
2.2. Ruído nas escolas.....	9
2.2.1. Fontes de ruído na sala de aula.....	10
2.2.2. Influência das condições acústicas da sala de aula na inteligibilidade do discurso.....	11
2.2.3. Orientações de parâmetros acústicos em sala de aula.....	12
2.2.4. Níveis de exposição ao ruído em sala de aula.....	14
2.2.5. Consequências da Exposição ao Ruído na Escola.....	17
2.2.5.1. Efeitos na saúde e bem-estar.....	17
2.2.5.2. Influência do ruído na aprendizagem.....	18
CAPÍTULO II – MÉTODOS.....	24
1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	25
2. DESENHO DO ESTUDO.....	28
2.1. Avaliação dos níveis de pressão sonora.....	28
2.1.1. Níveis de pressão sonora no interior da sala de aula.....	29
2.1.2. Níveis de pressão sonora no exterior da sala de aula.....	29
2.2. Avaliação do desempenho ao nível do desenvolvimento da leitura.....	30
2.2.1. Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras.....	30
2.2.2. Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven.....	32
3. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS.....	33
CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DO RESULTADOS.....	35
1. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO INTERIOR DAS SALAS DE AULA.....	36
2. NÍVEIS DE RUÍDO NO EXTERIOR DAS SALAS DE AULA.....	40
3. INFLUÊNCIA DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO DESENVOLVIMENTO DA LEITURA.....	43
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICES.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I. Valores de referência relativamente às condições acústicas nas escolas.....	13
Tabela II. Resumo dos níveis de ruído em salas de aula desocupadas e ocupadas, encontrados em estudos anteriores.....	14
Tabela III. Breve caracterização dos edifícios escolares em estudo em termos de localização, principais fontes de ruído exteriores e matrículas.....	26
Tabela IV. Resumo das condições verificadas nas salas de aula.....	27
Tabela V. Caracterização dos níveis de ruído nas salas de aula das escolas avaliadas....	36
Tabela VI. Caracterização dos níveis de ruído no exterior da sala de aula.....	41
Tabela VII. Coeficientes de correlação entre os níveis de ruído no exterior e os níveis de ruído no interior da sala de aula.....	43
Tabela VIII. Classificação do Teste TCLPP.....	44
Tabela IX. Classificação do Teste Raven.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Distribuição da idade dos alunos, por escola avaliada.....	25
Figura II. Exemplos dos itens de teste da versão original do TCLPP (Fonte: Seabra & Capovilla, 2010)	31
Figura III. Modelo de item do <i>Teste de Matrizes Progressivas de Raven</i> (Fonte: Salles, 2005).....	32
Figura IV. Distribuição dos níveis de LAeq,T durante o decorrer das aulas nas 5 salas de aula	38
Figura A-I. Sala de aula da Escola D.....	54
Figura A-I. Localização do sonómetro na sala de aula Escola B	54

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

EMEF: Escola Municipal do Ensino Fundamental

IDEB: Índice de Desenvolvimento Ensino Básico

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

$L_{Aeq,T}$: Nível Sonoro Contínuo Equivalente Ponderado A, no intervalo de tempo T

NBR: Norma Brasileira

OCDE: Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico

OMS: Organização Mundial de Saúde

PISA: Programa Internacional de Avaliação de Alunos

RANCH: Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health

RRAC: Regulamento Requisitos acústicos dos edifícios

SAEB: Sistema de Avaliação do Ensino Básico

TCLPP: Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras

INTRODUÇÃO

A educação é um elemento integrante e fundamental de toda a sociedade. Neste âmbito, as escolas têm um papel essencial, nomeadamente na formação dos alunos, tratando-se de um local onde as crianças permanecem grande parte do seu dia. É assim importante que as escolas propiciem ambientes de estudo e aprendizagem que maximizem as potencialidades e o desempenho, quer dos alunos, quer dos professores. No entanto, diversos fatores, como os associados ao ambiente físico da sala de aula, têm sido relacionados com implicações negativas para a aprendizagem e saúde das crianças (ver por exemplo Shield & Dockrell, 2004; Zannin & Zwirtes, 2009; Kristiansen et al., 2014).

A qualidade e as características dos ambientes acústicos nas escolas primárias têm sido um dos focos mais importantes de estudo. De facto, nos últimos anos, foram fortalecidas as evidências sobre os efeitos da exposição ao ruído em salas de aula no desempenho e aprendizagem das crianças. Níveis elevados de ruído têm sido apontados para influenciar a perceção do discurso do professor pelos alunos (Klatte et al., 2010b), bem como os seus níveis de atenção e concentração (Szalma & Hancock, 2011).

O problema do ruído em sala de aula torna-se mais evidente quando diversos estudos apontam para elevados níveis sonoros no interior das mesmas (Dockrell & Shield, 2003; Lundquist et al., 2003; Shield & Dockrell, 2004; Sato & Bradley, 2008; Zannin et al., 2008; Zannin & Zwirtes, 2009; Guidini et al., 2012). No entanto, a maioria dos estudos anteriores têm-se focado principalmente na avaliação do impacto do ruído proveniente de fontes externas às salas de aula no desenvolvimento cognitivo e aproveitamento académico dos alunos, nomeadamente do ruído proveniente do tráfego rodoviário e aéreo (Evans & Maxwell, 1997; Hygge et al., 2002; Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006; Clark et al., 2013). Porém, o ruído com origem no interior do próprio edifício escolar não pode ser negligenciado, sendo importante ter em consideração aquele que provém de equipamentos de ventilação, outras salas de aula e outros espaços do interior da escola, bem como aquele que é potenciado pelas próprias crianças no interior da sala de aula. De facto, fontes de ruído interiores são fatores que poderão também contribuir de forma negativa para a aprendizagem dos alunos, no entanto, estudos que abordem esta relação são ainda escassos (Dockrell & Shield, 2003).

No Brasil, os níveis de ruído nas salas de aula assumem particular importância. A falta de qualificação dos espaços escolares, principalmente no setor público, aliada às dificuldades na melhoria da qualidade da educação brasileira (Rosa et al., 2015), torna essencial caracterizar os ambientes de aprendizagem e promover a sua otimização, no sentido de assegurar condições propícias para as crianças, especialmente as mais novas. No entanto, esta é uma problemática ainda pouco caracterizada no Brasil.

Face ao exposto, o presente estudo decorre da necessidade de assegurar um melhor ambiente de aprendizagem para as crianças, especialmente as mais novas. Centra-se, fundamentalmente, na avaliação dos níveis de ruído em contexto real de sala de aula, bem como na análise do seu impacto no desempenho do aluno durante tarefas de leitura. Além disso, é desenvolvido na cidade de São Paulo, Brasil, onde este problema se encontra ainda pouco caracterizado.

Objetivos do Estudo

Este estudo tem como objetivo caracterizar os níveis de ruído nas salas de aula de escolas públicas do ensino básico da cidade de São Paulo. Adicionalmente, pretende-se analisar o seu impacto no desempenho dos alunos ao nível da leitura.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Caracterizar os níveis de ruído no interior das salas de aula de escolas públicas da grande metrópole de São Paulo;
- Caracterizar os níveis de ruído no exterior das salas de aula;
- Analisar a influência do ruído exterior no nível de ruído no interior da sala de aula;
- Analisar a relação entre os níveis de ruído na sala de aula e o desempenho dos alunos na leitura.

CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. APRENDIZAGEM ESCOLAR E O SEU CONTEXTO NO BRASIL

1.1. BREVE ABORDAGEM AO PROCESSO COGNITIVO DA APRENDIZAGEM

A aprendizagem e o desenvolvimento de uma criança decorrem durante toda a sua infância. No entanto, quando a criança ingressa na escola, esta inicia a construção dos conteúdos básicos da alfabetização, o processo de aprendizagem da leitura e escrita, bem como o conhecimento de elementos básicos que permitem uma formação comum, imprescindíveis para uma vida em sociedade (Sprinthall & Sprinthall, 1993).

Numa perspectiva cognitiva, a aprendizagem é compreendida em termos de aquisição de novas informações, bem como a sua integração com o conjunto de conhecimentos existentes (Pinto, 2001). No que diz respeito ao processo de aprendizagem escolar, este é um processo complexo que se desenvolve através de estágios (Tavares & Alarcão, 2005). A aprendizagem requer a seleção de informações, e posteriormente a sua retenção, para interpretação e possível armazenamento na memória a longo prazo (Sprinthall & Sprinthall, 1993). Neste contexto, a aprendizagem é interdependente de processos mentais de atenção, percepção, memória e raciocínio (Pinto, 2001). O conhecimento é o resultado da mediação mais ou menos coordenada dos vários processos cognitivos (Pinto, 2001).

Os teóricos cognitivistas propuseram uma importante teoria da aprendizagem, denominada “processamento da informação” (Tavares & Alarcão, 2005). Trata-se de uma teoria da aprendizagem e da memória, segundo o modelo de funcionamento do computador. Embora o processo da aprendizagem humana não possa ser reduzido a um modelo de processamento de informação puro, por demonstrar um modelo exageradamente simples, podemos considerar que a aprendizagem humana pode ser descrita de acordo com a sequência de operações que estes autores definem (Tavares & Alarcão, 2005). Da mesma forma que os dados ao entrarem no computador têm de ser codificados de forma a poderem ser armazenados e processados, a informação que é recebida pelos recetores sensoriais (e à qual se dá a atenção) tem de ser codificada para depois ser armazenada e processada (Tavares & Alarcão, 2005). De facto, durante o desenvolvimento de uma tarefa cognitiva, da grande quantidade de informação que é detetada pelos órgãos dos sentidos, a informação que será retida está intimamente relacionada com os processos de percepção e atenção (Belojevic et al., 2003). A atenção revela-se uma componente crítica, pois se não for dada atenção adequada e imediata, a informação provavelmente será perdida, não sendo nada apreendido (Tavares & Alarcão, 2005).

Direcionando para o contexto de sala de aula, as características do ambiente físico da escola e da própria sala (parâmetros como a iluminação, o ambiente térmico e a acústica) devem ser devidamente controlados a fim de não interferirem com o bem-estar físico e psicológico dos ocupantes, e conseqüentemente comprometerem o processo de aprendizagem do aluno (Marchand et al., 2014). O ambiente acústico, por exemplo, é um dos fatores do ambiente de aprendizagem, por vezes negligenciado, mas de extrema importância. Considerando que grande parte das atividades em sala de aula se baseia na comunicação entre professor e aluno, é necessário garantir um ambiente com baixos níveis de ruído. Se esta situação não se verificar, a percepção do discurso por parte do aluno será colocada em causa, sendo também afetada a sua capacidade de concentração e atenção, aspetos considerados importantes na aquisição do conhecimento.

1.2. CONTEXTO SOCIAL DA APRENDIZAGEM NO BRASIL

A escolaridade é uma questão que ocupa um papel de destaque em países como o Brasil. Embora os problemas de escolarização constituam, numa perspetiva inicial, um problema para o indivíduo, os seus impactos têm um efeito bem mais alargado. Cada país aspira ver melhorados os índices de literacia da sua população e a escolaridade, uma vez que, o aumento de competências académicas se refletirá positivamente na evolução e desenvolvimento do país, tanto a nível social como económico (Lopes, 2005).

Atualmente o sistema de educação brasileiro encontra-se organizado da seguinte forma: (a) Creches para crianças de 0 a 3 anos; (b) Pré-escola para crianças de 4 a 6 anos; (c) Primeiro grau ou ensino fundamental, de 8 anos, com ingresso a partir dos 7 anos; (d) Segundo grau ou ensino médio, de 3 a 4 anos, com ingresso a partir dos 15 anos; (e) Ensino superior, com duração de 3 a 6 anos; e (f) Ensino pós-graduado (mestrado e doutoramento).

Os problemas da educação brasileira transitaram nos últimos anos da questão do acesso para fatores como a racionalização da gestão e da qualidade do ensino. Questões referentes ao abandono, reprovação e fracasso escolar, constituem as preocupações emergentes (Rosa et al., 2015). De acordo com os dados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA¹), em 2012 o Brasil ficou situado entre os últimos lugares no ranking (Chan &

¹ O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) consiste numa avaliação trienal aplicada a alunos na faixa dos 15 anos, que pretende avaliar o sistema educacional mundial. Os últimos resultados publicados são referentes a 2012, onde participaram 65 países. As avaliações abrangem três áreas do conhecimento – Leitura, Matemática e Ciências. (OECD, 2016).

Tami, 2015). Vários fatores são mencionados relativamente aos problemas da educação no Brasil. De forma geral, estes passam por: insuficientes investimentos públicos; a existência de elevados níveis de reprovação e altas taxas de abandono escolar, principalmente nas regiões mais carenciadas do País; falta de valorização da carreira profissional do professor; e falta de condições nas infraestruturas (Castro, 2009; Paiva, 2011). No entanto, o diretor-adjunto de Educação da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OCDE), Andreas Schleicher, salientou que embora o Brasil tenha um longo caminho a percorrer, este foi o país que mais avançou nos indicadores desde 2000 (Rosas, 2014). Referiu ainda que o Brasil, não integrando a OCDE, encarou ainda assim os desafios das avaliações do PISA, mesmo que muitos especialistas acreditassem que em vez de ajudar este acabaria por desmotivar a evolução do sistema educacional, dada a grande distância a ser percorrida em relação a países mais desenvolvidos (Rosas, 2014).

Abordando a questão da qualidade do ensino disponibilizado no Brasil, este tem sido um fator efetivamente preocupante. A qualidade do ensino na escola pública é muito baixa, e além disso, tem enfrentado uma tendência descendente ao longo do tempo (Colucci & Junior, 2015). Para Marchelli (2010), o facto de o aumento do número de matrículas nas redes públicas não ter sido acompanhado pelo aumento de recursos e apoios do Estado, contribuiu para o agravamento da qualidade do ensino.

No que concerne à mensuração do desempenho do ensino básico, desde o início dos anos 90 que o Brasil tem avançado na determinação de sistemas específicos para a avaliação da educação. O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) foi criado nesta altura, consistindo na aplicação de provas de português e matemática a uma amostra de alunos da 4ª e 8ª série do ensino fundamental, e da 3ª série do ensino médio (Marchelli, 2010). Em 2005, este sistema foi reestruturado, com a finalidade de criar um sistema nacional de avaliação que melhor acompanhasse as condições educacionais e a aprendizagem, procurando uma formação básica comum. Foi então realizada a primeira avaliação universal da educação básica, a Prova Brasil, universal a todos os alunos matriculados no 5.º e 9.º anos do Ensino Fundamental público, privado ou federal (Colucci & Junior, 2015).

Em 2007, é divulgada uma nova política de governo denominada Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) (Marchelli, 2010). Este plano surge num momento em que, sob consequência da divulgação da série histórica dos dados do SAEB (1995-2005), a educação brasileira é considerada uma das piores do mundo (Marchelli, 2010). Os objetivos do PDE contemplam a melhoria da qualidade do ensino por meio do aumento nos

investimentos e aperfeiçoamento da gestão de recursos pelos agentes públicos responsáveis. Uma das medidas adotadas é a criação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), decorrente de uma nova geração de indicadores para avaliar a qualidade de ensino no país (Marchelli, 2010; Colucci & Junior, 2015). Este é um indicador de qualidade do ensino, calculado de dois em dois anos, sendo calculado com base no desempenho dos alunos no SAEB e na Prova Brasil, e em taxas de aprovação. O resultado é expresso através de uma escala de zero a dez, estabelecendo metas de qualidade a serem alcançadas pelos sistemas municipais, estaduais e federais (Marchelli, 2010; Colucci & Junior, 2015). Com base na classificação final, está prevista a distribuição de recursos adicionais para os municípios com os índices de qualidade mais baixos (Marchelli, 2010).

