

Projeto escola a cores

Cavalcanti, N. C.¹; Florêncio, D. N. P.¹

¹ Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal, RN,
arq.nailmacavalcanti@gmail.com, deboraflorencioarq@gmail.com

Resumo

A exposição constante ao ruído no ambiente de ensino pode gerar inúmeras consequências, como baixa produtividade, estresse ou insônia aos usuários. Avaliando a importância do conforto acústico nesses espaços, observou-se que o planejamento prévio, com a finalidade de evitar problemas relacionados ao comportamento das ondas sonoras, é mais eficaz do que soluções para os corrigir. Com essa afirmação, o presente artigo apresenta o projeto escola a cores, elaborado para o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva – CACS. O produto foi exposto durante o congresso da Sociedade Brasileira de Acústica – Sobrac e segue a premissa de que as condicionantes acústicas devem ser aplicadas desde a seleção do terreno e avaliação do entorno. A partir dessa ideia, o trabalho tem como objetivo geral propor o anteprojeto de uma escola voltada ao Ensino Fundamental II, para a cidade de Natal/RN, com ênfase no conforto acústico. Neste contexto, os procedimentos metodológicos ocorreram, em quatro etapas: coleta de dados sobre acústica arquitetônica e a influência do ruído no ambiente escolar, com foco na inteligibilidade da fala; análise de referenciais empíricos; abordagem das condicionantes físico-ambientais e legislações vigentes no lote projetual; e desenvolvimento e concepção projetual. Ademais, durante o desenvolvimento, foi realizada a análise técnica acústica dos ambientes de sala de aula, biblioteca e auditório, por meio do cálculo de reverberação em bandas de oitavas, que contribuíram para a proposição de soluções para a qualificação sonora desses espaços, conciliado a um design atrativo, além de configurar a escola como uma ferramenta de estímulo ao ensino.

Palavras-chave: acústica arquitetônica, CACS, Natal/RN, inteligibilidade da fala, reverberação.

PACS: 43.55.-n, 43.55.Br, 43.55.Dt, 43.55.Fw.

School in color project

Abstract

Constant exposure to noise in the learning environment can generate numerous consequences, such as low productivity, stress or insomnia for users. Evaluating the importance of acoustic comfort in these spaces, it was observed that prior planning, with the aim of avoiding problems related to the behavior of sound waves, is more effective than solutions to correct them. With this statement, this article presents the School in Color project, prepared for the III Conrado Silva Acoustics Student Competition – CACS. The product was exhibited at the congress of the Brazilian Society of Acoustics – Sobrac and follows the premise that acoustic conditions must be applied from the selection of the terrain and evaluation of the surroundings. Based on this idea, the general objective of this work is to propose the preliminary project of a school focused on Elementary School II, for the city of Natal/RN with emphasis on acoustic comfort. In this context, methodological procedures occurred in four stages: data collection on architectural acoustics and the influence of noise in the school environment, focusing on speech intelligibility; analysis of empirical references; approach to the physical-environmental conditions and legislation in force in the project lot; and project development and design. Additionally, during the development, the acoustic technical analysis of the classroom, library and auditorium environments was carried out through the calculation of reverberation in octave bands, which contributed to the proposition of solutions for the sound qualification of these spaces, reconciled with an attractive design, and in addition, sets the school as a tool to stimulate learning.

Keywords: architectural acoustics, CACS, Natal/RN, speech intelligibility, reverb.

1. INTRODUÇÃO

No ambiente de ensino, os alunos se submetem a inúmeros estímulos que, dependendo da sua intensidade, podem dificultar o aprendizado e impossibilitar que a voz do professor seja o foco da sua atenção, impedindo que a mensagem principal seja compreendida corretamente (Dreossi, Raquel; Momensohn-Santos, Teresa, 2005, p.253).

Davi Ackerman et al. (2019) explicam que o excesso de reverberação na sala de aula prejudica a inteligibilidade e influencia a pressão sonora resultante. Quando esse tempo é longo, ocorre um mascaramento das consoantes pelas vogais devido ao efeito da sobreposição das sílabas (PANIAGO, 2010). Observa-se então, que a partir de um planejamento acústico adequado, o ambiente pode ser empregado como uma ferramenta de estímulo, que auxilia no desenvolvimento intelectual, emocional, físico e social das crianças.

Assim, partindo dessa temática da acústica escolar, o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva – CACS trouxe como ênfase os ambientes de aprendizagem. A fim de ressignificar a ideia de qualidade acústica no ambiente de ensino, foi desenvolvido o projeto escola a cores. Em sintonia com o edital do concurso, trata-se de uma escola voltada ao ensino fundamental II, tendo em vista proporcionar uma aprendizagem e produtividade de alto desempenho. Pois, como expõe Doris Kowaltowski (2011), a arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental.

Dessa forma, o projeto teve como eixo a relação pessoa-ambiente-aprendizagem, onde o ambiente edificado é visto como ferramenta de auxílio ao ensino. Assim, o projeto visa um espaço educacional lúdico, atrativo e voltado ao usuário, abrangendo desde os alunos até os funcionários, com espaços que envolvem a natureza e transcendem por meio de cores.

A partir do exposto, neste artigo, descreve-se a seguir o processo de caracterização dos ambientes que compõem o espaço escolar originado

e as soluções acústicas adotadas. Para isso, foram utilizados como parâmetros os materiais, esquadrias e revestimentos das empresas: Ecophon Saint-Gobain, Técnica Soluções Acústicas e Trisoft.

2. METODOLOGIA

O processo metodológico adotado foi realizado em quatro etapas. Primeiramente, realizaram-se pesquisas e revisões bibliográfica para compreensão dos efeitos do ruído sobre o ser humano, por meio de bases teóricas, como o livro de Sylvio Bistafa, *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído* (2018), e o de Doris Kowaltowski, *Arquitetura Escolar: O Projeto do Ambiente de Ensino* (2011).

