



Avaliação da percepção da qualidade acústica de salas de aula da Unicamp

Relatório Parcial de Iniciação Científica - bolsa PIBIC/CNPq

Aluno: Fernando Teodoro de Cillo, FEEC - UNICAMP

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sanches Masiero, FEEC - UNICAMP

Co-autora: Fernanda Caldas Correia, FEEC - UNICAMP

Palavras-chave: acústica de salas, hipersensibilidade auditiva, autismo

1 Introdução

Dados do *Centers of Disease Control and Preventions* (CDC) estimam que 1% da população mundial está no espectro autista e, com o aumento da disponibilidade de avaliações diagnósticas, este número tem aumentado ao longo dos anos. Uma característica comum em pessoas autistas é o processamento sensorial que diverge daquele de pessoas não-autistas [Robertson e Baron-Cohen 2017]. Essa característica, normalmente chamada de Transtorno de Processamento Sensorial, é descrita como uma hipo- ou hipersensibilidade de resposta a qualquer estímulo sensorial como luzes, sons, cheiros, toque e sabores. Focaremos na hipersensibilidade auditiva, que atinge até 23,9% dos indivíduos autistas [Gomes, Pedroso e Wagner 2008].

Avanços tecnológicos recentes, como aparelhos de cancelamento de ruído para uso pessoal, podem ser utilizados como uma forma de auxílio, possibilitando às pessoas autistas uma qualidade de vida superior. Entretanto, poucas pesquisas foram feitas para projetar mais equipamentos ou espaços inclusivos para pessoas autistas. Em acústica de salas, e mais especificamente no campo de acústica de salas de aulas, é sabido que a arquitetura de espaços internos afeta a inteligibilidade de fala, que é essencial para ambientes de aprendizado [Wang e Brill 2021], para pessoas independente de suas condições neurológicas. Além disso, altos níveis de reverberação e ruído de fundo podem levar a sobrecarga sensorial em uma pessoa com hipersensibilidade auditiva, o que pode não somente ter um impacto negativo no aprendizado, mas também pode resultar em situações de *meltdown* ou *shutdown*. O projeto de espaços para pessoas autistas deve considerar mais nuances do que para pessoas não-autistas, visando atender essas demandas. Detalhes como iluminação indireta podem ter um grande impacto [Scott 2009], por exemplo. Quaisquer modificações no espaço de aprendizado, se não forem avisadas com antecedência, podem causar desconforto em um indivíduo autista que não responde bem a mudanças. As características acústicas de um espaço seguem o mesmo padrão, isto é, devem ser pensadas com mais cautela para incluir o conforto de indivíduos autistas. Apesar de um espaço acústico bem projetado ser benéfico para qualquer pessoa, as necessidades de um indivíduo autista podem exigir mais atenção e adaptação, e não devem ser desconsideradas pelo projetista.

2 Metodologia

O cronograma de atividades inicial propunha uma revisão bibliográfica durante os dois primeiros meses do projeto, que foi realizada conforme o programado, e a elaboração e aplicação do questionário nos dois meses subsequentes, cujos resultados coletados são discutidos neste resumo. As medições estão programadas para o início do mês de agosto.

A elaboração do questionário "Avaliação da percepção da qualidade acústica de salas de aula da Unicamp" foi realizada dentro deste prazo e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) para a aplicação para os alunos da Unicamp. O questionário foi distribuído através do email institucional dos alunos, que não foram registrados, mantendo o anonimato.

2.1 Revisão bibliográfica

Uma característica comum em pessoas autistas é o processamento sensorial que diverge daquele de pessoas não-autistas [Robertson e Baron-Cohen 2017]. Essa característica, normalmente chamada de Transtorno de Processamento Sensorial, é descrita como uma hipo- ou hipersensibilidade de resposta a qualquer estímulo sensorial como luzes, sons, cheiros, toque e sabores. A hipersensibilidade auditiva, que atinge até 23,9% dos indivíduos autistas [Gomes, Pedroso e Wagner 2008], é a manifestação mais comum do Transtorno de Processamento Sensorial e é um dos traços relevantes para o diagnóstico de autismo [Robertson e Baron-Cohen 2017]. Por isso, deve-se levar em consideração a hipersensibilidade auditiva na construção de espaços de aprendizado.