Comparando os resultados obtidos na Prova Brasil e no desempenho no IDEB pelas diferentes redes de ensino, ficou claro que a rede privada possui um desempenho superior relativamente à rede pública (Colucci & Junior, 2015). Assim, uma vez mais, a questão da existência de uma boa escola, com ensino de qualidade, é associada às escolas privadas, para poucos privilegiados, destinada à elite que pode pagar por um ensino de melhor qualidade. Em contraposição está a ideia pejorativa da escola pública, vista muitas vezes como uma escola de “qualidade questionável, possuindo um ensino mais básico e carente, assente numa abordagem mais “social” (Chirinéa, 2010).

De facto, a rede pública de ensino fundamental no Brasil apresenta grandes dificuldades a nível nacional, tendo um dos piores desempenhos educacionais quando comparada com as demais redes de ensino (Colucci & Junior, 2015). Os problemas da educação no Brasil possuem duas vertentes que são igualmente importantes na sua caracterização: por um lado, estão as questões pedagógicas, e por outro, os fatores sociais. Neste sentido, a responsabilização da escola pelo sucesso ou fracasso escolar, baseado no IDEB, sem ter em consideração fatores como a formação e as condições de trabalho dos profissionais da escola, o tipo de gestão escolar, a estrutura física da escola e a prática didático-pedagógica, o número de alunos na sala de aula, além do nível socioeconômico e cultural das famílias cujos filhos frequentam a escola pública, não representa a realidade (Chirinéa, 2010). Segundo Chirinéa (2010), a qualidade da educação é interdependente de fatores sociais, culturais e económicos. A desigualdade social é um fator extrínseco à escola e que pode afetar a qualidade da educação.

Por fim, a questão de uma adequada infraestrutura escolar é considerada também como um fator essencial, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil (Gomes & Regis, 2012). Segundo Gomes & Regis (2012), os resultados escolares estão relacionados com a grande variabilidade dos recursos disponíveis nas escolas, demonstrando que a proficiência dos alunos aumenta em função desta variável. Neste contexto, o conforto ambiental em sala de aula é também um fator a ter em consideração, na medida em que, as características físicas do espaço têm implicações diretas na saúde e bem-estar dos ocupantes (Woolner & Hall, 2010). Nos últimos anos, o Brasil tem construído escolas públicas atendendo a um projeto padronizado, excluindo por completo as condições climáticas do local, que no Brasil variam profundamente de região para região (Zannin et al., 2008). Questões de qualidade acústica e de iluminação são também muitas vezes menosprezadas (Zannin et al., 2008).

2. A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO EM SALA DE AULA

2.1. SOM vs RUÍDO

O som é o resultado de qualquer variação de pressão que se propaga na forma de ondas num meio elástico, sendo originado quando uma fonte sonora emite uma série de vibrações ao longo do tempo, que se propagam até ao ouvido (Nunes, 2006; Miguel, 2012). A intensidade das vibrações sonoras emitidas designa-se por pressão sonora, que se mede em Newton/m^2 ou Pascal (Pa). A variação da pressão sonora é perceptível pelo ouvido humano na gama de $20\mu\text{Pa}$ a 100 Pa. Por esta gama ser impraticável, e também pela questão do ouvido humano não responder linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente, o nível de pressão sonora é expresso em decibel, dB. A escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB (limiar da audição) e 140 dB (limiar da dor) (Nunes, 2006).

Outro parâmetro que descreve um sinal sonoro é a frequência. A frequência do som designa o número de variações de pressão por segundo, e exprime-se em hertz (Hz). Os sons graves caracterizam-se por baixas frequências, enquanto os sons agudos se caracterizam por altas frequências (Freitas, 2008). A potência sonora e a intensidade sonora constituem outros parâmetros do som. A potência sonora pode ser definida como a energia total emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo, sendo expressa em Watt (W) e a intensidade sonora como a transmissão de energia de uma onda sonora por unidade de área, sendo expressa em watt por metro quadrado (W/m^2) (Nunes, 2006; Freitas, 2008).

Como no nosso dia-a-dia a maioria dos sons são compostos por várias frequências, é importante que estes sejam também analisados em termos de frequência, ou seja, deve-se efetuar uma análise espectral. Para avaliar a resposta do ouvido humano, são usadas curvas de ponderação que alteram os níveis de pressão detetados de acordo com vários critérios. A ponderação usualmente utilizada é a ponderação de frequência A, pois trata-se daquela que melhor se aproxima da resposta do ouvido humano (Nunes, 2006; Freitas, 2008).

O conceito de ruído refere-se a qualquer som desagradável e indesejado capaz de causar incômodo (Arezes, 2002). Em termos gerais, o ruído é um som que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa, que “perturba o ambiente, contribuindo para o mal-estar e provocando situações de risco para a saúde do ser humano” (Nunes, 2006). Do ponto de vista físico o som e o ruído constituem o mesmo fenómeno de flutuação da pressão atmosférica, sendo a diferença entre eles uma questão subjetiva. Enquanto certos indivíduos descrevem determinados sons como sendo ruídos, para outros esses mesmos sons podem ser vistos como não incomodativos (Barbosa, 2009). Portanto, o que é um som para uma pessoa pode muito bem ser considerado ruído para outra qualquer. O grau de incomodidade provocado pelo ruído é variável e depende de diversos fatores, tais como, idade, estado emocional, crenças, rotina de vida do indivíduo e o contexto onde o indivíduo está inserido (Arezes & Miguel, 2002).

Apesar das consequências mais evidentes da exposição ao ruído traduzirem-se ao nível do aparelho auditivo, este tem também um impacto negativo ao nível psicológico do indivíduo, prejudicando não só o funcionamento individual, como o comportamento da atividade física e mental dos mesmos (Basner et al., 2014).

2.2. RUÍDO NAS ESCOLAS

As escolas nem sempre apresentam condições favoráveis à aprendizagem dos alunos. Estudos têm identificado certas variáveis do ambiente físico na sala de aula que podem ter impactos no processo de aprendizagem, nomeadamente, condições de iluminação (por exemplo, Barkmann et al., 2012), ambiente térmico (por exemplo, Zeiler & Boxem, 2009) e acústicas (por exemplo, Hygge et al., 2002; Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006; Kjellberg et al., 2008; Sörqvist et al., 2010; Halin et al., 2014).

Apesar da importância de outros fatores, existe uma preocupação crescente relativamente aos efeitos do ruído nas crianças (WHO, 2011). As evidências existentes indicam que a

exposição prolongada ao ruído poderá ter influências ao nível do desenvolvimento cognitivo das crianças. Assim, nas seguintes subsecções irá ser efetuada uma pequena revisão da temática do ruído em ambiente escolar, abordando as principais fontes de ruído encontradas na sala de aula, as principais diretrizes a nível mundial no que respeita aos níveis sonoros recomendados, os mecanismos de interferência do ruído no processo de aprendizagem, assim como uma exposição de resultados de estudos anteriores.

2.2.1. Fontes de ruído na sala de aula

O ruído na sala de aula decorre de diversos fatores, sendo principalmente constituído pela combinação do ruído produzido por fontes externas e fontes internas. No que respeita às fontes de ruído externas, estas correspondem ao ruído normalmente produzido pelo tráfego de veículos e aviões, bem como os ruídos provenientes de estabelecimentos próximos à escola e de atividades humanas (bares, buzinas, construção civil, academias, etc.). Adicionalmente a estas fontes, o ruído resultante de espaços interiores comuns da escola, como o pátio, corredores, pavilhão desportivo, sala de música, cozinha, outras salas de aula, etc., também influenciam os níveis no interior na sala de aula, podendo também ser consideradas fontes de ruído externas à sala de aula (Dockrell & Shield, 2003; Barbosa, 2009). Este ruído poderá ter implicações no nível sonoro no interior das salas de aula, dependendo essencialmente da intensidade do próprio ruído e das características estruturais da escola (Clark et al., 2006; Dockrell & Shield, 2006). Neste sentido, é importante ter em consideração questões como a localização do edifício escolar e aspetos da sua arquitetura (Woolner & Hall, 2010), pois muitas escolas situam-se perto de avenidas de muito tráfego, aeroportos e outros ambientes de elevado ruído. Aliado a estas condições, é importante promover edifícios com características estruturais adequadas (Woolner & Hall, 2010). Assim, devem ser desenvolvidas boas práticas de projeto e construção, métodos de instalação e procedimentos opcionais, como a aplicação de materiais de absorção, a fim de eliminar ou reduzir a exposição ao ruído na sala de aula, proveniente de fontes exteriores, garantindo o cumprimento da legislação em vigor.

Apesar da importância atribuída às fontes de ruído exterior, o ruído produzido no interior da sala de aula, como o proveniente da conversação ou de atividades inerentes aos alunos, bem como os ruídos produzidos por projetores multimédia, computadores e sistemas de ventilação, tem também uma elevada relevância (Dockrell & Shield, 2003; Dockrell &

Shield, 2006; Barbosa, 2009; Woolner & Hall, 2010). Entre estas fontes destaca-se o ruído produzido pelas crianças. Segundo alguns estudos, o ruído que perturba mais os alunos é o proveniente das conversas e risadas, sendo também importante o ruído derivado da movimentação de cadeiras e mesas, assim como o ruído proveniente de outras salas, que apesar de ser uma fonte de ruído externa à sala de aula, continua a ser proveniente do interior do edifício (Shield & Dockrell, 2004; Dockrell & Shield, 2006). Dockrell & Shield (2006) acrescentam que durante as atividades mais ruidosas em contexto de sala de aula (por exemplo na realização de trabalhos de grupo) o ruído de fontes exteriores não é perceptível. Segundo estes, as atividades que estão a ser desenvolvidas, assim como o número de crianças e a faixa etária, são fatores que propiciam o aumento do ruído em sala de aula. Resultados similares foram encontrados em outros estudos (Lundquist et al., 2000; Sato & Bradley, 2008).

2.2.2. Influência das condições acústicas da sala de aula na inteligibilidade do discurso

Considerando que numa sala de aula a comunicação verbal é primordial e que o ruído poderá influenciar de forma negativa este processo, é importante abordar fatores acústicos que podem interferir com a perceção e compreensão da palavra. Este é um processo de elevada importância para as crianças em idade escolar, uma vez que estas apresentam uma maior dificuldade em perceber o discurso na presença de condições adversas como níveis de ruído elevados (Klatte et al., 2010b). Esta situação verifica-se porque, ao contrário dos adultos, as crianças ainda estão em fase de aquisição de vocabulário e possuem um campo lexical ainda reduzido (Hulit et al., 2011).

Para possibilitar a comunicação entre os alunos e o professor, bem como não interferir com a inteligibilidade do discurso, é importante verificar-se numa sala de aula condições acústicas adequadas (Klatte et al., 2010b). São fatores acústicos a ter em consideração o nível de ruído de fundo, o tempo de reverberação e a relação sinal-ruído (Manlove, 2001 cit in Chan et al., 2015).

A reverberação corresponde ao prolongamento ou persistência do som no interior de uma sala. Isto é, o som ao encontrar um obstáculo, como por exemplo uma parede, reflete-se. As múltiplas reflexões do som num ambiente causam a reverberação (Roeser & Downs, 2004). O tempo de reverberação refere-se ao total de tempo (em segundos) que é

necessário para um som decair 60 dB após ter cessado na fonte (Roeser & Downs, 2004). A reverberação de uma sala aumenta em função do seu volume, estando inversamente relacionada com o total de absorção sonora existente no local. Salas de aula com cimento a descoberto nas paredes, pavimento e teto, tendem a exibir maiores tempos de reverberação do que salas de aula que contêm superfícies absorventes (Roeser & Downs, 2004).

O ruído de fundo, segundo a norma ANSI S12.60, corresponde ao som presente numa sala desocupada, mas mobilada. Pode ser constituído pelo ruído proveniente de fontes externas à escola (como o ruído de tráfego) e pelo ruído produzido no interior da escola (ruído de outras salas de aula com atividades a decorrer ou o ruído de equipamentos, como os equipamentos de ventilação por exemplo).

Em ambientes de aprendizagem, a relação sinal/ruído constitui outro dos aspetos importantes a ter em consideração. Esta corresponde à relação entre o som produzido pela fonte principal e o ruído de fundo que existe no meio envolvente. Calcula-se pela diferença entre o nível sonoro da fonte principal, neste caso o discurso do professor, e o nível sonoro do ruído de fundo. Portanto, quanto maior for este valor, maior é o grau de inteligibilidade (Roeser & Downs, 2004). De acordo com Roeser & Downs (2004) o valor mínimo desejável de sinal/ruído é de +15 dB.

2.2.3. Orientações de parâmetros acústicos em sala de aula

Existem várias diretrizes nacionais e internacionais relativamente às condições acústicas em salas de aula. Estas definem valores recomendados para critérios como tempo de reverberação e nível de ruído de fundo na sala de aula. Na Tabela I são apresentadas algumas das orientações, e respetivos valores de referência, no que respeita a acústica de sala de aula e outros espaços escolares.

Uma das recomendações é apresentada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) na diretriz *Community Noise* (WHO, 1999). Esta recomenda que o nível de ruído de fundo numa sala de aula não ultrapasse os 35 dB(A). Para campos de jogos no exterior, o nível máximo de ruído recomendado é de 55 dB(A), durante as atividades de recreio. Valores similares são apresentados pela norma americana *ANSI S12.60*, a qual estabelece os níveis de ruído de fundo admitidos em função do volume da sala de aula, os quais variam entre os 35 e os 40 dB (A), como apresentado na Tabela I. Já no Reino Unido foi publicado o *Building Bulletin 93* (BB 93, DfE, 2015). Esta recomendação tem em consideração

indicadores de nível de ruído, tempo de reverberação e isolamento acústico no que concerne a mais de trinta tipos de espaços diferentes destinados ao ensino e aprendizagem. O BB 93 refere um nível de ruído fundo de 35 dB. Tanto a norma americana como a britânica indicam valores de ruído de fundo para as salas de aula mobiliadas mas desocupadas, considerando as fontes de ruído exteriores ao edifício escolar e excluindo o ruído produzido pelas atividades de ensino. No Brasil, a Norma Regulamentar 10.152 (NBR. 10.152) estabelece o nível de ruído para o conforto acústico dos utilizadores de diversos ambientes, fixando para as salas de aula uma recomendação de 40-50dB (A), valores que se referem também a salas de aula desocupadas. O valor inferior de 40 dB(A) representa o nível sonoro para conforto e o valor superior de 50 dB(A) é definido como o nível sonoro aceitável.

Tabela I. Valores de referência relativamente às condições acústicas nas escolas

Diretrizes	Salas de aula		Corredores		Zonas de recreio
	Nível de ruído de fundo, $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	Tempo de reverberação, seg.	Nível do ruído de fundo, $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	Tempo de reverberação, seg.	Nível de ruído $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]
OMS (1999)	35	0,6	-	<1	55
ANSI S12.60	35-40 ⁽¹⁾⁽²⁾	0,6-0,7	45	-	-
BB 93	35 ⁽³⁾	<0.6 ⁽⁴⁾ <0.8 ⁽⁵⁾	-	-	55
NBR 10.152	40 ⁽⁶⁾ -50 ⁽⁷⁾	-	45-55	-	-

Notas: (1) Em função do volume: $\leq 566 \text{ m}^3$ o nível recomendado é de 35 dB; $> 566 \text{ m}^3$ o nível recomendado é de 40 dB; (2) $L_{Aeq,T, 1 \text{ hour}}$; (3) $L_{Aeq,T, 30 \text{ min}}$; (4) Para salas do ensino básico; (5) Para salas do ensino secundário; (6) Nível sonoro para conforto; (7) Nível sonoro aceitável.