Posteriormente à construção dessa base teórica, foram elencados referenciais empíricos que serviram de base para compreensão do funcionamento de uma edificação escolar e para a análise de um projeto acústico na prática. Nesse contexto, destacam-se o Projeto Padrão Escola 9 Salas, realizado de forma indireta, e o novo anexo do Colégio Marista de Natal, o Maristinha, realizado de forma direta (*in loco*).

Subsequentemente, ocorreu a escolha do terreno e a análise das condicionantes projetuais, observando a situação do entorno do lote e os fatores físicos, ambientais e legais que poderiam interferir no projeto. Por fim, atingiu-se a etapa final, na qual foi desenvolvida a proposta arquitetônica e apresentados os resultados acerca do projeto de uma edificação escolar voltada ao fundamental II.

3. UNIVERSO DE ESTUDO

A preocupação com a localização do terreno é ressaltada por Léa Souza, Manuela Almeida e Luís Bragança (2012, p.45): “uma vez que a inserção de uma edificação no meio interfere e sofre interferência das características acústicas do local”. Eles abordam o local como parâmetro inicial para o desenvolvimento de qualquer projeto arquitetônico. Para isso, nesta etapa, são analisadas as potencialidades do entorno, incluindo os aspectos sonoros.

Assim, elaborado por Florêncio (2018), o mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal, Rio Grande do Norte (RN), especificamente a seção do mapa sonoro diurno da Região Administrativa Sul (Figura 1), foi a principal ferramenta de análise para a escolha do lote projetual. Como forma de evitar locais com uma pressão sonora elevada e a influência do ruído externo diante da edificação proposta, o bairro de Ponta Negra se mostrou eficaz no processo, com uma variação diurna entre 50 e 65 dB, valor esse que aproxima aos 50 dB determinados pela Norma Brasileira (NBR) 10151 (2020) para áreas mistas com predominância residencial.



Figura 1: Secção do mapa sonoro diurno da Região Administrativa Sul.

Ademais, foram realizados estudos acerca dos condicionantes físicos, em que se observou uma região com ventos predominantes no sentido leste, sul e sudeste, e clima tropical quente-úmido, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Determinou-se, assim, a necessidade da valorização da ventilação natural e do sombreamento em projetos arquitetônicos, contexto esse em que o lote localizado na rua Desembargador Jaime Jenner de Aquino, com uma área de 2.497,83m², se apresentou de forma favorável, possibilitando as intervenções necessárias.

3.1. Análise do entorno imediato

A análise do entorno ocorreu através da verificação de parâmetros necessários para compreensão do contexto urbano em que o lote projetual se insere e da elaboração de mapas por parte da autora, de uso e ocupação, gabarito e

viário, os quais se encontram no primeiro painel do apêndice. Com isso, através de um raio de 200 m, analisou-se o uso e ocupação, o gabarito das edificações próximas, a presença de áreas verdes e a composição do sistema viário atual.

Com relação ao uso do solo, trata-se de uma região com predominância residencial e poucas edificações classificadas como serviço ou comércio, ou seja, fontes externas de ruído com baixa intensidade sonora. Ainda no mapa em questão, é possível notar a presença de áreas com vegetação rasteira e arbórea.

A respeito das alturas das edificações próximas, no mapa de gabarito nota-se uma ascendência de residências com uma média de dois pavimentos e poucos edifícios verticais. Com isso, o entorno apresenta baixa rugosidade.

Por fim, a respeito do sistema viário, trata-se de uma área de vias locais, em que existe apenas uma via coletora dentro do raio analisado, situação que corrobora com os valores de decibels levantados no mapa sonoro de tráfego veicular do município. Se tratando de um lote de esquina, preenchendo uma delimitação entre duas vias, havia também vantagem para o posicionamento dos acessos à edificação, como os de embarque, desembarque, carga e descarga.

4. PROPOSTA PROJETUAL

As decisões que nortearam o programa de necessidades, foram realizadas conforme o manual de elaborações técnicas para execução de projetos de edificações escolares, desenvolvido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e de acordo com os parâmetros determinados pela base nacional comum curricular (BNCC), apresentados pelo Ministério da Educação (MEC). Ressalta-se ainda que a simulação dos espaços considerou uma escola voltada ao fundamental II, que inclui as turmas do 6º ao 9º ano, considerando uma média de 30 alunos por sala.

Ademais, para uma setorização adequada, foi elaborado um organograma (Figura 2), separando os ambientes de acordo com os níveis de acesso. Essa organização dos espaços possibilitou um fluxo contínuo e funcional, sem a criação de conflitos na circulação dos usuários, facilitando o acesso aos ambientes e aproximando os espaços com funções similares.



Figura 2: Organograma dos ambientes com base nos níveis de acesso.

Sendo assim, optou-se por:

- Priorizar o setor administrativo à frente da edificação;
- Setores de serviço no lado oeste, por se tratar de ambientes com menor tempo de permanência, além de ficarem próximos ao acesso de carga e descarga;
- Posicionar a biblioteca e o auditório na lateral leste, associados por meio de um foyer, visando a diminuição da influência dos ruídos externos nos ambientes voltados a estudo e espetáculos. A localização da biblioteca também proporcionou um espaço envolto pela natureza;

- Localizar as salas de aula e laboratórios no pavimento superior, como forma de criar um contexto voltado exclusivamente à aprendizagem;
- Situar o pátio e quadra na parte posterior, proporcionando uma integração visual com a vegetação, amplitude e acesso direto ao ar livre;
- Colocar o estacionamento nas lindeiras do lote, de forma a beneficiar-se ao máximo o terreno.

Em relação a volumetria da edificação, com a utilização de cores e aspectos convidativos aos usuários, a fachada principal (Sudoeste) faz uso de madeira e concreto armado, além da integração com natureza. A utilização de elementos fora do plano, o jogo de volumes e materiais com variação de densidade e espessura trouxeram movimento e sensação de leveza (Figura 3). Sem a presença de muros ou barreiras e com áreas de circulação amplas, a fachada se torna permeável, atrativa e acessível.



Figura 3: Perspectiva da fachada frontal da edificação projetada.