No campo de acústica de salas de aulas, existem estudos que mostram como a arquitetura de espaços internos afeta a inteligibilidade de fala [Wang e Brill 2021], que é um parâmetro indicativo da qualidade de ambientes de aprendizado para pessoas independente de suas condições neurológicas, e que altos níveis de ruído de fundo afetam o desempenho acadêmico de crianças [Shield e Dockrell 2003] e de adolescentes [Connolly et al. 2019]. Quanto ao aprendizado de crianças no espectro autista, também foi encontrada correlação entre nível de ruído e frequência de comportamento repetitivo [Kanakri et al. 2017], indicio de que o projeto de espaços de aprendizado para pessoas autistas deve considerar mais nuances do que para pessoas não-autistas, visando atender suas demandas específicas [Scott 2009]. Há, porém, uma escassez em estudos sobre o impacto da qualidade acústica de salas de aulas no aprendizado de indivíduos autistas adultos, que é um dos objetivos deste estudo.

Além disso, a revisão bibliográfica também incluiu estudos que utilizam questionários para avaliar o aprendizado de pessoas autistas e a percepção de alunos sobre o ambiente acústico da sala de aula, a serem debatidos com mais profundidade na próxima seção.

2.2 Questionário "Avaliação da percepção da qualidade acústica de salas de aula da Unicamp"

Uma atividade realizada como parte desta iniciação científica foi a produção do questionário online "Avaliação da percepção da qualidade acústica de salas de aula da Unicamp", disponível na íntegra online. O intuito do questionário é recolher dados de alunos neurotípicos e neurodivergentes acerca da qualidade acústica das salas da Unicamp e da relação entre ruído na sala de aula e comportamentos repetitivos, de forma que seja possível comparar as respostas destes dois grupos, a fim de definir em quais salas da Unicamp seriam realizadas as medições *in situ* de parâmetros acústicos.

O questionário consiste de 6 seções, sendo a primeira delas apenas uma declaração de maioridade. Em caso afirmativo, prossegue-se o questionário e, em caso negativo, ele é encerrado. A segunda seção apresenta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o questionário somente prossegue caso seja assinalada a alternativa "Li e concordo com o Termo de Consentimento Esclarecido". Nesta seção também é perguntado se o sujeito é neurodivergente ou neurotípico, e a resposta é autodeclarada, sem exigência de laudos médicos, para evitar que participantes fossem desestimulados de responder à pesquisa pelo inconveniente de realizar o upload de arquivos. Também há uma pergunta acerca da perda auditiva, que pode comprometer os dados das amostras.

A seção 3 pergunta o quanto, numa escala linear de 1 a 5, diversos fatores tornam inadequada a acústica de uma sala de aula. As fontes de ruído foram baseadas em um estudo anterior sobre inteligibilidade de fala em escolas primárias [Astolfi, Bottalico e Barbato 2012]. O questionário da presente pesquisa pergunta sobre "Reverberação elevada", "Ar condicionado/ventilador ligado", "Mesas/cadeiras sendo arrastadas", "Embalagens de alimentos sendo abertas", "Conversas paralelas na sala", "Pessoas conversando no corredor/fora da sala" e "Som de outras aulas em salas ao lado", sendo

as perguntas sobre ar-condicionado e conversas feitas também no questionário de Astolfi. Nota-se, porém, que neste estudo foi retirada a pergunta sobre tráfego, porque o limite de velocidade nas vias da Unicamp é baixo (não ultrapassa 50 km/h) e a preferência do pedestre faz com que os carros parem frequentemente. Como o ruído emitido por carros aumenta com a velocidade [Ballesteros et al. 2015], podemos desprezar este efeito. É interessante notar também a separação entre conversas dentro e fora da sala, porque uma delas é relacionada com a reverberação da sala e a outra com o isolamento acústico, motivo pelo qual também foi adicionada a pergunta sobre som de outras salas. As fontes de ruído de mesas e cadeiras sendo arrastadas e embalagens de alimentos foram incluídas pelos pesquisadores por serem sons comuns em salas de aula na Unicamp e que são relatadamente incômodos.

Ao fim da seção 3, há também uma pergunta sobre quais institutos são considerados adequados e inadequados acusticamente, a fim de definir onde devem ser realizadas as medições *in situ* dos parâmetros acústicos. A divisão foi feita por instituto, e não por sala, para não elevar consideravelmente o tempo de resposta do questionário e para estimular que as amostras contenham respostas de mais institutos, ao invés de focar em apenas um. É claro que há diferentes construções e tratamentos acústicos de salas mesmo dentro de um mesmo instituto ou mesmo prédio, e isso deverá ser considerado nas medições.

A seção 4 é uma lista em que deve-se assinalar quais características são percebidas como relevantes para a adequação acústica das salas. Esta pergunta é relevante para entender as diferenças e semelhanças entre a percepção que os indivíduos neurodivergentes e neurotípicos possuem sobre o espaço acústico.

As seções 5 e 6 do questionário abordam o comportamento de alunos autistas em salas de aula ruidosas. É importante também coletar as respostas daqueles que se declaram neurotípicos, para que possam ser comparadas as respostas entre este grupo e os neurodivergentes, a fim de poder comparar possíveis desvantagens (ou vantagens) que estudantes com hipersensibilidade auditiva possuam em relação aos neurotípicos em ambientes de aprendizado.