Em Portugal, os requisitos acústicos para os edifícios escolares estão atualmente definidos o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) (Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho). Este define critérios para parâmetros como o isolamento sonoro, tempo de reverberação e nível de avaliação do ruído particular de equipamentos do edifício ($L_{Ar,nT}$). No entanto, em Portugal não se verifica qualquer referência particular relativamente aos níveis sonoros nas salas de aula. Contudo, existem recomendações relativamente ao ruído ambiente. De acordo com a alínea b) do artigo 11.º, do Capítulo III do Decreto-Lei nº 9/2007, sendo o ambiente escolar

caracterizado como uma zona sensível, este “não deve ficar exposto a ruído ambiente exterior superior a 55 dB (A), expresso pelo indicador Lden²”.

Apesar da importância das recomendações atuais, estas falham na apresentação de recomendações para salas de aula ocupadas, ignorando questões associadas às atividades desenvolvidas no interior das mesmas e à sua taxa de ocupação.

2.2.4. Níveis de exposição ao ruído em sala de aula

Como referido na subsecção 2.2.3., os níveis de ruído de fundo recomendados em sala de aula variam entre os 35 e os 50 dB(A), não tendo sido identificadas recomendações para salas de aula ocupadas. Apesar do referido, vários estudos anteriores têm analisado os níveis de ruído nas salas de aula, em ambas as situações, estando os resultados dos mesmos sumariados na Tabela II.

Em geral, resultados de estudos anteriores indicam que as crianças podem estar expostas diariamente, em contexto de sala de aula, a níveis sonoros relativamente elevados. No que concerne aos níveis sonoros nas salas desocupadas, estudos anteriores encontraram valores superiores às recomendações atuais. Em geral, os valores encontrados foram associados ao ruído produzido nas salas de aula adjacentes, bem como ao ruído proveniente dos corredores e áreas de recreio (Lundquist et al., 2003; Shield & Dockrell, 2004; Oiticica, 2005). Estes níveis elevados de ruído são preocupantes, uma vez que influenciam o ruído ambiente na sala de aula, quando esta se encontra ocupada. Se o nível de ruído numa sala de aula desocupada é elevado, perante a presença dos alunos e do ruído inerente a estes e ao desenvolvimento da aula, inevitavelmente os níveis sonoros elevam-se, proporcionando ambientes sonoros desfavoráveis, sendo os ocupantes obrigados a exercer maior esforço para conseguirem ouvir e serem ouvidos claramente.

No caso particular do Brasil, Zannin et al. (2008) e Zannin & Zwirter (2009) avaliaram o conforto acústico em salas de aula de escolas construídas, de acordo com um projeto padrão da rede pública de ensino brasileiro. Ambos os estudos registaram valores semelhantes para os níveis de ruído de fundo, com os valores a variarem entre os 51 dB(A) e os 63 dB(A). Nas duas situações, o nível de ruído em salas desocupadas foi superior aos limites recomendados pela NBR 10152 [40-50 dB(A)]. Os autores concluíram que o ruído

² Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno- o indicador de ruído, expresso em dB (A), associado ao incómodo global, de acordo com a alínea j), do capítulo I do DL 9/2007.

produzido no interior das salas de aula adjacentes foi responsável pelo nível de ruído de fundo nas salas observadas. Também Guidini et al. (2012) avaliaram o ruído em dez salas de aula do 1º ano de escolas do ensino fundamental de uma cidade do interior de São Paulo. Em termos de ruído de fundo, os níveis variaram entre 41 dB(A) a 56 dB(A). Maiores níveis de ruído de fundo foram registrados por Oiticica (2005), num estudo realizado em escolas do estado de Alagoas. Estes registraram valores de ruído de fundo a variar entre os 60 dB(A) e o 69,9 dB(A) em 95% das escolas que apresentavam os ventiladores desligados. Nas escolas que possuíam os ventiladores ligados, em 67,5% das escolas o ruído de fundo encontrava-se entre os 70 dB(A) e os 79,9 dB(A). Mais recentemente Shield et al. (2015) avaliaram o ruído em treze escolas do ensino secundário. Em termos de ruído de fundo, nas 86 salas de aula avaliadas foram registrados, em média, 34 dB(A). Considerando todas as medições realizadas, a escola que registou os níveis mais elevados de ruído de fundo foi a escola que simultaneamente apresentava maiores níveis de ruído medidos no exterior.

Relativamente ao ruído durante o decorrer da aula, os estudos indicam uma influência importante das crianças nos níveis sonoros, mostrando que os mesmos variam consideravelmente com a tipologia de aula ou atividade desenvolvida (Shield & Dockrell, 2004; Sato & Bradley, 2008). Shield & Dockrell (2004) encontraram uma diferença aproximadamente de 20 dB(A) entre as atividades mais tranquilas e as mais ruidosas. Também Lundquist et al. (2003) reportaram que os níveis médios de ruído foram superiores em aulas de línguas comparativamente com aulas de matemática, explicando que as aulas de matemática têm uma exigência maior em termos de concentração do que as aulas de línguas, podendo ser a razão pela qual os alunos estão mais silenciosos. Os mesmos resultados foram alcançados por Jaroszewski et al. (2007) e Guidini et al. (2012). Ainda segundo Shield & Dockrell (2004), a influência do ruído ambiente no interior da sala só se verifica quando as crianças estão envolvidas em tarefas mais silenciosas. Os mesmos autores concluíram também que a idade e a taxa de ocupação podem constituir fatores relevantes para a determinação dos níveis de ruído em sala de aula.

No que respeita ao Brasil, são poucos ainda os estudos que englobam o nível de ruído no decurso das aulas. Zannin & Zwirter (2009), avaliaram os níveis de pressão sonora durante uma aula em duas escolas, sendo que as condições de avaliação incluíam predominantemente o discurso do professor, permanecendo os alunos em silêncio. Os valores médios de $L_{Aeq,T}$ registrados foram de 74 dB(A). Já Almeida (2012), num estudo

realizado numa escola pública do ensino fundamental de São Paulo, registaram valores máximos de ruído na sala de aula de 96 dB(A). Também Guidini et al. (2012) avaliaram o ruído em dez salas de aula do 1º ano de escolas do ensino fundamental de uma cidade do interior de São Paulo. Durante o decorrer da aula, os níveis de pressão sonora variaram entre de 45 dB(A) a 65 dB(A).

Tabela II. Resumo dos níveis de ruído em salas de aula desocupadas e ocupadas, encontrados em estudos anteriores

Estudos	País	Níveis médios de ruído em sala de aula	
		Salas desocupadas $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	Salas ocupadas $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]
Lundquist et al. (2000)	Suécia	-	58 - 69
Maxwell & Evans (2000)	Estados Unidos	-	76 ⁽¹⁾ e 71 ⁽²⁾
Lundquist et al. (2003)	Suécia	33 - 42	47 - 68
Shield & Dockrell (2004)	Reino Unido	47	72 ⁽³⁾
Oiticica et al. (2005)	Brasil	60-80	
Jaroszewski et al. (2007)	Brasil	-	60 - 71
Wålinder et al., (2007)	Suécia	33 - 37	59 - 87
Sato & Bradley (2008)	Canadá	42	49
Zannin et al. (2008)	Brasil	56 - 63	-
Barbosa (2009)	Portugal	-	76 ⁽⁴⁾ - 62 ⁽⁵⁾
McAllister et al. (2009)	Suécia	-	83
Zannin & Zwirtes (2009)	Brasil	51- 63	74
Ferreira (2010)	Portugal	-	77
Almeida et al. (2012)	Brasil	-	84 a 96 ⁽⁶⁾
Guidini et al. (2012)	Brasil	41 - 56	45 – 65
Kristiansen et al. (2014)	Dinamarca	-	72
Chan et al. (2015)	China	-	68
Shield et al. (2015)	Reino Unido	34	64

Notas:(1) Sem nenhum tratamento acústico; (2) Após a instalação de painéis de absorção sonora nas paredes da sala; (3) Verificaram-se valores médios de 56,0 dB(A) quando os alunos realizavam tarefas em silêncio, e uma média de 77,0 dB(A), em atividades ruidosas; (4) Aulas práticas; (5) Aulas teórico-práticas; (6) Valores máximos registados

Mais recentemente na pesquisa realizada por Shield et al. (2015), a média de ruído verificada durante 274 aulas do ensino secundário foi de 64 dB(A). Foram realizadas medições em diferentes tipos de aulas, concluindo que a aula com maiores níveis de ruído, no geral, foi a de ciências. Estes valores podem ser explicados pelo fato de ser a aula onde se realizam um maior número de atividades envolvendo trabalho de grupo.

2.2.5. Consequências da Exposição ao Ruído na Escola

O ruído, sendo considerado como um *stressor*, em ambientes de aprendizagem é visto como um som incomodativo que afeta tanto os alunos como os professores. Considerando que as crianças, ao contrário dos adultos, não possuem as mesmas capacidades de *coping* para lidar com este *stressor*, estas são consideradas como um grupo particularmente vulnerável aos efeitos do ruído (WHO, 2011).

As pesquisas dos efeitos da exposição ao ruído nas crianças têm-se centrado, maioritariamente, nos efeitos a nível cognitivo resultantes da exposição ao ruído ambiente, nomeadamente no que se refere ao ruído proveniente de meios de transporte (Clark et al., 2013). Alguns efeitos a nível do incómodo, distúrbios no sono e doenças cardiovasculares também foram mencionados (Li et al., 2008; Woolner & Hall, 2010). A relação entre a acústica da sala de aula e a aprendizagem das crianças também tem sido alvo de estudo, tendo como objetivo auxiliar na determinação de ambientes acústicos favoráveis para a aprendizagem (Clark & Sörqvist, 2012). Face ao exposto, nesta secção serão abordados alguns dos efeitos ao nível da saúde e bem-estar, e mais em específico, os efeitos a nível cognitivo, nomeadamente na aprendizagem.

2.2.5.1. Efeitos na saúde e bem-estar

Van Kamp & Davies (2013), num trabalho de revisão bibliográfica, identificaram um conjunto importante de estudos que demonstraram os efeitos da exposição ao ruído ambiente em grupos vulneráveis da população, como crianças, idosos, indivíduos doentes e indivíduos com deficiência auditiva. Os autores identificaram como sendo os efeitos na saúde mais frequentemente descritos na literatura a fadiga, o sentimento de aborrecimento/incómodo, distúrbios no sono, doenças cardiovasculares e efeitos a nível cognitivo. Os efeitos em crianças em idade escolar foram os melhores documentados.

O incômodo causado pelo ruído tem sido um dos efeitos negativos mais frequentemente identificado na literatura entre os alunos, tendo sido relacionado com diferentes fontes, destacando-se no entanto o tráfego aéreo e rodoviário. Este refere-se à perturbação que o indivíduo sofre quando a exposição a este ao ruído interfere com os pensamentos, sentimentos ou atividades, provocando sentimentos de ressentimento, descontentamento, desconforto e insatisfação (Passchier-Vermeer & Passchier, 2000). Li et al. (2008), num estudo realizado em Beijing, em dormitórios de alunos durante a noite, revelou que níveis de ruído de tráfego rodoviário entre 64.0 dB(A) e os 79.2 dB(A) tinham um efeito negativo sobre os alunos, sendo que 50% dos inquiridos mencionaram estar altamente irritados com ruído do tráfego rodoviário. Já Clark et al. (2013) concluíram que as crianças que frequentam escolas expostas ao ruído do tráfego aéreo demonstram mais incômodo do que aquelas que frequentam escolas onde se verifica um reduzido tráfego aéreo. Resultados similares foram demonstrados por Dockrell & Shield (2004) e Haines et al.,(2001a).

Outros sintomas também têm sido reportados na literatura no que respeita à exposição ao ruído em contexto escolar. Mir (2008) demonstrou que a exposição ao ruído na escola estava associada com fadiga, dores de cabeça e a maiores níveis de cortisol indicativo de uma reação de *stress*. Os mesmos resultados foram alcançados por Wålinder et al. (2007). Já Basner et al. (2014), através de um estudo de revisão bibliográfica, mostrou que os estudos laboratoriais realizados têm permitido estabelecer a teoria de que a exposição prolongada ao ruído ambiente afeta o sistema cardiovascular. De facto, van Kempen et al. (2006) identificou um aumento estatisticamente significativo na pressão arterial sistólica devido à exposição ao ruído de tráfego aéreo na escola e em casa. No entanto, Lepore et al (2010) concluíram que, comparativamente com as crianças que frequentavam escolas localizadas em áreas menos ruidosas, as crianças que frequentavam escolas em áreas ruidosas apresentavam aumentos na pressão arterial significativamente mais baixos quando expostas a ruído agudo, indicando assim um efeito de habituação a este *stressor*.

2.2.5.2. Influência do ruído na aprendizagem

No contexto escolar o ruído é um dos fatores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, tendo um efeito negativo sobre o mesmo e, conseqüentemente, sobre o rendimento do aluno (Dockrell & Shield, 2003; Dockrell & Shield, 2008). Os mecanismos pelos quais o ruído afeta o desempenho escolar dos alunos não é perfeitamente claro

(Haines et al., 2001a; Stansfeld et al., 2005). Por um lado, um ambiente ruidoso na sala de aula constitui um obstáculo na comunicação oral, reduzindo a inteligibilidade do discurso, dificultando a audição e compreensão da fala pelas crianças (Klatte et al., 2010b). Interfere ainda com a capacidade de concretização de tarefas que requerem maior demanda em termos de atenção e memória, colocando em causa o desempenho do aluno (Dockrell & Shield, 2006).

Stansfeld et al. (2005) referem várias hipóteses para os mecanismos de interferência do ruído em termos cognitivos. Os autores, por um lado, mencionam que as crianças podem adaptar-se à interferência do ruído durante as atividades, filtrando os estímulos de ruído indesejados. Esta estratégia de “filtração” pode no entanto estender-se para situações onde o ruído não está presente, levando a que as crianças filtrem estímulos indiscriminadamente. Por outro lado, os autores referem que a frustração por parte dos professores e as interrupções nas comunicações entre professor e aluno pode ser também um mecanismo possível. Por sua vez, Haines et al. (2001a) mencionam o papel mediador dos efeitos da exposição ao ruído ao nível do sentimento de aborrecimento/incómodo e diminuição da qualidade de vida. Esta relação pode ser interpretada como uma resposta crónica de bem-estar afetado, que por sua vez poderá levar, em situação escolar, a uma distração crónica. É plausível que esta perturbação possa ter impactos no desempenho escolar. Assim, salientam-se desta forma dois mecanismos pelos quais o ruído poderá ter implicações em contexto de sala de aula: (a) interferência na perceção do discurso e (b) interferência na atenção/concentração (Evans & Maxwell, 1997).

No que respeita à interferência do ruído na perceção do discurso, verifica-se que quando este é elevado em contexto de sala de aula, a qualidade da comunicação é afetada (Sato & Bradley, 2008; Klatte et al., 2010b), sendo este impacto maior na realização de tarefas que exigiam instruções orais (Klatte et al., 2010a; Klatte et al., 2010b). Partindo do princípio que as atividades desenroladas em sala de aula são baseadas principalmente na comunicação entre o aluno e o professor, a informação deve ser clara, nítida e inteligível. Quando os níveis de ruído se sobrepõem à fala do professor, os alunos têm dificuldade em ouvir e entender claramente as informações, e por isso, as atividades educacionais que são dependentes da compreensão do discurso são comprometidas. É fundamental, principalmente em crianças em fase de alfabetização, que estas compreendam com exatidão as palavras pronunciadas pelo seu professor (Lopes, 2005). Além disso, as crianças em anos escolares iniciais ainda não desenvolveram completamente as suas

competências auditivas, sendo que quando deixam de entender uma palavra, torna-se difícil completar a ideia através do sentido da frase (Klatte et al., 2013).