5. PROJETO ACÚSTICO

Em cumprimento das regras do edital, foram selecionados três ambientes onde seriam aprofundados os estudos a respeito do condicionamento e isolamento acústico, priorizando espaços que necessitam do controle da reverberação para um funcionamento eficaz, ou seja, a sala de aula, a biblioteca e o auditório.

Para o controle do ruído, considerou-se o fator da inteligibilidade da fala para os três ambientes elencados. Esse controle trata da ligação direta das fontes sonoras com o receptor, que tende a ser o ser humano, envolvendo a trajetória de transmissão (Figura 4) entre elas e os níveis de absorção das superfícies.

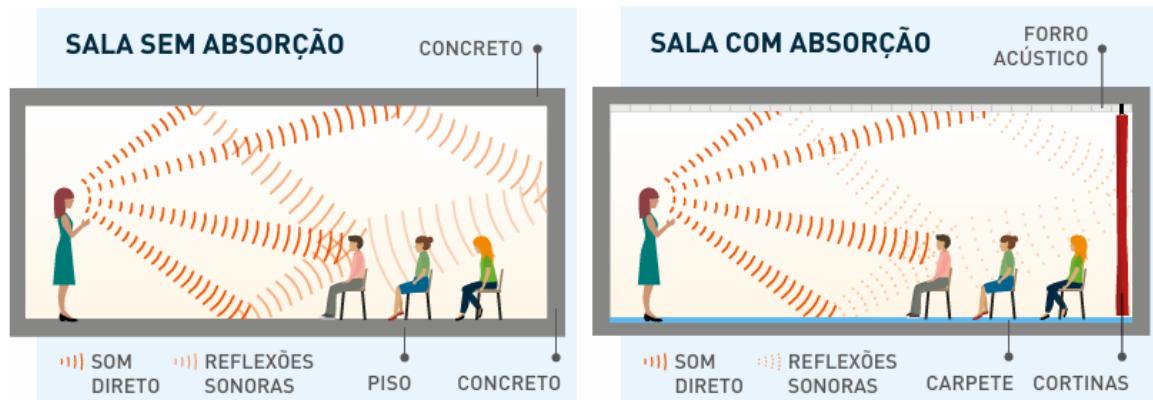


Figura 4: Comparação entre salas com baixa e alta absorção sonora (AKKERMAN et al., 2019).

Com isso, o principal indicador acústico do tempo de reverberação (TR), utilizado como valor de referência foi o da palavra falada, que é de $\leq 1,00$ segundo. Ainda, segundo Long (2006), delimita-se que o tempo adequado de reverberação a 500 Hz para a transmissão da fala está entre 0,3 e 0,6 segundos. Salienta-se que o TR foi calculado por bandas de oitava, em função das frequências em hertz (Hz) de: 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000.

O cálculo realizado se baseou na NBR 12179/1992, que se refere ao tratamento acústico em recintos fechados. A equação de Sabine, emprega-se a partir do momento que o coeficiente médio de absorção é menor ou igual a 0.30. Sendo assim, tem-se a seguinte fórmula para determinação do tempo de reverberação:

$$T_{60} = \frac{0.161 V}{\sum S_i \alpha_i}$$

em que:

- T_{60} = tempo de reverberação em segundos;
- V = volume do recinto (m^3);
- S_1, S_2, \dots, S_n = área total das superfícies do recinto em m^2 , afetadas pelos coeficientes de absorção $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ respectivamente; e

- $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ = coeficiente de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto, do tipo espectadores, cadeiras, mesas.

Enfim, a realização do projeto acústico partiu do princípio da integração do *design* de interiores com materiais apropriados à função sonora desejada, fossem eles absorventes, reverberantes ou difusores, por exemplo. Definiu-se, assim, para cada ambiente escolhido, um patrocinador do congresso da SOBRAC (Sociedade Brasileira de Acústica) em 2023, que serviria de base para a escolha desses materiais, como será apresentado nos itens a seguir.

5.1. Sala de Aula

Neste ambiente selecionou-se os materiais da empresa integrante do grupo Saint-Gobain, de origem sueca, que está presente no mercado comercializando produtos e sistemas acústicos que contribuem para um ambiente de trabalho de qualidade, melhorando o bem-estar, o desempenho e a produtividade das pessoas, buscando *A sound effect on people*¹ (“Um efeito sonoro nas pessoas”). A empresa possui como diferencial materiais 100% sustentáveis, com produtos que não agride o planeta terra.

Para o projeto acústico em específico, partiu-se do princípio de que, para um bom desempenho sonoro da sala de aula, são necessários a boa inteligibilidade do som, a ausência de interferência sonora, a difusão sonora e um tempo de

¹ Tradução: Um efeito sonoro nas pessoas.

reverberação adequado (Souza; Almeida; Bragança, 2012).

De forma geral, havia salas de aula com um volume de 164,44 m³ cada e pé direito de 3 metros. Seu formato irregular, com parede na diagonal, evitando o paralelismo, evidenciava uma reverberação com tempo médio de reverberação de 2,95 segundos.

Sendo assim, além do aspecto visual, utilizando cores em tons pastéis, de forma a não interferir na atenção dos alunos, optou-se por uma combinação entre as placas de nuvem acústica Ecophon Solo™ Hexagon, com a dimensão de 1040 x 1200 x 40 mm, e um forro fonoabsorvente em sistema de grelha exposta, na cor preta, acima das nuvens acústicas, para se atingir um TR harmônico (Figura 5).

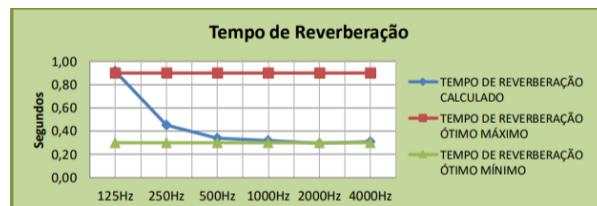


Figura 5: Tempo de reverberação alcançado com o tratamento acústico no espaço das salas de aula.