As perguntas dessas seções foram elaboradas com base nos questionários RBS (*Repetitive Behavior Scale*) [Bodfish et al. 1999], [Lam e Aman 2007] e RBQ-2A (*The Repetitive Behaviours Questionnaire-2 for adults*) [Barrett et al. 2015].

O RBS avalia diversos comportamentos observados em indivíduos no espectro autista e é utilizado para avaliar o comportamento de crianças autistas, inclusive em sala de aula. É importante notar que o questionário é direcionado aos pais, tutores e professores e os resultados estão sujeitos à avaliação destes sobre o indivíduo.

Já o RBQ-2A é voltado a indivíduos adultos e é um questionário auto-reportado, o que foi julgado pela equipe de pesquisa deste trabalho como mais adequado para avaliar alunos universitários. Porém, este não é voltado para salas de aula e o material sobre adultos autistas em ambientes de aprendizado é escasso.

Desta maneira, foram utilizadas algumas perguntas de ambos os questionários para a elaboração das seções 5 e 6, fazendo as substituições devidas, principalmente os exemplos de comportamentos repetitivos listados para crianças (e.g. substituição do termo "brinquedo" por "objeto") e adequação de perguntas gerais do RBQ-2A para que fossem específicas para salas de aula (e.g. exclusão de perguntas relacionadas a interesses ou atividades feitas em pé enquanto foram mantidas perguntas relacionadas a ações que normalmente são realizadas sentado, exemplos de objetos são lápis, canetas). Nessas seções também foram utilizadas perguntas de um questionário sobre a percepção de crianças sobre o ambiente acústico das salas de aula [Dockrell e Shield 2004], para verificar possíveis diferenças entre as respostas de alunos neurotípicos e neurodivergentes.

O formulário também está disponível para visualização no link

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdWpHAmE931n7JwaQ-C_YZvselraEJJTaP8rGSmngHGIpIqUQ/viewform.

3 Outras informações

O título da pesquisa foi alterado de "Avaliação da adequação acústica de salas de aula da Unicamp à hipersensibilidade auditiva" para "Avaliação da percepção da qualidade acústica de salas de aula da Unicamp", de forma que abrangesse também alunos neurotípicos, já que o intuito do questionário não é de ser aplicado apenas em alunos neurodivergentes e também para clarificar que serão utilizadas medidas subjetivas (neste caso, a opinião dos participantes da pesquisa), além das medições *in situ* dos parâmetros acústicos das salas de aula.

Além disso, foi incluído também o objetivo de comparar as respostas de alunos neurotípicos e neurodivergentes ao

questionário, de forma que seja possível avaliar quais características da sala são mais relevantes no aprendizado de indivíduos autistas e/ou com hipersensibilidade auditiva e quais são impactantes no aprendizado dos alunos de forma geral.

4 Resultados Obtidos

Entre os fatores que os alunos consideram que tornam a acústica de uma sala de aula inadequada, tanto neurotípicos quanto neurodivergentes citam "Conversas paralelas na sala" e "Pessoas conversando no corredor/fora da sala" como os principais fatores de incômodo (numa escala de 1 a 5, sendo 5 "Dificulta extremamente a compreensão", o incômodo gerado pelas conversas paralelas é em média de 4,02 para neurotípicos e 3,99 para neurodivergentes e pessoas conversando no corredor ou fora da sala obteve a resposta média de 3,97 para neurotípicos e 3,95 para neurodivergentes). Entre todos os fatores listados, apenas estes dois obtiveram médias maiores entre os indivíduos neurotípicos em relação aos neurodivergentes. Porém, é interessante notar que entre os dois grupos a ordem de quais fatores geram maior incômodo é a mesma, com "Reverberação elevada" (2,99 entre neurotípicos e 3,02 entre neurodivergentes) e "Embalagens de alimentos sendo abertas" (2,82 entre neurotípicos e 2,83 entre neurodivergentes) sendo os fatores menos relevantes.

Em ambientes ruidosos, o maior aumento de frequência foi relatado em "Dificuldade de concentração" por neurotípicos (média de 4,41) e por neurodivergentes (média de 4,42). Novamente, os resultados obtidos foram muito semelhantes para os dois grupos.

Entre os institutos com salas listadas como INADEQUADAS, o CB e PB (Ciclo Básico I e II, respectivamente) foram assinalados por mais de 50% dos participantes. Além destes, o Instituto de Artes (IA), a Faculdade de Educação (FE) e a Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação (FEEC) também foram citados por diversos alunos como institutos com salas de aula inadequadas. Para as salas adequadas, o CB e o PB também foram os institutos mais listados pelos participantes, o que pode ter ocorrido porque a maioria dos alunos tem aulas nestes dois institutos ao longo da graduação, o que não ocorre com todos os institutos, e pode ter acarretado em inflação nos resultados. Além destes, o Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC), o Instituto de Economia (IE), o Instituto de Computação (IC) e o Instituto de Química (IQ) são os mais listados.