Adicionalmente, o ruído tem implicações na capacidade de atenção e concentração por parte do aluno. Quanto mais elevado é o nível sonoro na sala de aula, menor será a capacidade do aluno de ouvir, prestar atenção, compreender, assimilar, aprender ou concentrar (Andrade, 2009), afetando principalmente a realização de tarefas que implicam mais recursos cognitivos (Dockrell & Shield, 2006).

Face ao exposto, diversos estudos têm focado esta problemática. Relativamente à avaliação dos efeitos da exposição ao ruído em termos do desempenho cognitivo, os estudos foram realizados em função de diversos fatores: (1) efeitos do ruído (a curto e a longo prazo) (Haines et al., 2001; Clark et al., 2006; Klatte et al., 2010b), (2) as fontes de ruído (Stansfeld et al., 2005; Astolfi & Pellerey, 2008; Klatte et al., 2010a;), (3) o tipo de tarefas que estão implicadas (Sörqvist et al., 2010; Szalma & Hancock, 2011; Halin et al., 2014) (4) e características do ruído (tipo de som/ruído) (Astolfi & Pellerey, 2008; Dockrell & Shield, 2008; Szalma & Hancock, 2011).

Em termos de efeitos da exposição ao ruído a curto prazo e a longo prazo, os estudos, no geral, avaliaram os impactos de uma exposição aguda ao nível da perceção do discurso e da compreensão oral (Klatte et al., 2010b), e os impactos de uma exposição crónica sobre o desenvolvimento cognitivo das crianças (Klatte et al., 2013), nomeadamente os impactos ao nível dos resultados escolares. As conclusões destes trabalhos indicam efeitos imediatos ao nível da perceção do discurso em condições de ruído em sala de aula (Klatte et al., 2010b). Já a exposição prolongada ao ruído tem sido frequentemente associada a impactos ao nível do desenvolvimento da leitura (Evans & Maxwell, 1997; Maxwell & Evans, 2000; Haines et al., 2001; Clark et al., 2006; Clark et al., 2013).

Em termos de fontes de ruído, os estudos nesta área focaram-se nas fontes de ruído ambiente (Hygge et al., 2002; Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006) e fontes de ruído inerentes ao edifício escolar, nomeadamente as condições acústicas da sala de aula (Klatte et al., 2010a; Kristiansen et al., 2014; Chan et al., 2015). Relativamente às fontes de ruído ambiente, os estudos avaliaram a exposição ao ruído de transportes, sendo a exposição ao ruído de tráfego aéreo o mais desenvolvido, seguido da exposição ao tráfego rodoviário. Existem evidências de que as crianças que frequentam escolas expostas ao ruído de tráfego aéreo apresentam maiores efeitos negativos a nível cognitivo. Neste contexto, um grande

estudo foi desenvolvido na Europa, o projeto *Road Traffic Noise and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health* (RANCH). O RANCH avaliou os efeitos da exposição ao ruído de vários meios de transporte na saúde e no desenvolvimento cognitivo de crianças entre 9-10 anos de idade de 89 escolas vizinhas aos aeroportos de Londres, Amsterdam e Madrid. O estudo encontrou uma relação linear de exposição-efeito entre a exposição ao ruído de tráfego aéreo e tráfego rodoviário na compreensão da leitura, na memória de reconhecimento, incómodo ao ruído e hiperatividade (Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006; Clark et al., 2013). Outro estudo relevante nesta área, e que constitui um fundamento empírico muito forte para a conclusão de que algumas das funções cognitivas das crianças são particularmente sensíveis ao ruído, é relativo à realocação do aeroporto de Munique (Evans, Hygge, & Bullinger, 1995; Hygge et al., 2002). As conclusões demonstram que os efeitos da exposição ao ruído nas tarefas cognitivas desapareceram quando o antigo aeroporto fechou e surgiram nas crianças das escolas junto ao novo aeroporto (Hygge et al., 2002).

Relativamente ao interior da sala de aula, poucos estudos foram realizados em contexto real a fim de avaliar verdadeiramente o impacto dos níveis sonoros no decorrer da aula. Certos estudos apenas investigaram a qualidade das condições acústicas, avaliando o ruído de fundo das salas de aula e tempos de reverberação (ver por exemplo, Zannin et al., 2008; Sarantopoulos et al., 2014; Chan et al., 2015), ou caracterizando os níveis de ruído durante o decorrer da aula (ver por exemplo, Shield & Dockrell, 2004; Kristiansen et al., 2014; Sarantopoulos et al., 2014; Chan et al., 2015). Em menor número são os estudos que investigaram a relação entre as condições acústicas em sala de aula e o desempenho dos alunos (Dockrell & Shield, 2006; Dockrell & Shield, 2008; Klatte et al., 2010a).

Relativamente ao tipo de tarefas que são desenvolvidas em contexto de sala de aula, é importante notar que os alunos são confrontados com múltiplas tarefas, incluindo a compreensão da leitura e da fala. Estudos anteriores permitiram concluir que as tarefas mais prejudicadas em situação de ruído são as que envolvem linguagem, como ler, ou que envolvem alto processamento cognitivo (atenção, resolução de problemas e memória) (Dockrell & Shield, 2003; Klatte et al., 2013). Estes focaram-se em tarefas diversas para avaliar o efeito do ruído sobre diferentes processos cognitivos: tarefas que exigiam a execução de instruções orais complexas, a fim de avaliar a compreensão do discurso (Klatte et al., 2010b); tarefas que exigiam a discriminação entre palavras com sons semelhantes, avaliando assim a perceção do discurso (Klatte et al., 2010b); testes nacionais

padronizados para avaliar a capacidade de leitura (Clark et al., 2006; Dockrell & Shield, 2008; Klatte et al., 2010a); tarefas que avaliaram certos aspetos da memória (como a memória de trabalho e memória relativa à recordação da leitura) (Kjellberg et al., 2008; Sörqvist et al., 2010; Halin et al., 2014). Estes trabalhos de investigação demonstraram que na presença de ruído o desempenho das crianças durante a execução das diferentes tarefas diminuiu. Contudo, tal como foi demonstrado por Halin et al. (2014), na realização de tarefas mais difíceis existe uma tendência a os alunos se concentrarem mais, focando-se e envolvendo-se mais a tarefa, e assim o ruído deixa de atuar como um agente desestabilizador. No entanto, os efeitos da exposição ao ruído em função do tipo de tarefa realizada são dependentes do tipo de ruído a que os alunos estão expostos (Szalma & Hancock, 2011), como será desenvolvido a seguir.

Segundo Belojevic et al. (2003), o ruído a que estamos expostos pode ser composto por uma forma de natureza verbal, incluindo componentes semânticos e/ou de natureza não-verbal, que inclui componentes físicos. O ruído de natureza verbal é relativo ao ruído constituído por diálogo. O ruído de natureza não-verbal é respeitante a eventos de ruído como uma buzina, ou a passagem de um avião. Os resultados de estudos anteriores indicam que o ruído constituído por diálogo possui uma maior capacidade de influenciar a realização de tarefas em sala de aula, principalmente as tarefas de natureza verbal como a leitura (Dockrell & Shield, 2008; Szalma & Hancock, 2011). Esta situação verifica-se porque, este tipo de ruído evoca automaticamente processos semânticos que concorrem com aqueles que são envolvidos na tarefa (Klatte et al., 2013). Adicionalmente obriga a uma maior competição de recursos, particularmente em tarefas cognitivas (Szalma & Hancock, 2011).

Outra situação a ter em conta é a característica intermitente ou contínua do ruído. O ruído do tipo intermitente é o mais prejudicial em contexto de sala de aula (Astolfi & Pellerey, 2008; Szalma & Hancock, 2011; Maria Klatte et al., 2013), isto porque, é difícil criar um comportamento de habituação ao *stressor*, e por outro lado, a mudança repentina de ambientes silenciosos para ambientes ruidosos tem a capacidade de desviar a atenção dos alunos da tarefa em questão para a fonte de ruído (Szalma & Hancock, 2011).

Por conseguinte, quando se avalia a exposição ao ruído proveniente de fontes externas à escola (por exemplo, ruído proveniente dos transportes), as características como o nível de ruído dos eventos pontuais é o que revela ter mais impacto nas crianças (Dockrell & Shield, 2008). Já relativamente ao ruído interno, não tem só importância o nível de pressão

sonora medidos, mas também a sua característica verbal ou não-verbal (Dockrell & Shield, 2008). Como demonstrado no estudo realizado por Dockrell & Shield (2008), o ruído da sala de aula proveniente da conversa, afetou o desempenho tanto nas tarefas verbais como não-verbais, sendo que as tarefas verbais de leitura foram particularmente afetadas.

CAPÍTULO II – MÉTODOS

1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O presente trabalho apresenta-se como um estudo de carácter transversal e realizado em contexto real. Trata-se de um estudo preliminar que pretendeu responder aos objetivos propostos e que se enquadra nos trabalhos de pesquisa do departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, que têm tentado caracterizar os níveis de ruído na cidade e o impacto da exposição ao mesmo na saúde da população. Foram incluídas para a realização deste trabalho cinco escolas do Ensino Fundamental da cidade de São Paulo, no Brasil, tendo sido em cada uma delas selecionada uma sala de aula para análise.

Participaram no estudo um total de 129 alunos, cujas idades variaram entre os 9 e os 12 anos (\bar{x} =10 anos; dp =0,5). A Figura I apresenta a distribuição das idades dos alunos por escola avaliada. De acordo com o apresentado, a maioria dos participantes tinham 10 anos de idade, e os restantes 9 anos.

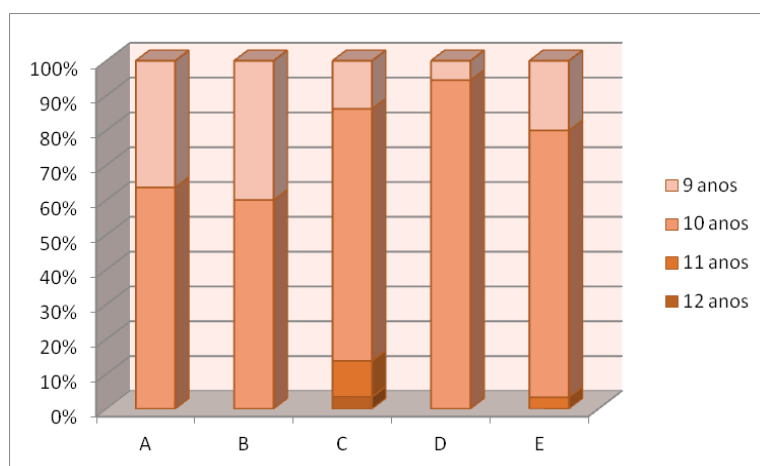


Figura I. Distribuição da idade dos alunos, por escola avaliada

Na Tabela III encontram-se apresentadas as características gerais das escolas participantes do estudo, em termos de localização e principais fontes de ruído externas. São também apresentados os dados relativos ao número de matrículas, ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e ao Nível Socioeconómico (NSE). O IDEB é calculado tendo em conta os resultados dos alunos na Prova Brasil e a taxa de aprovação. O NSE sintetiza o perfil socioeconómico dos alunos de cada escola. Estes dados foram obtidos na Plataforma QEdu (QEdu, 2016). Na Tabela IV estão resumidas as condições presentes nas salas de aula onde se efetuaram as pesquisas.

Tabela III. Caracterização dos edifícios escolares em estudo

	Escolas				
	A	B	C	D	E
Localização do edifício escolar	<ul style="list-style-type: none"> - Área habitacional e de comércio - Proximidade a rua de grande fluxo de trânsito - Uma fachada encontra-se orientada para o aeroporto de São Paulo 	<ul style="list-style-type: none"> - Área habitacional - Construída nos limites da área do Parque Municipal Pinheirinho d'Água - Fachada principal orientada para via de tráfego que representa uma rota de camiões e de autocarros 	<ul style="list-style-type: none"> - Área habitacional, particularmente calma - Oficina nas imediações da escola 	<ul style="list-style-type: none"> - Área habitacional e de comércio - Existência de Centro comercial adjacente à escola 	<ul style="list-style-type: none"> - Área habitacional - Fachada principal da escola orientada para via principal de tráfego e área de comércio/transportes - Escola faz parte da rota de aviões para o aeroporto de São Paulo
Principais fontes de ruído exteriores	<ul style="list-style-type: none"> - Tráfego rodoviário - Tráfego aéreo 	<ul style="list-style-type: none"> - Tráfego rodoviário 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruído industrial proveniente da oficina 	<ul style="list-style-type: none"> - Tráfego rodoviário 	<ul style="list-style-type: none"> - Tráfego rodoviário - Tráfego aéreo
Nº de alunos matriculados	497	855	891	747	757
IDEB	5,2	5,6	5,4	5,8	5,9
NSE	5,2	5,6	5,4	5,8	5,9

Tabela IV. Resumo das condições verificadas nas salas de aula

	Escolas				
	A	B	C	D	E
Nº de alunos	22	30	29	18	30
Localização	1º Andar	1º Andar	Rés-do-chão ⁽¹⁾ ;	1º Andar	Rés-do-chão
Janelas	Abertas, com cortinas	Abertas, com cortinas	Abertas, com cortinas	Abertas, com cortinas presas	Abertas, com cortinas presas
Ventiladores	2, apenas 1 ligado	1 ligado	1 ligado	1 ligado	2, apenas 1 ligado
Pavimento e paredes	Pavimento revestido de cerâmica Paredes lisas pintadas	Pavimento revestido de cerâmica Paredes lisas	Pavimento revestido de cerâmica Paredes lisas pintadas com trabalhos expostos ao longo da sala	Pavimento revestido de cerâmica A parede adjacente ao corredor possui vários orifícios na parte superior (auxílio na ventilação) ⁽²⁾	Pavimento revestido de cerâmica Paredes lisas Teto de madeira
Mesas e cadeiras	31	31	33	33	33
Objetos no interior	Armário de metal	Parede do fundo da sala revestida com armário e estante com livros Quadro de cortiça instalado lateralmente, com trabalhos expostos	Armários ao fundo da sala	2 armários junto à secretária do professor Trabalhos dos alunos expostos ao longo das paredes	Retroprojektor instalado no teto
Porta	Estado: Aberta Material: Metal	Estado: Aberta Material: Metal	Estado: Aberta Material: Metal	Estado: Aberta Material: Metal	Estado: Aberta Material: Metal

(1) A escola é constituída pelo prédio principal e por duas salas de aula afastadas do edifício principal. Estas situam-se a um nível inferior ao edifício principal, e o acesso é realizado por meio de várias rampas. A avaliação foi realizada numa destas salas de aula; (2) Ver Apêndice, Figura A-I.

2. DESENHO DO ESTUDO

Numa fase inicial o projeto passou pela aprovação do comitê de ética da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, e posteriormente foi aprovado e autorizado pela Secretaria Municipal da Educação. Após esta fase, todas as Escolas Municipais de Ensino Fundamental (EMEF) em São Paulo foram solicitadas a participar neste estudo. Neste sentido, foi enviado um pedido para cada escola a solicitar a sua colaboração na realização do projeto. O projeto foi desenvolvido nas escolas que responderam afirmativamente.

Foi realizada uma visita preliminar a cada estabelecimento, no sentido de apresentar o projeto e agendar os dias das avaliações. Foi selecionada uma turma do 3º ano em cada escola participante do estudo. Foi selecionada a sala de aula tendo em conta fatores como o número de paredes expostas com o exterior e exposição a fontes de ruído.