Infere-se ainda que o cuidado com a aplicação de cores no ambiente surge a partir da afirmação de Farina et al., que abordam a influência das cores no ser humano, tanto em caráter fisiológico quanto psicológico. Elas atuam sobre os efeitos gerados pelo ambiente, podendo criar, a título de exemplo, sensações de atividade ou passividade, equilíbrio ou desequilíbrio e ordem ou desordem.

5.2. Biblioteca

O espaço da biblioteca contempla a integração com a natureza com janelas contornando o espaço e viabilizando a incidência de luz natural e uma vista das áreas verdes criadas para o projeto. Fugindo assim do tradicional, o espaço aborda também em seu interior, com um aspecto lúdico, a utilização de cores e formas que remetem ao verde, associando essas figuras à materiais que auxiliam no desempenho acústico (Figura 6). Seguindo os parâmetros de

Long (2006), temos um local próprio para estudo e leitura, que prioriza a concentração ao usuário.

Em seu formato e volume de 421,28 m³, a biblioteca conta com paredes regulares e um pé direito de 3,40 m, além de um layout setorizado por áreas de leitura, estudo e pesquisa, e cabines voltadas à prática em grupo.

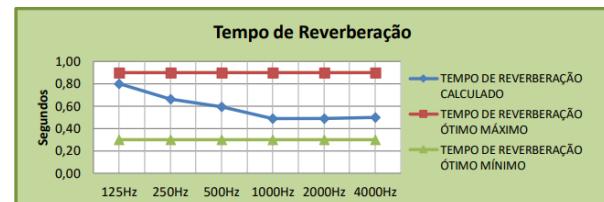


Figura 6: Tempo de reverberação alcançado com o tratamento acústico no espaço da biblioteca.

A partir deste contexto, no espaço em questão, foram aplicados os materiais da empresa Trisoft, que conta com um acervo de produtos inovadores e sustentáveis para tratamento termoacústico, destinados à construção civil e ao design de interiores, feitos de matéria prima completamente reciclável. Um exemplo de suas criações e tecnologia exclusiva é a “espuma” de nova geração 100% PET.

Os materiais empregados possibilitaram o uso de cores e formatos únicos, evidenciando um *design* singular, lúdico e atrativo aos alunos, proporcionando um ambiente aconchegante e de incentivo à leitura e ao estudo.

5.3. Auditório

Motivado pelos materiais da empresa Técnica Soluções Acústicas, uma empresa brasileira, que realiza venda e instalações de diversos elementos de tratamento acústico em todo o país, temos o auditório. O mesmo possui em seu interior uma capacidade de até 115 pessoas, o que corresponde a mais de 90% da quantidade total de alunos, como solicitava o edital.

Com essa dimensão, elaborou-se um layout a partir das exigências da NBR 9050 (ABNT, 2020) e aderiu-se o Manual Proacústica para Qualidade Acústica de Auditórios (Akkerman et al., 2019) como referência projetual. Dessa forma, considerando que se trata de uma escola

e da necessidade de direcionar o ambiente para aulas, reuniões, palestras e espetáculos, adotou-se também o tempo de reverberação adequado para a palavra falada, sendo $TR \leq 1,00$ segundo (Figura 7).

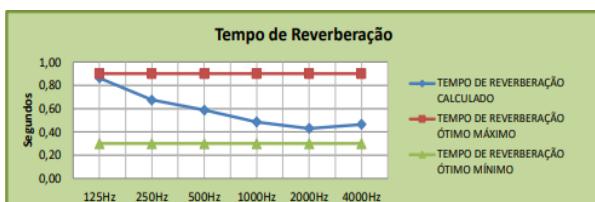


Figura 7: Tempo de reverberação alcançado com o tratamento acústico no espaço do auditório.

O ambiente exigiu, além da análise acústica, uma simulação da visualização da plateia. Para os desníveis dos assentos, considerou-se a ergonomia para um alcance visual adequado. Utilizando como referência o esquema apresentado pela norma de acessibilidade, obteve-se uma angulação dentro do cone visual, que utiliza o módulo de uma pessoa sentada. Além disso, o posicionamento das cadeiras no layout alterna entre as fileiras, atenuando o desnível necessário.

Ademais, como forma de alcance eficiente do som, utilizaram-se espelhos acústicos em madeira para reflexão das ondas sonoras em direção ao receptor. Nesse caso, considerou-se, segundo as leis de ótica, o ângulo de reflexão projetado igual ao ângulo de incidência.

Concluindo, o auditório, que foge do convencional, traz a utilização de cores e formas que remetem ao ambiente escolar, como, por exemplo, o piso que faz uso das figuras geométricas em sua composição, seguindo o contexto lúdico.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma a subsidiar a análise, serão apresentados resultados e discussões a respeito das particularidades encontradas durante o projeto.

6.1. Sala de aula

Nas salas de aula, o fator do tempo de reverberação sofre um ajuste. Mesmo que seja mencionado o parâmetro de Long, que apresenta o

TR da palavra falada de $\leq 1,00$ segundo, no contexto de um ambiente com foco voltado exclusivamente ao aprendizado, buscou-se uma redução desse padrão.

Essa priorização se deve à alta incidência de ruídos, devido às diversas fontes sonoras, que influenciam diretamente o nível de captação de informação. Trata-se de um ambiente sujeito à fala, gritos, crianças correndo, movimentação de móveis; ou seja, necessita de uma maior eficiência absorptiva das superfícies.

Com o exposto, idealmente, para as salas de aula, deve-se atingir um TR na faixa de 0,4 - 0,6 segundos (SEEP et al., 2002). A partir do gráfico apresentado no item 4.1 é notório que, na frequência de 125 Hz, este resultado não foi possível, obtendo 0,9 segundos, o que se justifica pelo fato de que a absorção de sons graves é mais complexa, pois depende também da tipologia do material e da montagem, já que se trata de placas vibrantes. Porém, mesmo que seja viável a utilização das placas, ao analisar a questão financeira e considerar que na maioria das frequências o objetivo foi atingido, interpreta-se que o ambiente estaria adequado ao uso.