Outros fatores de incômodo listados ocorrem principalmente no Ciclo Básico, como barulho gerado pelas mesas e portas das salas, além do volume de conversas, que pode ser explicado pelo grande número de pessoas que frequentam este prédio.

5 Próximas etapas

Seguindo o cronograma do projeto, as medições dos parâmetros acústicos das salas de aula serão realizadas no início de agosto. Os institutos escolhidos para realizar as medições foram CB, PB, IA, FE, FEEC, IB, IMECC, IE, IC e IQ, nos quais serão medidas duas salas de cada.

Para a medição dos parâmetros acústicos das salas de aula serão utilizados arranjos de alto-falantes e microfones omnidirecionais. Os alto-falantes correspondem à fonte sonora (tipicamente o professor, em uma sala de aula) e serão posicionados a 1.5m do chão com o auxílio de um tripé, seguindo a recomendação da norma NBR ISO 3382-2 para posições em que a pessoa (neste caso, o professor) se encontra em pé. Já os microfones, que correspondem ao receptor (os alunos), serão posicionados a 1.2m do chão, em concordância com a mesma norma, mas considerando que os alunos estão geralmente sentados. O software Matlab com o *toolbox* ITA será utilizado para realizar a medição do tempo de reverberação (TR) e do índice de transmissão de fala (STI).

Após as medições de TR e STI, os valores medidos serão comparados com as normas para traçar a relação entre as medições e os resultados do questionário. Espera-se coerência entre os valores medidos, os esperados pela norma e os relatos dos participantes da pesquisa. Como referência, serão utilizadas as normas nacionais ABNT NBR 15575-1:2013 e ABNT NBR 12179:1992 e a internacional ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1.

Referências Bibliográficas

- [Astolfi, Bottalico e Barbato 2012]ASTOLFI, A.; BOTTALICO, P.; BARBATO, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, v. 131, n. 1, p. 247–257, 2012.
- [Ballesteros et al. 2015]BALLESTEROS, J. A. et al. Noise source identification with beamforming in the pass-by of a car. *Applied Acoustics*, Elsevier, v. 93, p. 106–119, 2015.
- [Barrett et al. 2015]BARRETT, S. L. et al. The adult repetitive behaviours questionnaire-2 (rbq-2a): a self-report measure of restricted and repetitive behaviours. *Journal of autism and developmental disorders*, Springer, v. 45, n. 11, p. 3680–3692, 2015.
- [Bodfish et al. 1999]BODFISH, J. W. et al. Repetitive behavior scale–revised. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1999.
- [Connolly et al. 2019]CONNOLLY, D. et al. The effects of classroom noise on the reading comprehension of adolescents. *The journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, v. 145, n. 1, p. 372–381, 2019.
- [Dockrell e Shield 2004]DOCKRELL, J. E.; SHIELD, B. Children’s perceptions of their acoustic environment at school and at home. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, v. 115, n. 6, p. 2964–2973, 2004.
- [Gomes, Pedrosa e Wagner 2008]GOMES, E.; PEDROSO, F. S.; WAGNER, M. B. Auditory hypersensitivity in the autistic spectrum disorder. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, SciELO Brasil, v. 20, p. 279–284, 2008.
- [Kanakri et al. 2017]KANAKRI, S. M. et al. An observational study of classroom acoustical design and repetitive behaviors in children with autism. *Environment and Behavior*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 49, n. 8, p. 847–873, 2017.
- [Lam e Aman 2007]LAM, K. S.; AMAN, M. G. The repetitive behavior scale-revised: independent validation in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, Springer, v. 37, n. 5, p. 855–866, 2007.
- [Robertson e Baron-Cohen 2017]ROBERTSON, C. E.; BARON-COHEN, S. Sensory perception in autism. *Nature Reviews Neuroscience*, Nature Publishing Group, v. 18, n. 11, p. 671–684, 2017.
- [Scott 2009]SCOTT, I. Designing learning spaces for children on the autism spectrum. *Good Autism Practice (GAP)*, Bild, v. 10, n. 1, p. 36–51, 2009.
- [Shield e Dockrell 2003]SHIELD, B. M.; DOCKRELL, J. E. The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 10, n. 2, p. 97–116, 2003.
- [Wang e Brill 2021]WANG, L. M.; BRILL, L. C. Speech and noise levels measured in occupied k–12 classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, v. 150, n. 2, p. 864–877, 2021.