Foram entregues os termos de consentimento ao diretor(a) da escola e ao encarregado de educação de cada aluno que fazia parte das turmas selecionadas para este estudo.

Posteriormente, foram conduzidas as medições dos níveis de pressão sonora nas escolas selecionadas e aplicados dois testes cognitivos durante o decorrer das aulas. Cada aula tinha a duração de 4h40 min, com cerca de 20 minutos de intervalo, sendo que as medições dos níveis de ruído foram efetuadas ao longo do decorrer das mesmas. Em cada escola, foram avaliados os níveis de pressão sonora no interior da sala de aula da turma selecionada, bem como no exterior da sala. Apenas foram realizadas medições num único dia em cada turma de cada escola incluída na amostra. Cada turma foi acompanhada durante todo o seu período na sala de aula.

No início da aula procedeu-se à apresentação do projeto às crianças. Foi explicado que o estudo abordaria a questão de ruído na sala de aula e o seu impacto ao nível do desempenho na leitura. Os alunos foram informados da aplicação dos testes, referindo que não se tratava de uma avaliação quantitativa e que não existia qualquer relação com a avaliação académica individual.

2.1. AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas de acordo com as recomendações das Normas Nacionais Brasileiras NBR 10.151(ABNT, 2000a) e NBR

10.152 (ABNT, 2000b) para avaliação do ruído em áreas habitadas e para avaliação dos níveis de ruído para conforto acústico, respetivamente. Estas normas definem procedimentos de medição, níveis de conforto acústico, e fixam as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, estabelecendo os níveis máximos de ruído para os diversos ambientes.

Nas medições utilizaram-se dois sonómetros da marca 01dB, modelo Blue Solo – classe 1, que se encontravam devidamente verificados e calibrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo. Ambos os equipamentos foram verificados com o calibrador acústico antes e após cada série de medições a 94 dB. O tipo de leitura foi realizado em modo *fast*. Os resultados foram expressos em nível de pressão sonora contínuo equivalente com ponderação A ($L_{Aeq,T}$). Os equipamentos utilizados no presente estudo, foram cedidos pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios do IPT.

2.1.1. Níveis de pressão sonora no interior da sala de aula

As medições foram realizadas no interior das salas de aula do 3º ano do ensino fundamental, durante todo o decorrer das aulas, de forma contínua. Foram selecionadas três turmas do período da manhã e duas turmas do período da tarde. Todas as medições foram realizadas em dias normais de aulas (segunda-feira a sexta-feira), sem a influência de ruídos atípicos como chuva ou trovoadas.

As medições iniciaram-se uns minutos antes do início de cada aula, sendo que o equipamento já se encontrava posicionado aquando da entrada da turma. A medição foi realizada num único ponto, tendo o sonómetro sido posicionado no centro da sala de aula, com o auxílio de um tripé. O sonómetro foi colocado a uma altura correspondente ao nível do ouvido dos alunos (Apêndice, Figura A-II). Em cada medição foram registadas as atividades em curso, número de ocupantes (alunos e professores) e a ocorrência de eventos sonoros que pudessem interferir na leitura dos dados.

2.1.2. Níveis de pressão sonora no exterior da sala de aula

As medições no exterior da sala de aula foram conduzidas com o intuito de conhecer os níveis de ruído dos espaços exteriores contíguos às salas de aula em estudo.

As medições foram realizadas de forma contínua, em simultâneo com o decorrer das aulas. O sonómetro foi colocado próximo das janelas das salas de aula.

Para a realização das medições, nomeadamente no que se refere à colocação do sonómetro, foi considerada a distância em relação ao solo (1,2m) e a qualquer superfície reflexiva, como muros e paredes (2m). Em cada medição foi registada a ocorrência de eventos sonoros que pudessem interferir na leitura dos dados.

2.2. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AO NÍVEL DO DESENVOLVIMENTO DA LEITURA

No que respeita aos efeitos da exposição ao ruído ao nível do desempenho escolar dos alunos, estudos anteriores demonstraram efeitos, principalmente, ao nível da leitura (Clark et al., 2000; Maxwell & Evans, 2000; Haines et al., 2001; Stansfeld et al., 2005; Klatte et al., 2010a; Clark et al., 2013). Considerando também neste estudo que o processo de aprendizagem da leitura é uma das competências essenciais, acompanhada pela escrita, pretendeu-se avaliar os efeitos do ruído ao nível deste domínio.

Foi aplicado o *Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras (TCLPP)*, a fim de avaliar o desempenho dos alunos na leitura, sendo o ruído considerado neste âmbito um elemento de distração/desconcentração. Uma vez que o desempenho dos alunos pode ser influenciado pelo nível de inteligência dos mesmos, foi também aplicado o *Teste de Matrizes Progressivas de Raven* por forma a controlar a amostra para as capacidades intelectuais (Klatte et al., 2010a).

Os testes foram aplicados em contexto real de sala de aula, tendo sido realizados em momentos diferentes. Estes eram de carácter individual, tendo sido aplicados de forma coletiva durante a aula. Antes da aplicação de cada teste foi fornecida uma sessão de explicação e de treino. Os testes foram aplicados sob a supervisão de uma psicóloga.

2.2.1. *Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras*

O TCLPP é um instrumento psicométrico e neuropsicológico cognitivo, que permite não só avaliar o estágio de desenvolvimento da leitura ao longo das etapas logográfica, alfabética e ortográfica, mas também avaliar a competência de leitura silenciosa de palavras isoladas (Seabra & Capovilla, 2010). Este foi normalizado e validado por Seabra e Capovilla

(2006). É constituído por oito itens de treino e setenta itens de teste, cada qual com um par composto de uma figura e de uma palavra ou pseudopalavra associada à figura. A palavra pode ser semanticamente apropriada à figura ou não. A tarefa da criança é marcar com um X os pares figura-palavra incorretos (Capovilla et. al, 2006), ou seja, aqueles em que existe discordância semântica entre a figura e o elemento escrito, ou em que há discordância ortográfica no elemento escrito, ou ambas as situações.

Existem sete tipos de pares distribuídos aleatoriamente ao longo do teste, com dez itens de teste para cada tipo de par. Eles são: 1) palavras corretas regulares, como FADA, sob a figura de uma fada; 2) palavras corretas irregulares, como TÁXI, sob a figura de um táxi; 3) palavras com incorreção semântica, como TREM, sob a figura de um ônibus; 4) pseudopalavras com trocas visuais, como CAEBÇA, sob a figura de uma cabeça; 5) pseudopalavras com trocas fonológicas, como CANCURU, sob a figura de um canguru; 6) pseudopalavras homófonas, como PÁÇARU, sob a figura de um pássaro; 7) pseudopalavras estranhas, como RASSUNO, sob a figura de uma mão (Capovilla, Gütschow, & Capovilla, 2004). O objetivo da criança é circundar os pares figura-escrita compostos de palavras ortograficamente corretas e semanticamente corretas, e colocar um “X” nos pares compostos de palavras com incorreção semântica. De acordo com o tipo de erros revelados, é possível determinar a natureza particular da dificuldade de leitura do aluno. Relativamente à pontuação do teste, cada item é pontuado com 1 ponto se o aluno tiver respondido corretamente e com 0 pontos se a resposta dada for incorreta. A pontuação máxima corresponde, portanto, a 70 pontos. A classificação final é determinada pelo número de acertos: até 46 pontos – muito rebaixada; 47 a 53 pontos – rebaixada; 54 a 67 pontos – média; e 68 a 70 pontos – elevada.

Na Figura II está exemplificado alguns dos itens constituintes da versão original do teste.

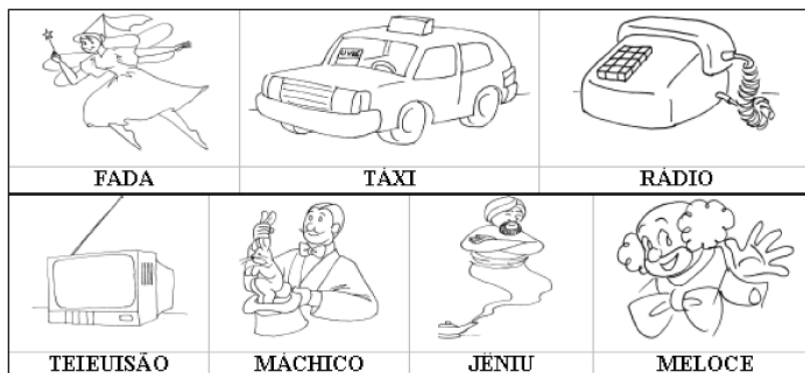


Figura II. Exemplos dos itens de teste da versão original do TCLPP (Fonte: Seabra & Capovilla, 2010)

2.2.2. Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven

O *Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven* é um teste reconhecido internacionalmente e um dos mais aplicados no domínio da avaliação da inteligência (Brites, 2009). Foi traduzido e validado para a população brasileira por Angelini et al. (1999) e é um teste que permite avaliar a inteligência não-verbal, raciocínio não-verbal visual e capacidade edutiva. Permite avaliar o desenvolvimento intelectual de crianças de 5 a 11 anos de idade (Salles, 2005).

Este teste é constituído por três séries de 12 itens (A, Ab e B), de dificuldade crescente tanto de item para item, como de série para série. A série A exige precisão discriminatória, enquanto as outras séries envolvem analogias, permutação e alteração de padrão, bem como relações lógicas (Salles, 2005). Os itens são dispostos em ordem de dificuldade crescente em cada série. No início de cada série são colocados itens mais fáceis para introduzir a criança num novo tipo de raciocínio, que vai sendo exigido para os itens seguintes. Os itens consistem num desenho ou matriz com uma parte em falta. A criança deve escolher a parte em falta entre seis alternativas, a qual completa a matriz corretamente (Salles, 2005). Um exemplo de itens é apresentado na Figura III. Em suma, pretende-se que a criança, face a um conjunto de alternativas, faça corresponder à parte em falta uma peça que complete o padrão ou o sistema de relações apresentado.

Relativamente à pontuação do *Teste de Matrizes Progressivas de Raven*, cada item é pontuado com 1 ponto se o aluno tiver respondido corretamente e com 0 pontos se a resposta dada for incorreta. A pontuação máxima corresponde, portanto, a 36 pontos.

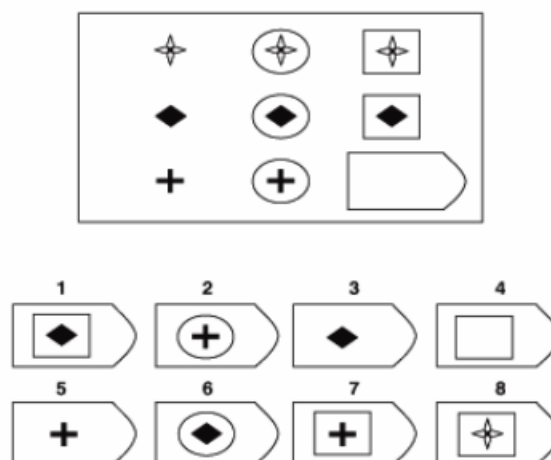


Figura III. Modelo de item do *Teste de Matrizes Progressivas de Raven* (Fonte: Salles, 2005)

3. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Foi utilizado o software DBTRAIT V. 5.2, da 01dB para transferir os dados do sonómetro para o computador. Posteriormente os dados foram compilados no programa Microsoft Excel® 2007 para Windows®. Para cada período de aula foram eliminados os primeiros dez minutos, onde se verificaram elevados níveis de ruído relativos à entrada dos alunos na sala de aula, bem como todos os dados associados a perturbações externas à recolha de dados. De seguida foi determinada a média logarítmica dos níveis de pressão sonora com o auxílio da Equação 1. Esta análise foi realizada indiferenciadamente para os períodos referentes à duração inteira da aula e realização do teste TCLPP.

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \text{Log} \left(\frac{1}{N} \sum 10^{\frac{(L_{Aeq,t})}{10}} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

No que respeita aos testes, numa fase inicial foi efetuada a correção dos mesmos. Foram contabilizadas o número de respostas corretas. A classificação foi atribuída de acordo com as especificações dos respetivos manuais, tendo em conta o número de respostas corretas e a idade. No *Teste de Matrizes Progressivas Coloridas de Raven*, após a apuração da pontuação bruta e da idade em fração de anos, obtiveram-se os percentis do nível intelectual de cada aluno. Segundo o percentil foi atribuída uma classificação de acordo com as seguintes categorias: Intelectualmente superior, Acima da média na capacidade intelectual, Intelectualmente médio, Abaixo na média na capacidade intelectual, Intelectualmente inferior (Brites, 2009).

Foi efetuada a análise estatística descritiva dos dados obtidos para as diferentes variáveis em estudo, sendo determinadas medidas de tendência central, nomeadamente a média, e de dispersão, como o desvio padrão, mínimo e máximo. Foi efetuada uma análise bivariada para analisar a relação entre os níveis de ruído exteriores e os níveis obtidos no interior da sala de aula. Foi igualmente efetuada uma análise bivariada para compreender a relação entre o nível de desenvolvimento intelectual dos alunos e a pontuação total obtida no TCLPP. Procedeu-se, posteriormente, à análise de covariância (ANCOVA unidirecional), seguida da aplicação do teste *post hoc* de Bonferroni. Pretendeu-se determinar se existiam diferenças significativas entre salas de aula com diferentes níveis de ruído em relação ao desempenho dos alunos em tarefas de leitura. Como o nível de inteligência dos alunos

poderia afetar os seus resultados, este foi usado como covariável. Estas análises estatísticas foram realizadas com recurso ao software de análise de dados *Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS, versão 23.0). O nível de significância usado foi de 0,05.

CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DO RESULTADOS

1. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO INTERIOR DAS SALAS DE AULA

Numa primeira fase foram caracterizados os níveis de ruído no interior das salas de aula durante o decorrer das mesmas. Em cada escola foi avaliada apenas uma sala considerada representativa e referente a turmas do mesmo ano escolar. Apresentados na Tabela V encontram-se os resultados referentes aos valores médios, mínimos e máximos de $L_{Aeq,T}$ obtidos para cada sala de aula avaliada nas escolas em estudo, bem como o respetivo desvio padrão. Os valores encontram-se apresentados separadamente no que respeita ao período de aula normal, com a presença de alunos, bem como ao período em que o teste foi executado. São ainda apresentados o número de alunos por turma em estudo.