6.2. Biblioteca

Em relação à biblioteca, a preocupação projetual surgiu com a proximidade do ambiente com o pátio e a intensidade com que o ruído externo iria interferir durante momentos de acesso ao espaço. Devido à dimensão compacta do terreno, afastar os ambientes não se tornou viável, tanto para a biblioteca quanto para o auditório.

Dessa forma, foi pensada a inclusão de um espaço de descompressão que ajudaria a atenuar o som. Como estratégia, foi utilizado um foyer (Figura 8) que daria acesso aos dois espaços mencionados. Assim, o foyer ajudaria na redução do impacto de ruídos externos ou provenientes de outros ambientes, contribuindo para a qualidade acústica.



Figura 8: Planta baixa Pavimento Térreo.

6.3. Auditório

No auditório, devido ao seu volume amplo, influenciado diretamente pela distância do pé direito, observaram-se dois obstáculos durante o planejamento do projeto acústico. O primeiro relacionado às frequências graves, que não estavam atingindo o TR desejado, de menos de 1 segundo. E o segundo, na parte do palco, ocorreu uma preocupação com a concentração excessiva de reflexões sonoras.

Tendo em vista os fatos, como mencionado no item 5.1, verificou-se que as placas de Painel vibrante (Figura 9), *plenum* 50 mm e dimensão de 900 x 2700 mm, em MDF Freijó com enchimento de lã mineral da Técnica possuíam um ótimo desempenho na absorção da frequência de 125 hertz, de 0,90.

Absorção de sons graves – placa ou membrana

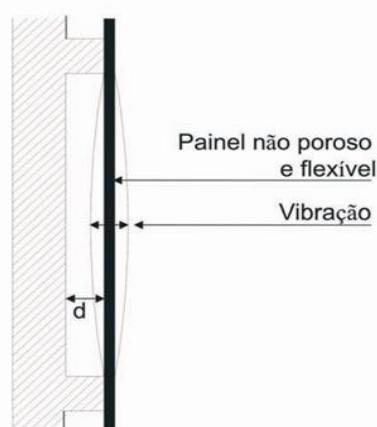


Figura 9: Painel absorvente de graves (PROCEL EDIFICA).

Dessa forma, ao aplicá-las nas superfícies de vedação vertical, atingiu-se um tempo de dissipação de 0,86 e 0,67 segundos, respectivamente. A segunda solução utilizada, agora para a parede de fundo do palco, foram os painéis acústicos difusores em MDF branco. Essa tipologia de material foi utilizada com o intuito de que as ondas sonoras fossem distribuídas de forma mais uniforme, ao contrário do comportamento que seria inferido em superfícies planas, preservando a dinâmica sonora do ambiente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento das análises propostas por esta pesquisa, é possível verificar que um design lúdico e atrativo não foi empecilho para adequação do tratamento acústico das áreas internas da edificação. Compreende que um planejamento acústico, iniciado na etapa pré-projeto, ou seja, desde a escolha do terreno, pode ser definitivo para o comportamento sonoro da edificação.

Durante o processo, ressalta-se que algumas premissas foram estipuladas, entre elas: compreender como as demandas acústicas interferem ou influenciam na concepção do projeto arquitetônico, propor um espaço funcional e confortável a todos os usuários e lincar o design de interiores com soluções acústicas. Tais medidas tornaram possível a proposição de uma escola que serviria como uma ferramenta de estímulo ao ensino.

Em contrapartida, em termos da análise do desenvolvimento, mesmo com o alcance do objetivo principal, alguns desafios foram encontrados durante a execução. A preocupação com os prazos do concurso foi o principal fator de atenção. Conciliar com os componentes curriculares regulares da graduação, principalmente com a discente em seu último ano de curso, exigiu planejamento e organização.

Ao todo, foram 6 meses para a elaboração do produto, de maio a outubro de 2023. Com orientações recorrentes, a equipe conseguiu manter o alinhamento das informações e um desdo-

bramento eficaz da proposta projetual. Ademais, com o tempo designado ao concurso, foi possível aprofundar os conhecimentos na área da acústica, além do que é compreendido em sala de aula.

Dessa forma, acredita-se que o evento do XXX Encontro da SOBRAC proporcionou uma oportunidade única aos acadêmicos. Estar imerso em um concurso estudantil possibilitou a vivência da atmosfera desse campo de estudo derivado do conforto ambiental, principalmente aos alunos de graduação inscritos.

8. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) e ao curso de Arquitetura e Urbanismo da instituição pelo incentivo acadêmico e financeiro à participação no concurso.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 10151: Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
4. AKKERMANN, Davi et al. Manual Proacústica para Qualidade Acústica de Auditórios. São Paulo. 2019.
5. BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Ensino Fundamental (6º ao 9º ano). Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/biblioteca-de-apoio/pcn-ensino>>. Acesso em 26 de maio de 2023.
6. CAVALCANTI, Nailma Cunha. Anteprojeto de uma escola de fundamental II, com ênfase no conforto acústico, em Natal/RN. Monografia (Arquitetura e Urbanismo) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: <http://repositorio.unirn.edu.br/jspui/handle/123456789/742>
7. DREOSSI, R. C. F.; MOMENSOHN-SANTOS, T. O Ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura. Pró-Fono Revista de Atualização Científica, Barueri (SP), v. 17, n. 2, p. 251-258, maio-ago. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-56872005000200014>
8. ECOPHON Saint-Goban. Disponível em: <https://www.ecophon.com/pt/product-selector/>. Acesso em: 29 mai. 2023.
9. FARINA, M.; PEREZ, C.; BASTOS, D. Psicodinâmica das cores em comunicação. 5 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2006. 189 p.
10. FLORÊNCIO, Débora Nogueira Pinto. Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/25445>
11. FNDE- FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. Manual de orientações técnicas: Elaboração de projetos de edificações escolares. São Paulo, p. 39. 2017.
12. KOWALTOWSKI, Doris. Arquitetura Escolar: o Projeto do Ambiente de Ensino. 1. São Paulo: ed. Oficina de Textos, 2011.
13. LONG, M. Architectural Acoustics. Burlington: Elsevier, 2006.
14. PANIAGO, R. C. Acústica Arquitetônica. 2. ed. São Paulo: Arch-Tee, 2010.

15. PROCEL EDIFICA- Eficiência Energética em Edificações. Acústica Arquitetônica. Rio de Janeiro. 2011.

16. TÉCNICA SOLUÇÕES ACÚSTICAS. Disponível em:
<https://www.tecnicaacustica.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

17. TRÍSOFT SOLUÇÕES ACÚSTICAS. Disponível em: <https://trisoft.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

18. SEEP, Benjamin; GLOSEMEYER, Robin; LINN, Matt; HULCE, Emily; AYTAR, Pamela. Acústica de Sala de Aula. Rio de Janeiro: Comitê Técnico em Acústica. DOI: <https://doi.org/10.55753/aev.v17e29.166>

19. SOUZA, Léa; ALMEIDA, Manuela; BRAGANÇA, Luís. Be A Ba Da Acústica Arquitetônica. 4. ed. São Carlos: EdUfSCar, 2012.

A. APÊNDICE

A seguir, serão apresentados alguns dos painéis submetidos como produto ao concurso do III CACS.



PROJETO ESCOLA A CORES

Uma escola voltada para o ensino fundamental II, com foco no conforto do usuário, espaços acolhedores que fazem uso generoso de cores, convidativos e integrados à natureza. Um ambiente lúdico e verde, associado à qualidade sonora, é o nosso conceito.



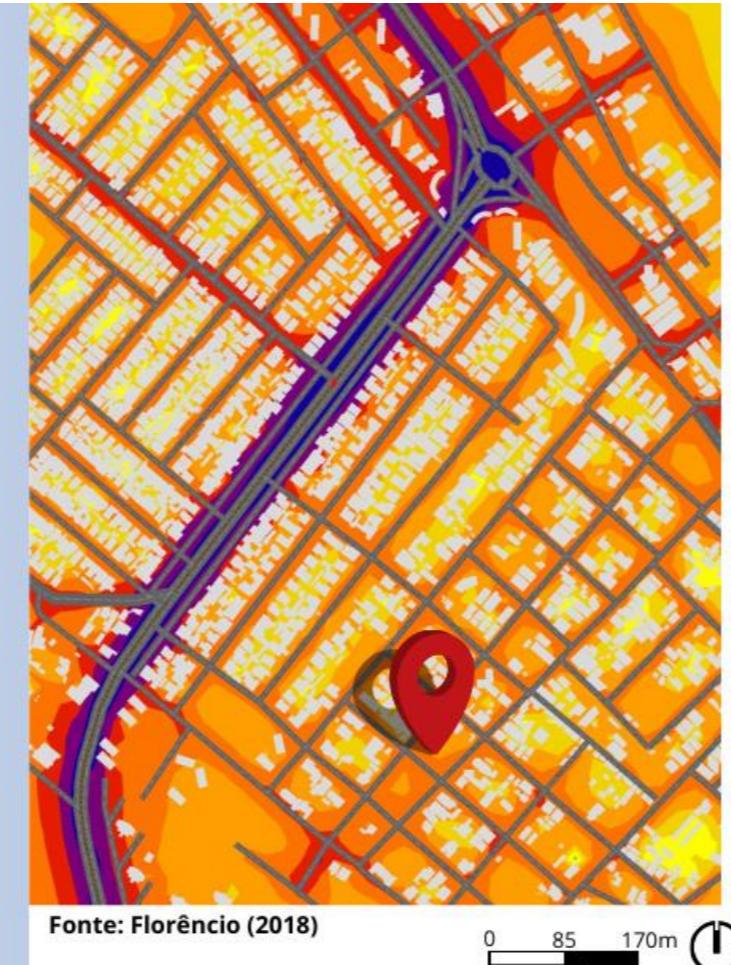
- Educação com qualidade acústica que admite uma aprendizagem e produtividade de alto desempenho;
- O ambiente como ferramenta auxiliar do ensino;
- O lúdico como incentivo à criatividade, à imaginação.



Fachada principal



Fachada posterior

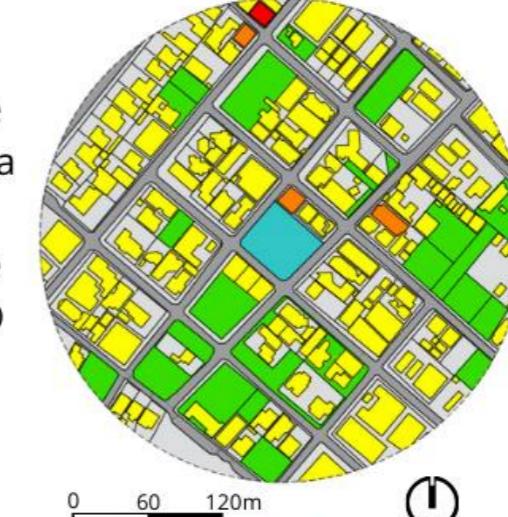
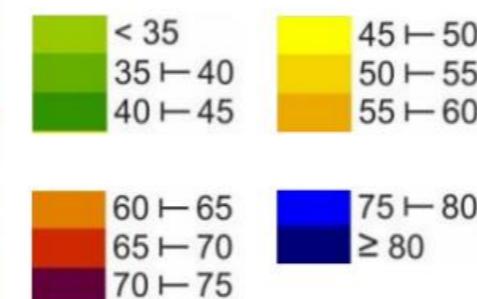


Fonte: Florêncio (2018)