Tabela V - Caracterização dos níveis de ruído nas salas de aula das escolas avaliadas

Escolas	Nº de alunos	Período da aula			Período realização do teste
		$L_{Aeq,T}$ dB(A)		$L_{Aeq,T}$ dB(A)	$L_{Aeq,T}$ dB(A)
		$\bar{x} \pm dp$	Mín.	Máx.	$x \pm dp$
A	22	74,6 (7,0)	49,3	88,9	66,8(5,0)
B	30	73,0 (5,2)	53,3	89,8	72,7(4,6)
C	29	72,0 (7,6)	46,2	96,1	65,1(4,5)
D	18	70,2 (5,9)	48,6	84,8	66,0(4,3)
E	30	77,5 (7,0)	48,7	94,3	73(5,6)

Nota: \bar{x} - Média; Mín.- Mínimo; Máx.- Máximo; dp- Desvio padrão;

Nas salas de aula avaliadas nas 5 escolas, os níveis de ruído variaram, em média, entre os 70,2 dB(A) e os 77,5 dB(A) durante o período normal de aula. A escola E foi a que registou os maiores níveis de ruído, tendo sido obtidos valores médios de $L_{Aeq,T}$ de 77,5 dB(A) e registado um valor máximo de 94,3 dB(A). Por outro lado, a escola D registou os menores níveis de ruído, apresentando uma média de 70,2 dB(A) e um máximo de 84,8 dB(A). Estes resultados vão de encontro ao obtido em estudos anteriores realizados no Brasil. Zannin & Zwirtes, (2009), num estudo realizado em seis escolas brasileiras,

registaram valores médios de $L_{Aeq,T}$ de 74 dB(A) durante o decorrer das aulas. Almeida et al. (2012), num estudo realizado numa escola em São Paulo, registaram valores máximos de ruído entre os 84,3 e os 96,2 dB(A). Importa ainda referir que os valores identificados nas escolas avaliadas neste estudo, bem como em estudos anteriores realizados no Brasil são, em geral, mais elevados do que aqueles encontrados em alguns estudos realizados em outros países. Wålinder et al. (2007), num estudo em que foram avaliados os níveis de ruído em duas escolas primárias na Suécia, identificaram, num total de 56 medições de ruído de dias completos de aulas, valores médios de $L_{Aeq,T}$ entre os 59 aos 87 dB(A), verificando, no entanto, que na maioria dos dias os níveis de ruído variaram entre os 60 e os 70 dB(A). Já Lundquist et al., (2003), num estudo que avaliou 24 salas de aula na Suécia durante o decorrer da aula, registaram níveis médios de $L_{Aeq,T}$ que variaram entre os 47 e os 68 dB(A).

Uma análise mais detalhada dos níveis de ruído monitorizados de forma contínua no interior de cada sala de aula avaliada em cada escola encontra-se apresentada na Figura IV. É possível verificar que as salas de aula avaliadas nas escolas A, B e E, apresentaram durante a maior parte do tempo de aula níveis de ruído superiores a 70 dB(A). Por outro lado, nas salas de aula avaliadas nas escolas C e D foram encontrados valores de $L_{Aeq,T}$ durante maior parte do período de aula inferiores a 70 dB(A). A sala de aula da Escola D foi a que registou menores níveis de ruído durante um maior período de tempo, apresentando níveis inferiores a 75dB(A) durante aproximadamente 90% do tempo de aula e inferiores a 70dB(A) durante aproximadamente 70% do período de aula. Já a sala de aula avaliada na Escola E apresentou durante mais de 70% do tempo de aula níveis superiores a 70 dB(A), apresentando-se como a mais ruidosa.

Os resultados obtidos indicam que, em geral, o nível de ruído identificado no presente estudo é considerado elevado para o processo de ensino-aprendizagem, nomeadamente nas escolas A, B e E, podendo ter importantes implicações sobre o mesmo (Lundquist et al., 2003; Shield & Dockrell, 2004; Wålinder et al., 2007; Zannin et al., 2008; Zannin & Zwirtes, 2009; Almeida et al., 2012). Um dos fatores que pode estar relacionado com estes elevados níveis de ruído é a faixa etária dos alunos. Segundo diversos autores, os níveis de ruído em salas de aula diminuem com o aumento da idade dos alunos (Lundquist et al., 2000; Maxwell & Evans, 2000; Shield & Dockrell, 2004; Shield et al., 2015). Por exemplo, no estudo orientado por Maxwell & Evans (2000), os autores registaram níveis de 76 dB(A) em creches, enquanto menores níveis sonoros, entre os 58 dB(A) e os 69 dB(A),

foram registadas por Lundquist et al. (2000) em turmas com alunos mais velhos, com idades que variaram entre os 13 e os 15 anos. No presente estudo, porém, não foi possível analisar a influência da idade nos níveis de ruído, uma vez que os alunos incluídos na amostra se enquadravam aproximadamente na mesma faixa etária ($\bar{x}=10$ anos; $dp=0,5$). Note-se ainda que, na escola E, onde se registaram os maiores níveis de pressão sonora durante o período de aula, a turma avaliada foi registada como a mais indisciplinada, tendo sido presenciados momentos com vários alunos a gritar durante o período de aula e a ausência de controlo sobre os mesmos por parte do professor. Esta turma apresentou-se também como uma das que tinha um maior número de alunos durante o período das medições.

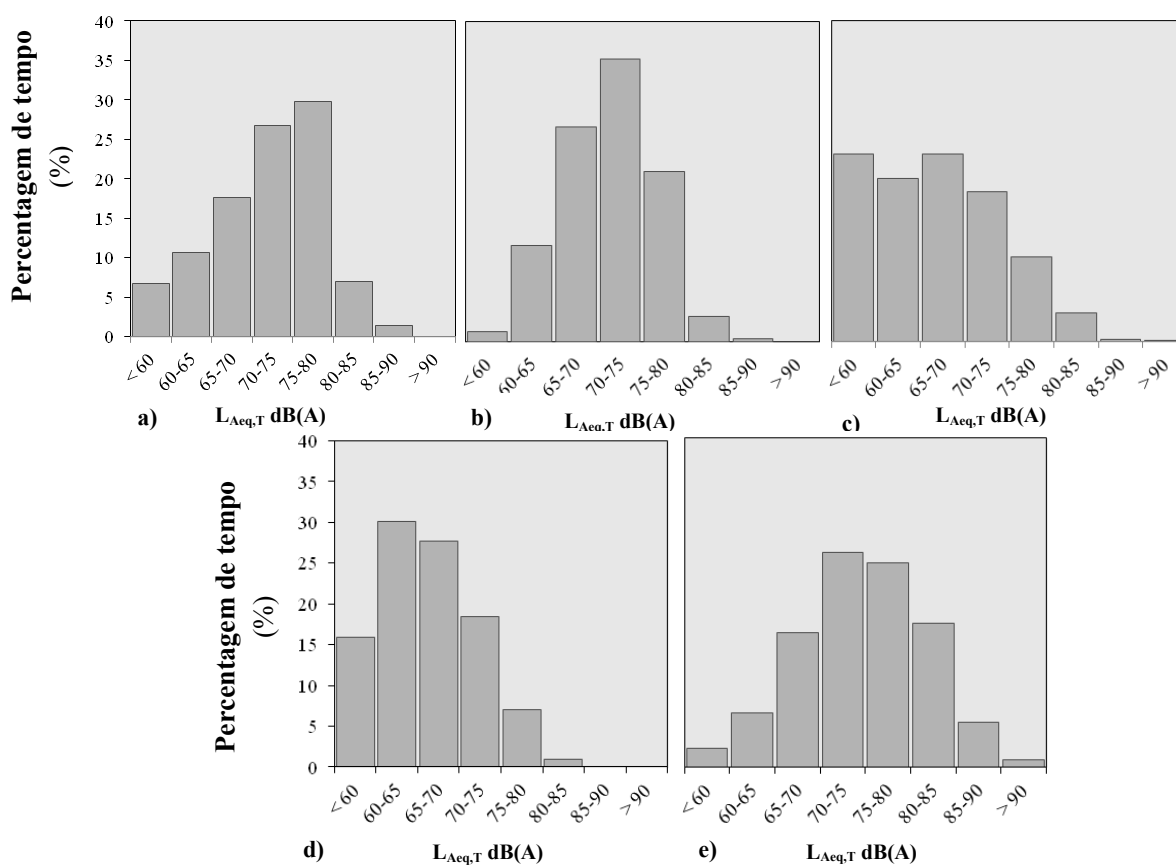


Figura IV. Distribuição dos níveis de $L_{Aeq,T}$ durante o decorrer das aulas nas 5 salas de aula. a) Escola A; b) Escola B; c) Escola C; d) Escola D; e) Escola E

Apesar de se ter tentado selecionar turmas com a mesma dimensão, no momento das avaliações o número de alunos por turma diferiu entre as escolas avaliadas. Analisando os dados, estes sugerem que existe uma tendência de os valores de $L_{Aeq,T}$ serem superiores nas turmas com maior número de alunos, excetuando a Escola A. Valores mais baixos de

$L_{Aeq,T}$ durante o maior período de aula foram registados numa turma de 18 alunos (Escola D) e valores mais elevados foram observados nas turmas que apresentavam 30 alunos (Escolas B e E). Porém, o tamanho da amostra em relação ao número de salas avaliadas ($n=5$) não é suficientemente grande para aferir sobre esta relação estatisticamente. Esta tendência de aumento dos níveis de ruído na sala em função do número de alunos pode estar relacionada com um aumento do ruído proveniente da conversação, atividades desenvolvidas em grupo e da movimentação de cadeiras e mesas, por parte dos alunos. Efetivamente, os alunos na sala de aula foram já identificados em estudos anteriores como importantes fontes de ruído, tendo sido relacionados com maiores níveis sonoros no interior das salas de aula (Shield & Dockrell, 2004; Shield et al., 2015).

Apesar da importância dos resultados obtidos, deve-se notar que os níveis de ruído no interior das salas de aula dependem da tarefa que se encontra a ser desenvolvida pelos alunos (Lundquist et al., 2003; Shield and Dockrell, 2004), bem como das características acústicas das salas de aula (Maxwell and Evans, 2000; Zannin & Zwirnes, 2009). No que concerne à atividade desenvolvida, Shield and Dockrell (2004) registaram níveis médios de 56 dB(A) quando os alunos realizavam tarefas em silêncio e uma média de 77 dB(A) quando os mesmos estavam envolvidos em tarefas de grupo e mais ruidosas. No entanto, no presente estudo esta relação não foi efetuada. Já no que respeita às características acústicas, Maxwell and Evans (2000) verificaram que os níveis médios de $L_{Aeq,T}$ em salas de aula com tratamento acústico eram em média 5dB(A) inferiores a salas de aula sem tratamento acústico. Esta é uma provável explicação para os resultados obtidos no presente trabalho, uma vez que se observou que as características acústicas das escolas avaliadas eram débeis, e em alguns casos as portas e janelas permaneciam abertas, nomeadamente devido às necessidades de arejamento das salas de aula. De acordo com o estudo de Zannin et al. (2008), as salas de aula brasileiras não satisfazem os valores para os tempos de reverberação recomendados, que por sua vez terão impacto no aumento dos níveis de ruído na sala de aula. Também verificaram que as salas de aula tinham falta de materiais absorventes, daí os altos tempos de reverberação observados. Estes testaram a aplicação de materiais absorventes no teto da sala de aula para avaliar a influência nos tempos de reverberação. Os resultados demonstraram que um simples aprimoramento acústico melhora significativamente o tempo de reverberação.

No que respeita aos níveis de ruído durante a realização do teste, os valores de $L_{Aeq,T}$ médios obtidos foram relativamente mais baixos que os níveis médios verificados durante

o período de aula, tendo variado entre 65,1 dB(A) e 73 dB(A). A única exceção verifica-se na sala de aula da escola B, onde os valores médios obtidos durante o período de aula e o período de realização do teste foram bastante próximos. A escola onde se observaram, média, os menores níveis de $L_{Aeq,T}$ foi a escola C [65,1 dB(A)], sendo que as escolas E e B registaram os maiores níveis com uma média de 73 dB(A) e 72,7 dB(A), respetivamente.

Os valores de ruído observados durante a realização do teste podem estar associados à influência do ruído do corredor e das salas de aula adjacentes. É de lembrar que as portas das salas de aula se mantiveram sempre abertas (Tabela IV).

Era expectável que níveis de ruído durante a realização dos testes fossem menores relativamente ao observado durante o decorrer normal da aula, uma vez que os alunos estavam envolvidos numa tarefa que exigia silêncio, concentração e ausência de conversas paralelas (Dockrell & Shield, 2006). Os níveis registados durante a realização do teste são semelhantes aos resultados obtidos por Jaroszewski et al. (2007), que registou níveis médios de ruído entre os 59,5 e os 71,3 dB(A) numa tarefa de ditado, em sete salas de aula de uma escola brasileira.

Uma vez que era pretendido analisar o impacto do ruído na sala de aula numa situação de trabalho que exigisse concentração, durante a realização do teste nas 5 turmas avaliadas, procurou-se evitar a existência de conversas paralelas, e a produção de ruído por parte dos alunos. No entanto, nem sempre isto foi totalmente possível, devido ao facto da existência de alunos a concluírem os testes em tempos desiguais. Para tentar contornar esta situação, era dada uma nova tarefa aos alunos após a conclusão do teste (por exemplo colorir desenhos). Contudo, esta nova tarefa não possuía o mesmo nível de exigência, podendo ter interferido com os resultados obtidos. Também a influência do ruído exterior pode ter tido uma importante expressão nos resultados obtidos, uma vez que as janelas e as portas de encontravam abertas.

2. NÍVEIS DE RUÍDO NO EXTERIOR DAS SALAS DE AULA

Os níveis de ruído do ambiente exterior são considerados uma importante fonte de ruído para o interior dos diferentes espaços dos edifícios (Dockrell & Shield, 2006; Woolner & Hall, 2010). Face ao exposto, torna-se importante não só conhecer os níveis de ruído nos espaços exteriores contíguos às salas de aula, mas também compreender a sua relação com os níveis sonoros identificados no interior das mesmas.

Na Tabela VI encontram-se os resultados referentes aos níveis de ruído no exterior das salas de aula avaliadas em cada escola. São apresentados os valores obtidos de $L_{Aeq,T}$ para dois períodos de tempo distintos: (1) o período de aula, correspondente ao período em que os alunos se encontravam no interior da sala de aula; e (2) o intervalo, correspondente ao período em que os alunos se encontravam no exterior.

Tabela VI. Caracterização dos níveis de ruído no exterior da sala de aula

Escolas	Local de medição	Período da aula			Período de intervalo		
		$L_{Aeq,T}$ dB(A)			$L_{Aeq,T}$ dB(A)		
		$\bar{x} \pm dp$	Mín.	Máx.	$\bar{x} \pm dp$	Mín.	Máx.
A	<i>Campo de jogos exterior</i>	75,5 (9,1)	49,5	94,4	85,7 (5,0)	63,2	94,8
B	<i>Corredor exterior</i>	77,9 (6,6)	56,6	91,9	84,3 (8,7)	57,7	94,1
C	<i>Telhado do lado da sala de aula</i>	68,0 (5,8)	47,9	99,5	89,7 (14,7)	50,0	114,1
D	<i>Corredor exterior</i>	78,4 (7,4)	50,8	108,2	90,9 (4,9)	73,8	109,9
E	<i>Telhado do lado da sala de aula</i>	69,9 (6,8)	46,2	89,3	69,5 (6,4)	47,4	89,7

\bar{x} - média; Mín.- Mínimo; Máx.-Máximo; dp- desvio padrão

A análise da Tabela VI permite verificar que os níveis de ruído no exterior das salas nas escolas avaliadas durante o período de aulas se situaram, em média, entre os 68,0 dB(A) e os 78,4 dB(A). Esta situação inclui espaços de recreio e corredores exteriores, quer durante o período de aula, quer de intervalo. De acordo com as recomendações da OMS (WHO, 1999) e da norma *ANSI S12.60*, os níveis de ruído nas áreas de recreio exteriores das escolas não devem ultrapassar os 55 dB(A). No entanto, este valor foi largamente ultrapassado nos dois momentos. Também Sarantopoulos et al. (2014) obtiveram níveis de ruído elevados na zona de recreio, registando níveis de 75,9 dB(A) durante o intervalo das crianças.

As escolas C e E registaram os menores níveis de ruído exterior durante o período de aula, 68,0 dB(A) e 69,9 dB(A) respetivamente. Nestas escolas, o local de medição selecionado

foi o telhado, ao lado da janela da sala de aula. Nestas situações, as salas de aula não estavam diretamente expostas ao ruído proveniente do campo de jogos. Verificou-se no entanto, a existência de fontes de ruído exteriores ao edifício escolar. A escola C tinha como principal fonte de ruído exterior uma oficina na rua em frente à sala de aula. A escola E pertencia a uma rota de passagem de aviões, constituindo esta uma importante fonte de ruído exterior (Klatte et al., 2013).

As salas de aula das escolas B e D foram as salas identificadas como estando sujeitas a maiores níveis de ruído exterior, sendo estes de aproximadamente 78 dB(A). Nestas escolas, os níveis sonoros no exterior da sala de aula foram medidos no corredor exterior próximo da janela da sala de aula.

Os resultados obtidos indicam ainda que os valores de $L_{Aeq,T}$ obtidos no exterior da sala de aula durante o período de intervalo foram consideravelmente superiores aos níveis de pressão sonora no exterior referentes ao período de aula, expeto na Escola E. Nesta escola os dados indicam níveis de ruído exteriores semelhantes quando as crianças se encontravam no intervalo e na sala de aula [$L_{Aeq,T}$ 69,5 dB(A) e 69,9 dB(A), respetivamente]. Esta situação pode estar relacionada com a localização da sala de aula, que se encontrava afastada da zona de recreio. Maiores níveis de pressão sonora no exterior durante o período de intervalo foram registados nas escolas C e D, 89,7 dB(A) e 90,9 dB(A) respetivamente. Estes aumentos dos níveis de ruído no exterior durante o período de intervalo eram expectáveis uma vez que as crianças, como fonte de ruído, ao se descolarem para o exterior durante o intervalo, encontrando-se em momentos de brincadeira, aumentam naturalmente os níveis de ruído. No entanto, é importante notar que os níveis sonoros no exterior durante o período de aulas mantiveram-se consideravelmente elevados, podendo ter implicações nos níveis de ruído no interior da sala de aula (Lundquist et al., 2003; Zannin & Zwirtes, 2009).

Face ao exposto, foi analisada a influência dos níveis de ruído verificados no exterior da sala de aula no interior da mesma, encontrando-se os resultados apresentados na Tabela VII. Os dados demonstram a existência de uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Com a exceção da escola C onde se obteve uma correlação negativa significativa fraca ($R=-0,013$; $p<0.05$), sendo a escola que se apresentou anteriormente como aquela com menores níveis de $L_{Aeq,T}$ exterior durante o período de aula, nas restantes escolas foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa ($p<0.01$) entre os valores de $L_{Aeq,T}$ obtidos no interior e no exterior da sala de aula. Maior nível de relação

entre as variáveis foi encontrada para a escola B ($R=0,513$; $p<0.01$). Estes resultados sugerem uma possível e importante influência do ruído exterior no ruído interior.

Resultados semelhantes foram obtidos no estudo desenvolvido por Zannin & Zwirtes (2009). Os autores registraram níveis de pressão sonora entre os 62,5 dB(A) e os 74,6 dB(A), em salas de aula vazias, que se apresentavam expostas diretamente aos espaços de recreio. Os autores sugeriram que a proximidade das salas de aula aos espaços de recreio, poderá ser extremamente prejudicial para o processo de ensino-aprendizagem, não só pelo aumento dos níveis de ruído que interferem com a compreensão do discurso do professor, mas também devido à distração e diminuição da concentração dos alunos resultante dos estímulos visuais fornecidos pelas atividades de educação física, por exemplo. Os autores concluem a existência de erros graves no que concerne à concepção do projeto de arquitetura relativamente à orientação destes espaços.

Tabela VII. Coeficientes de correlação entre os níveis de ruído no exterior e os níveis de ruído no interior da sala de aula

	Coeficiente de correlação de Spearman's rho	Valor-P
Escolas		
A	0,409**	0,000
B	0,513**	0,000
C	-0,013*	0,044
D	0,289**	0,000
E	0,201**	0,000

** $p<0,01$; * $p<0,05$

3. INFLUÊNCIA DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO DESEMPENHO AO NÍVEL DA LEITURA

Para analisar os possíveis efeitos dos níveis de ruído no desempenho do aluno ao nível da leitura, foi aplicado o *Teste de Competências de Leitura de Palavras e Pseudopalavras*. A escolha deste teste incidiu sobretudo sobre a sua facilidade de aplicação, e por ser um teste padronizado para a população brasileira. Além disso, em estudos anteriores, onde avaliaram os efeitos da exposição ao ruído ao nível da componente de leitura, foram utilizados testes com os mesmos objetivos de análise (ver, por exemplo, Klatte et al., 2010a).

As pontuações obtidas no teste TCLPP encontram-se apresentadas na Tabela VIII. São apresentadas a média e o desvio-padrão da pontuação total de cada escola. A pontuação máxima corresponde a 70 pontos.

Tabela VIII. Classificação do Teste TCLPP

Escola	$L_{Aeq,T}$ Sala de Aula	Pontuação $\bar{x} \pm dp$
A	66,8	57,3 (6,2)
B	72,7	57,5 (5,9)
C	65,1	53,6 (7,2)
D	66	54,6 (7,1)
E	73	60,4 (7,9)

De acordo com os resultados, melhores desempenhos foram encontrados nas salas de aula onde se registaram níveis de ruído mais elevados. Nestas salas de aula, referentes às escolas E [73 dB(A)], B [72,7 dB(A)] e A [66,8 dB(A)], os alunos obtiveram melhores resultados ao nível do desenvolvimento da leitura. Já nas salas de aula das escolas C e D, as quais apresentaram níveis de ruído mais baixos durante o período de aplicação do teste, os alunos apresentaram um nível de desenvolvimento da leitura inferior.

Uma vez que os resultados obtidos podem ser influenciados pelas capacidades intelectuais do aluno, foi efetuada uma análise mais pormenorizada desta questão. Os resultados referentes ao nível das capacidades intelectuais dos alunos por sala de aula avaliada encontram-se apresentados na Tabela IX. A classificação do teste variou entre as categorias “Intelectualmente Superior”, “Acima da média na capacidade intelectual” e “Intelectualmente médio”.

Os resultados indicam que a maioria dos alunos em cada escola obteve a classificação “Acima da média”. Na escola E verifica-se que a maior percentagem dos alunos obteve uma classificação “Intelectualmente Superior”, ao passo que a maior percentagem dos alunos da escola A obtiveram a classificação “Intelectualmente médio”.

Tabela IX. Classificação do Teste Raven

Classificação Teste Raven (%)			
Escola	Intelectualmente médio	Acima da média	Intelectualmente Superior
A	42,1	31,6	26,3
B	25	41,7	33,3
C	38,1	47,6	14,3
D	11,1	55,6	33,3
E	20	36	44

Foi observada uma correlação positiva significativa entre a pontuação total obtida no teste TLCPP e o nível das capacidades intelectuais do aluno ($R=0,319$; $p<0.01$). Os resultados indicam, que quanto maior o nível de aptidão intelectual do aluno, melhor é o resultado obtido na aplicação do teste TLCPP, indicando um melhor desempenho ao nível da leitura.

Foi efetuada uma análise de covariância para determinar o efeito de salas de aula com diferentes níveis de ruído no desempenho dos alunos ao nível do desenvolvimento da leitura. Esta análise foi efetuada indiferenciadamente para o nível de ruído médio no interior e no exterior da sala de aula durante o desenvolvimento dos testes. As escolas foram categorizadas em relação ao nível de ruído exterior, $L_{Aeq, T}<65$ e $L_{Aeq, T}>65$. No que respeita ao nível de ruído interior, foram considerados os valores médios obtidos no interior de cada sala de aula. Os resultados obtidos indicam a existência de diferenças significativas no número de respostas corretas no teste de avaliação do desenvolvimento da leitura entre as diferentes salas avaliadas, quando ajustados os dados ao nível de inteligência dos alunos (covariável) [$F(4)=3,669$; $p<0,01$]. No entanto, o teste *post hoc* de Bonferroni revelou que estas diferenças apenas foram significativas entre as salas de aula onde os níveis médios de ruído de foram de 65,1 dB(A) e 73 dB(A). Ao contrário do esperado, os dados indicaram que melhores resultados foram obtidos na escola com níveis de ruído mais elevados durante a elaboração do teste. Resultados similares foram encontrados quando analisado o efeito do ruído exterior. Apesar de se terem observado diferenças estatísticas significativas [$F(1)=12,935$; $p<0,01$], o teste *post hoc* indicou um melhor desempenho nas situações em que o nível de ruído no exterior da sala de aula foi superior.

Considerando a literatura, era esperado que as escolas onde se registaram níveis de ruído mais elevados obtivessem um pior desempenho na realização dos testes. Vários autores demonstram que os níveis de ruído no interior da sala de aula têm impactos ao nível da realização de tarefas que envolvam as componentes da leitura e da escrita (Dockrell & Shield, 2006; Dockrell & Shield, 2008; Klatte et al., 2010a). Por exemplo, Dockrell & Shield (2006) avaliaram os efeitos da exposição ao ruído na realização de vários testes a nível cognitivo, nomeadamente testes de avaliação da leitura. Estes utilizaram gravações de condições de ruído observadas em salas de aula em normal funcionamento. Os testes foram realizados numa de três condições de ruído: a primeira, representou as condições normais na sala de aula quando as crianças estão em silêncio; a segunda condição, consistiu no ruído produzido pelas crianças, (transmitido a um nível contínuo de [65 dB(A)]); a terceira condição de ruído, consistiu no ruído produzido pelas crianças adicionado de ruído ambiental intermitente. Os resultados demonstraram existir um efeito significativo, após controlo para o género e capacidades intelectuais, das condições de ruído na realização da tarefa de avaliação da leitura. No entanto, tal como aconteceu no presente estudo, as crianças obtiveram melhores resultados na terceira condição de ruído (ou seja, com as condições acústicas mais desfavoráveis), quando comparado com as crianças que realizaram os testes nas restantes condições de ruído. De acordo com os autores estes resultados podem ser explicados pela adaptação das crianças às condições de ruído. Ou seja, a presença de ruído na sala de aula estimulou as crianças a redirecionarem e aumentarem a sua capacidade de atenção para a tarefa em questão. Também Stansfeld et al. (2005) enfatizam a capacidade das crianças se adaptarem à interferência do ruído durante a realização de atividades, através da filtração dos estímulos indesejáveis. A mesma justificação pode ser apresentada para os resultados obtidos no presente estudo.

Verifica-se também que, no presente estudo, a aplicação do teste ocorreu em contexto real de sala de aula. Nesta situação, a exposição ao ruído durante a realização do teste é considerada uma exposição aguda. Porém, as relações encontradas entre os níveis de ruído e o desempenho na leitura são normalmente devido a uma exposição crónica (Evans et al., 1997). Considerando o exposto, os resultados obtidos neste estudo podem não estar relacionados com uma exposição aguda ao ruído, mas sim uma exposição crónica. No entanto, os dados obtidos são insuficientes para uma análise mais profunda desta questão.

É ainda importante notar que, os resultados obtidos neste estudo podem também dever-se principalmente a questões individuais, considerando que as crianças não estão igualmente

em risco perante condições acústicas adversas. Crianças com necessidades adicionais de aprendizagem e acompanhamento, naturalmente estão em inferioridade numa sala com condições de ruído desfavoráveis, comparando com aquelas sem nenhum tipo de necessidades (Dockrell & Shield, 2006). Também é de notar que cada indivíduo possui uma sensibilidade diferente perante o ruído, que determina por sua vez diferentes reações (Woolner & Hall, 2010).

Também é possível que os resultados estejam condicionados pela falta de ajustamento com fatores de ordem socioeconómica e fatores de ordem escolar (Stansfeld et al., 2005; Dockrell & Shield, 2006). Referenciando Woolner & Hall (2010), as características individuais das escolas, como a qualidade do ensino e outros aspetos sociais influenciam negativamente a performance dos alunos. O mesmo autor refere que crianças de áreas socialmente desfavorecidas têm menor nível de escolaridade do que crianças de regiões menos desfavorecidas. Vivendo em meios desfavorecidos, as crianças são mais suscetíveis do que outras crianças a viverem num ambiente físico pior. Portanto as escolas de qualidade inferior são mais comuns em áreas socialmente desfavorecidas, sendo portanto mais suscetíveis de comportar ambientes acústicos mais desfavoráveis. Neste sentido, podemos enquadrar os resultados díspares obtidos pela escola E. A sala de aula respetiva, apesar de apresentar os maiores níveis de ruído a que os alunos estiveram expostos, estes demonstraram um melhor desempenho. Nesta sala de aula verificou-se a existência de equipamentos multimédia, como um retroprojektor instalado no teto, que de certa forma poderá evidenciar melhores recursos e meios de ensino disponíveis comparativamente às restantes escolas, e conseqüentemente resultar num ensino de melhor qualidade. Também esta escola apresenta um IDEB e um NSE ligeiramente superior às restantes escolas (Tabela III).

CONCLUSÃO

Neste estudo preliminar, a análise dos impactos dos níveis de ruído na sala de aula na performance da leitura não foi comprovada. No entanto, verificou-se que os níveis de ruído no interior das salas de aula foram em geral elevados para um ambiente de aprendizagem.

Os resultados permitiram observar, em geral, maiores níveis sonoros nas salas de aula em salas com maior número de alunos, sendo que estes foram considerados como uma importante fonte de ruído. Também o ruído exterior foi considerado um importante fator

para os níveis de ruído no interior da sala de aula, tendo sido observada uma correlação positiva significativa entre estes dois parâmetros em quatro das cinco salas avaliadas.

Estes resultados indicam uma importante problemática associada aos edifícios escolares e à gestão dos mesmos. Edifícios com pobres condições acústicas, de ventilação, e climatização, obrigando à abertura de janelas e portas para o exterior, bem como a um excesso de alunos por turma, parecem ser problemas importantes relacionados com os elevados níveis de ruído no interior das salas de aula.

Neste sentido, é evidente a necessidade de implementação de medidas estruturais e organizacionais nas escolas. É necessário proceder à monitorização e melhoria das condições acústicas das salas de aula, bem como informar melhor as autoridades sobre estas questões. O estudo dos níveis sonoros no interior das salas de aula durante o desenrolar das atividades letivas, permitirá entender e definir os níveis de exposição das crianças, e conseqüentemente definir critérios acústicos e o melhor caminho de atingir esses critérios. A preocupação em manter níveis baixos de ruído nas salas de aula deve ser premente, de modo a que nas escolas seja promovido um ambiente de igualdade entre os alunos de capacidades de aprendizagem menores, ao proporcionar ambientes ótimos que não interfiram com o processo de ensino-aprendizagem.

Limitações do estudo

Apesar dos resultados obtidos é importante notar que este trabalho apresenta limitações. A principal limitação deste estudo prende-se com a ausência de resultados da performance de leitura dos alunos em situações de ruído controlado. Devido a dificuldades na articulação com as escolas e às limitações em termos de espaços que permitissem controlar os níveis de pressão sonora no interior das salas, não foi possível repetir o teste TCLPP com os mesmos alunos em situações de menores níveis de ruído.

Também o tamanho da amostra limitou as conclusões deste estudo. Apenas foram realizadas medições em cinco salas de aula correspondentes a cinco escolas. Esta limitação deveu-se principalmente à disponibilidade das escolas em participarem do estudo, e toda a burocracia envolvida na realização do estudo nas escolas brasileiras. Adicionalmente, a realização de medições num único dia poderá não ser representativa dos níveis de ruído presentes nas salas de aula durante os restantes dias.

Outra limitação prendeu-se com os locais de amostragem do ruído no exterior das salas de aula. Considerando que a seleção das salas de aula teve como principal critério o 3º ano de escolaridade, nem todas as salas de aula das escolas avaliadas se localizavam contiguamente ao mesmo espaço exterior, neste caso o campo de jogos. O facto de não ter existido uma uniformidade nos pontos de amostragem entre as escolas, poderá condicionar a leitura dos dados.