0 85 170m

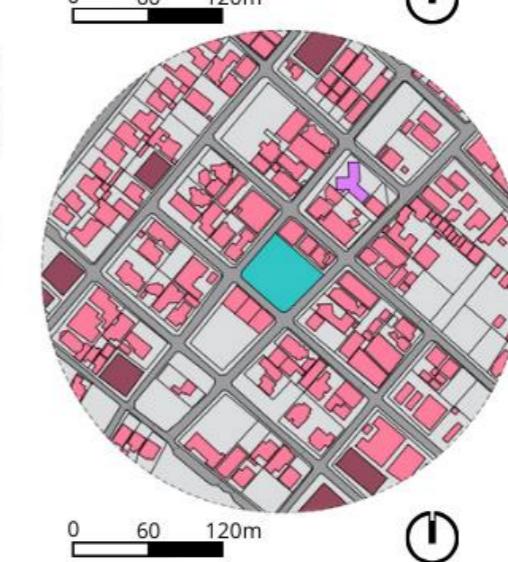
Mapa Sonoro Diurno

LAeq, dB



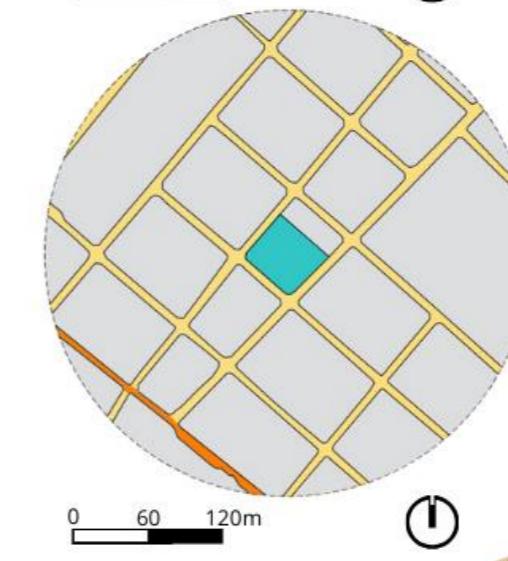
Mapa de uso e ocupação

- Lote projetual
- Uso residencial
- Uso de serviço
- Uso comercial
- Área verde



Mapa de gabarito

- Lote projetual
- 1 a 3 pavimentos
- 4 a 6 pavimentos
- 7 a 15 pavimentos

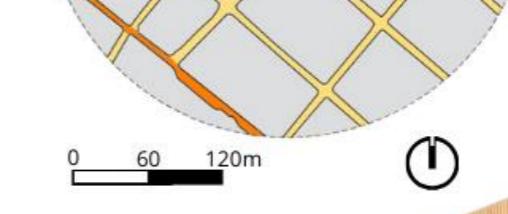
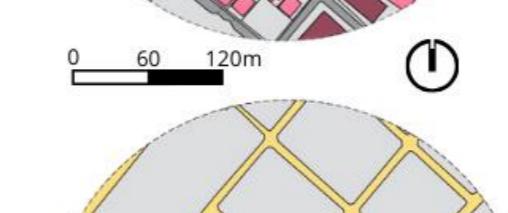
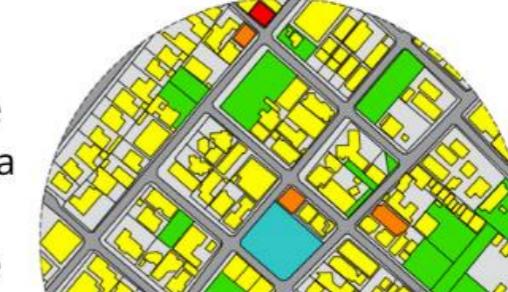


Mapa viário

- Lote projetual
- Via local
- Via coletora (Avenida da Lagosta)

Localização

Rua Desembargador Jaime Jenner de Aquino com a Rua Poeta Jorge Fernandes, Natal-Rio Grande do Norte
5°53'1.08"S/35°10'39.18"E





02 PROJETO ESCOLA A CORES

Para Doris Kowaltowski (2011), a arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental. Dessa forma, o projeto tem como objetivo a relação pessoa-ambiente-aprendizagem, onde o ambiente edificado é ferramenta de auxílio ao ensino.

Assim, o projeto visa um espaço educacional lúdico, atrativo e voltado ao usuário, abrangendo desde os alunos até os funcionários, com espaços que envolvem a natureza e transcendem por meio de cores.