Apesar de se ter tentado escolher escolas com características socioeconómicas similares, a falta de caracterização dos alunos que participaram no estudo a um nível individual, também é apontada como uma importante limitação. Fatores como o rendimento escolar, características socioeconómicas de cada indivíduo entre outros, podem ter influenciado o impacto do ruído sobre cada sujeito em estudo.

Trabalhos futuros

Tratando-se este trabalho de um estudo preliminar, é necessário no futuro, quando continuado, ter em conta as limitações aqui identificadas. Assim, propõe-se como trabalhos futuros, incluir uma amostra maior, no sentido de promover resultados representativos da realidade Brasileira, bem como incluir apenas escolas que permitam criar condições para a replicação dos testes em ambientes com ruído controlado. Adicionalmente, devem ser aplicados testes de desempenho cognitivos adicionais, no sentido de analisar o impacto do ruído sobre outros aspetos como o processamento da informação, capacidade de atenção e de memória.

Também é sugerida a replicação deste estudo em Portugal, de forma a caracterizar os ambientes sonoros nas salas de aula portuguesas e analisar as diferenças em relação à realidade Brasileira.

Estudos envolvendo as características estruturais das salas de aula, através da realização de ensaios acústicos, devem ser desenvolvidos, a fim de perceber claramente a influência de fontes sonoras exteriores à sala de aula, e a importância de tratamentos acústicos na beneficiação das condições acústicas das salas de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, N., Filletti, F., Guillaumon, H., & Serafini, F. (2012). Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*, 16(1), 91-95.
- Andrade, J. (2009). *Caracterização do conforto acústico em escolas*. Tese de mestrado em engenharia civil - especialização em construções, Universidade do Porto, Portugal.
- Angelini, A., Alves, I., Custódio, E., & Duarte, W. (1999). *Matrizes Progressivas Coloridas de Raven: Escala Especial*. Manual. São Paulo: CETEPP.
- Arezes, P. (2002). *Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído*. Tese de Douramento em engenharia de produção. Universidade do Minho, Portugal.
- Arezes, P., & Miguel, A. (2002). A exposição ocupacional ao ruído em Portugal. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 20(1): 61-69.
- Astolfi, A., & Pellerey, F. (2008). Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1): 163-173.
- Barbosa, M. (2009). *Ruído e desempenho cognitivo dos professores: um estudo exploratório*. Tese de mestrado. Universidade do Minho, Portugal.
- Barkmann, C., Wessolowski, N., & Schulte-Markwort, M. (2012). Applicability and efficacy of variable light in schools. *Physiology & Behavior*, 105(3): 621-627.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925): 1325-1332.
- Belojevic, G., Jakovljevic, B., & Slepcevic, V. (2003). Noise and mental performance : Personality attributes and noise sensitivity. *Noise and Health*, 6(21): 77-89.
- Bhardwaj, M., Baum, U., Markevych, I., Mohamed, A., Weinmann, T., Nowak, D., & Radon, K. (2013). Are Primary School Students Exposed to Higher Noise Levels than Secondary School Students in Germany? *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 4: 2-11.
- Brites, S. (2009). *Teste das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven: Estudos psicométricos e normativos com crianças dos 4 aos 6 anos*. Tese de Mestrado em psicologia. Universidade de Coimbra, Portugal.
- Capovilla, A., Gütschow, C., & Capovilla, F.(2004). Habilidades cognitivas que predizem competência de leitura e escrita. *Psicologia: Teoria e Prática*, 6(2): 13-26.
- Capovilla, F., Capovilla, A., Viggiano, K., Mauricio, A., & Bidá, M. (2005). Processos logográficos, alfabéticos e lexicais na leitura silenciosa por surdos e ouvintes. *Estudos de Psicologia*, 10(1): 15-23.
- Capovilla, F., Varanda, C., & Capovilla, A. (2006). Teste de competência de leitura de palavras e pseudopalavras: Normatização e Validação. *Revista de psicologia da vetor editora*, 7(2): 47-59.
- Castro, J. (2009). Evolução e desigualdade na educação brasileira. *Educação & sociedade*, 30: 673-697.
- Chan, I., & Tami, J. (2015). Os desafios da Educação brasileira em números. Retirado de: <http://educarparacrescer.abril.com.br/institucional/quem-faz.shtml>
- Chan, K., Li, C., Ma, E., Yiu, E., & McPherson, B. (2015). Noise levels in an urban Asian school environment. *Noise and Health*, 17(74): 48-55.
- Chirinéa, A. (2010). *O índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) e as dimensões associadas à qualidade da educação na escola pública municipal*. Tese de mestrado em educação. Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.
- Clark, C., Head, J., & Stansfeld, S. A. (2013). 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*, 35(0): 1-9.
- Clark, C., Martin, R., van Kempen, E., Alfred, T., Head, J., Davies, H. W., et al. (2006). Exposure-Effect Relations between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension: The Ranch Project. *American Journal of Epidemiology*, 163(1): 27-37.
- Clark, C., & Sörqvist, P. (2012). A 3 year update on the influence of noise on performance and behavior. *Noise and Health*, 14(61): 292-296.
- Colucci, L., & Junior, A.(2015). The profiles of the efficient municipal elementary schools in turn financial investment in performance in IDEB: a DEA analysis. *Educação, Ciência e Cultura*, 20(1) - Janeiro/Julho.
- Decreto-Lei nº 129/2002 de 11 de Maio. Diário da República nº109 – 1ª Série. Lisboa.
- Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro. Diário da República nº12 – 1ª Série. Lisboa.
- Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho. Diário da República nº110 – 1ª Série. Lisboa.

- DfE. (2015). Acoustic design of schools: performance standards. Building Bulletin 93: Department for Education, UK.
- Dockrell, J., & Shield, B. (2003). The Effects of Noise on Children at School: A Review. *Building Acoustics*, 10(2): 97-116.
- Dockrell, J., & Shield, B. (2004). Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115(6):2964-2973.
- Dockrell, J., & Shield, B. (2006). Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32(3): 509-525.
- Dockrell, J., & Shield, B. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1): 133-144.
- Evans, G., Hygge, S., & Bullinger, M. (1995). Chronic Noise and Psychological Stress. *Psychological Science*, 6(6): 333-338.
- Evans, G., & Maxwell, L. (1997). Chronic Noise Exposure and Reading Deficits: The Mediating Effects of Language Acquisition. *Environment and Behavior*, 29(5): 638-656.
- Ferreira, B. (2010). *Análise de níveis sonoros em salas de aula*. Tese de mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra, Portugal.
- Freitas, L. (2008). *Manual de Segurança e Saúde do Trabalho* (1ª edição ed.). Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Gomes, A., & Regis, A. (2012). Desempenho e infraestrutura: mapeamento das escolas públicas da região metropolitana do Rio de Janeiro. *Congresso Ibero-americano de Política e Administração da Educação*, 3. Zaragoza, Espanha
- Guidini, R., Bertinello, F., Zanchetta, S., & Dragone, M. (2012). Correlações entre ruído ambiental em sala de aula e voz do professor. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 17: 398-404.
- Haines, M., Brentnall, S., Head, J., Berry, B., Jiggins, M., & Hygge, S. (2001). The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine*, 31(8): 1385-1396.
- Haines, M., Stansfeld, S., Job, R., Berglund, B., & Head, J. (2001a). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*, 31: 265-277.
- Halin, N., Marsh, J., Hellman, A., Hellström, I., & Sörqvist, P. (2014). A shield against distraction. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3(1): 31-36.
- Hulit, L., Howard, M., & Fahey, K. (2011). *Born to talk. An Introduction to Speech and Language Development* (5th edition ed.): Boston, MA: Pearson.
- Hygge, S., Evans, G., & Bullinger, M. (2002). A Prospective Study of Some Effects of Aircraft Noise on Cognitive Performance in Schoolchildren. *Psychological Science*, 13(5): 469-474.
- Jaroszewski, G., Zeigelboim, B., & Lacerda, A. (2007). Ruído escolar e sua implicação na atividade de ditado. *Revista CEFAC*, 9: 122-132.
- Kjellberg, A., Ljung, R., & Hallman, D. (2008). Recall of words heard in noise. *Applied Cognitive Psychology*, 22(8): 1088-1098.
- Klatte, M., Bergstroem, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, 4: 578.
- Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2010a). Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children: A Field Study. *Environment and Behavior*, 42(5): 659-692.
- Klatte, M., Lachmann, T., & Meis, M. (2010b). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. *Noise & Health*, 12(49): 270-282.
- Kristiansen, J., Lund, S., Persson, R., Shibuya, H., Nielsen, P., & Scholz, M. (2014). A study of classroom acoustics and school teachers' noise exposure, voice load and speaking time during teaching, and the effects on vocal and mental fatigue development. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 87(8): 851-860.
- Lepore, S., Shejwal, B., Kim, B., & Evans, G. (2010). 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*, 7(9): 3457-3466.
- Li, H., Yu, W., Lu, J., Zeng, L., Li, N., & Zhao, Y. (2008). Investigation of Road-Traffic Noise and Annoyance in Beijing: A Cross-Sectional Study of 4th Ring Road. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 63(1), 27-33.
- Lopes, J. (2005). *Dificuldades de aprendizagem da leitura e da escrita: perspectivas de avaliação e intervenção*. Lisboa: Edições ASA.

- Lundquist, P., Holmberg, K., & Landstrom, U. (2000). Annoyance and effects on work from environmental noise at school. *Noise & Health*, 2(8): 39-46.
- Lundquist, P., Holmberg, K., Burstrom, L., & Landstrom, U. (2003). Sound Levels in Classrooms and Effects on Self-Reported Mood Among School Children. *Perceptual and Motor Skills*, 96(3c): 1289-1299.
- Marchand, G., Nardi, N., Reynolds, D., & Pamoukov, S. (2014). The impact of the classroom built environment on student perceptions and learning. *Journal of Environmental Psychology*, 40(0): 187-197.
- Marchelli, P. (2010). Expansão e qualidade da educação básica no Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, 40(140): 561-585.
- Maxwell, L. E., & Evans, G. W. (2000). The Effects of Noise on Pre-School Children's Pre-Reading Skills. *Journal of Environmental Psychology*, 20(1): 91-97.
- McAllister, A., Granqvist, S., Sjölander, P., & Sundberg, J. (2009). Child Voice and Noise: A Pilot Study of Noise in Day Cares and the Effects on 10 Children's Voice Quality According to Perceptual Evaluation. *Journal of Voice*, 23(5): 587-593.
- Miguel, A. (2012). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (12ª ed.). Porto: Porto Editora.
- ABNT. (2000a). NBR 10151: Acústica– Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2000b). NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro
- Nunes, F. (2006). *Segurança e Higiene do Trabalho - Manual técnico*. Lisboa: Edições Gustave Eiffel.
- OECD. (2016) PISA: About PISA. Retirado de: <http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/>
- Oiticica, M., Alvino, I., & Silva, L.(2005). Diagnóstico das condições de ruído de fundo das instituições públicas de ensino fundamental da cidade de Maceió-AL. *CESET Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho*, 1(2): 19-29.
- Paiva, V. (2011). A instabilidade da instituição escolar. *Educativa*, 14(1): 39-57.
- Passchier-Vermeer, W., & Passchier, W. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives*, 108(1): 123-131.
- Pinto, A. (2001). Memória, cognição e educação: Implicações mútuas. In B.Detry e F. Simas (Eds.), *Educação, cognição e desenvolvimento: Textos de psicologia educacional para a formação de professores*(pp. 17-54). Lisboa:Edinova.
- QEDu. (2016). QEDu: Use dados. Transforme a educação. Retirado de: <http://academia.qedu.org.br/glossario/nivel-socioeconomico-nse/>.
- Roeser, R., & Downs, M. (2004). *Auditory Disorders in School Children. The Law, Identification, Remediation*. New York: Thieme Medical Publishers.
- Rosa, C., Lopes, N., & Carbello, S. (2015). Expansão, Democratização e a Qualidade da Educação Básica no Brasil. *Póiesis Pedagógica*, 13(1): 162-179.
- Rosas, F. (2014). A educação brasileira: um longo caminho a percorrer, mas avanços são evidentes. Retirado de: http://brasil.elpais.com/brasil/2014/04/29/sociedad/1398794954_534927.html
- Salles, J.(2005). *Habilidades e Dificuldades de Leitura e Escrita em Crianças de 2ªsérie: Abordagem Neuropsicológica Cognitiva*. Tese de Mestrado em psicologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Sarantopoulos, G., Lykoudis, S., & Kassomenos, P. (2014). Noise levels in primary schools of medium sized city in Greece. *Science of The Total Environment*, 482–483(0): 493-500.
- Sato, H., & Bradley, J.(2008). Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4): 2064-2077.
- Seabi, J., Goldschagg, P., & Cockcroft, K. (2010). Does Aircraft Noise Impair Learners' Reading Comprehension, Attention and Working Memory? A Pilot Study. *Journal of Psychology in Africa*, 20(1): 101-104.
- Seabra, A., & Capovilla, F. (2010) *Teste de Competência de Leitura de Palavras e Pseudopalavras*. São Paulo: Memnon Edições Científicas
- Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., & Mydlarz, C. (2015). A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1): 177-188.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2004). External and internal noise surveys of London primary schools. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115: 730-738.
- Sprinthall, N., & Sprinthall, R. (1993). *Psicologia educacional : uma abordagem desenvolvimentista*. Lisboa: McGraw-Hill.
- Stansfeld, SA., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Ohrstrom, E., Haines, MM., Head, J., Hygge, S., Van Kamp, I., Berry, BF., RANCH study team. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*, 365(9475): 1942-1949.

- Szalma, J., & Hancock, P. (2011). Noise effects on human performance: a meta-analytic synthesis. *Psychological Bulletin*, 137(4): 682-707.
- Sörqvist, P. (2010). Effects of aircraft noise and speech on prose memory: What role for working memory capacity? *Journal of Environmental Psychology*, 30(1): 112-118.
- Sörqvist, P., Halin, N., & Hygge, S. (2010). Individual differences in susceptibility to the effects of speech on reading comprehension. *Applied Cognitive Psychology*, 24(1): 67-76.
- Tavares, J., & Alarcão, I. (2005). *Psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem*. Coimbra: Almedina.
- van Kamp, I., & Davies, H. (2013). Noise and health in vulnerable groups: A review. *Noise & Health*, 15(64): 153-159.
- van Kempen, E., Van Kamp, I., Fischer, P., Davies, H., Houthuijs, D., Stellato, R., Clark, C., Stansfeld, S. (2006). Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(9): 632-639.
- Wälinder, R., Gunnarsson, K., Runeson, R., & Smedje, G. (2007). Physiological and psychological stress reactions in relation to classroom noise. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 33(4): 260-266.
- WHO. (2011). Burden of Disease from Environmental Noise Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe. Copenhagen: World Health Organization.
- WHO. (1999). Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organization;
- Woolner, P., & Hall, E. (2010). Noise in Schools: A Holistic Approach to the Issue. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(8): 3255-3269.
- Zannin, P., Krüger, E., & Dorigo, A. (2008). Acoustic and Luminous Performance Evaluations in Classrooms in Curitiba, Brazil. *Indoor and Built Environment*, 17(3): 203-212.
- Zannin, P., & Zwirtes, D. (2009). Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics*, 70(4): 626-635.
- Zeiler, W., & Boxem, G. (2009). Effects of thermal activated building systems in schools on thermal comfort in winter. *Building and Environment*, 44(11): 2308-2317.

APÊNDICE



Figura A-II. Sala de aula da Escola D



Figura A-III. Localização do sonómetro na sala de aula Escola B