Acesso secundário para carga e descarga



Vagas de estacionamento na lateral direita da edificação

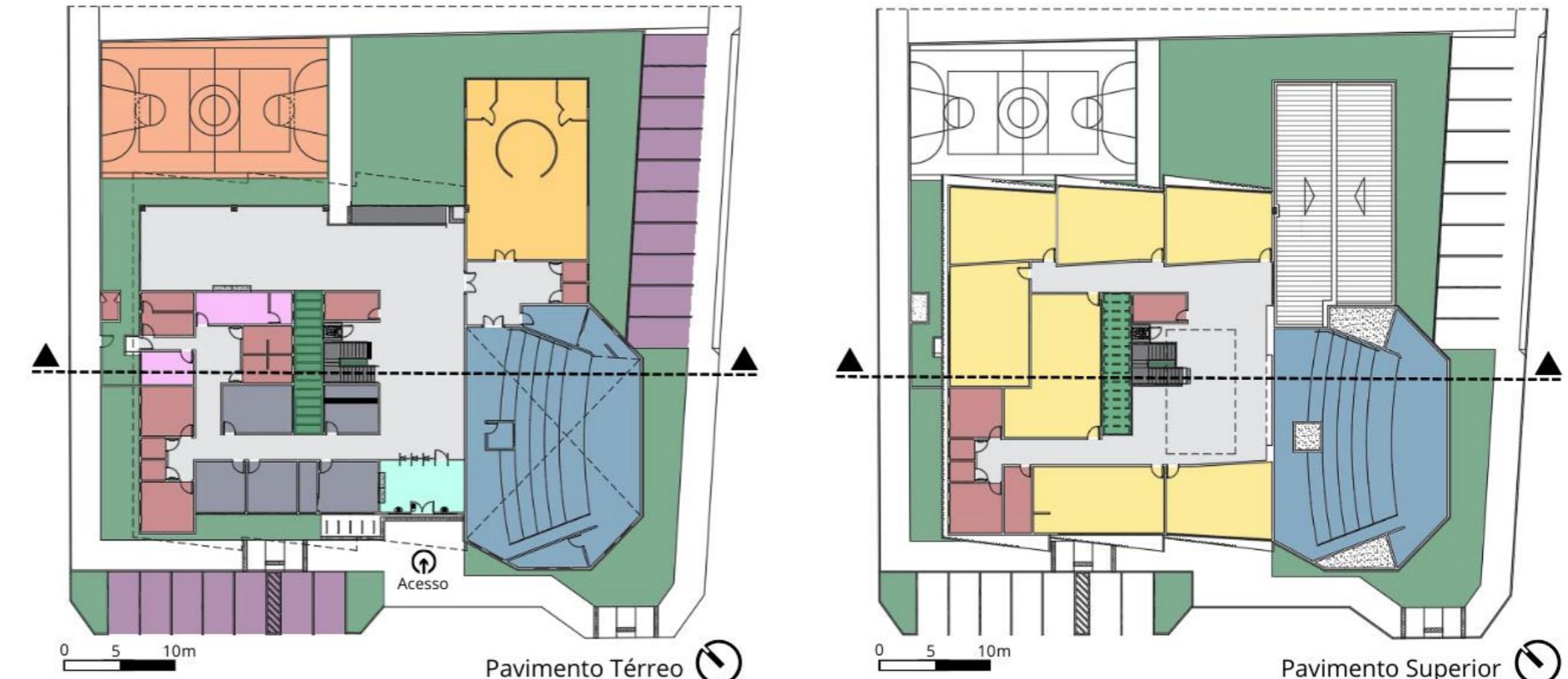
Área do Terreno: 2.497,83m²

Área Construída: 1.777,35m²

Área de Útil: 1.156,46m²

Área de Cobertura: 1.221,06m²

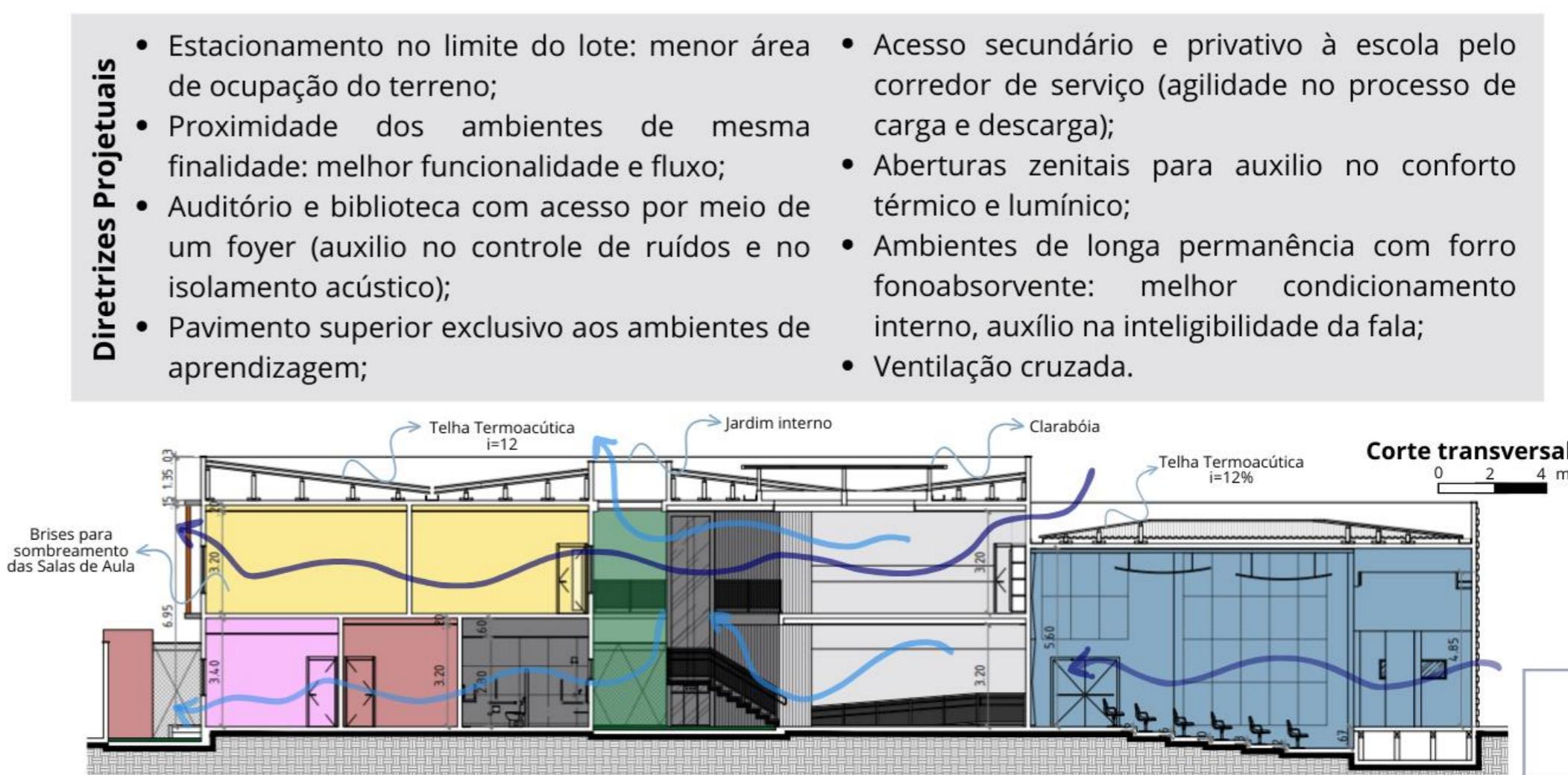
Área Permeável: 435,56m²



- Estacionamento
- Acesso a edificação/ Recepção
- Setor administrativo
- Auditório
- Áreas de serviço e sanitários
- Setor de alimentação
- Ambientes de ensino
- Biblioteca
- Esporte e lazer
- Circulação horizontal
- Circulação vertical
- Jardim interno/Área verde

Diretrizes Projetuais

- Estacionamento no limite do lote: menor área de ocupação do terreno;
- Proximidade dos ambientes de mesma finalidade: melhor funcionalidade e fluxo;
- Auditório e biblioteca com acesso por meio de um foyer (auxílio no controle de ruídos e no isolamento acústico);
- Pavimento superior exclusivo aos ambientes de aprendizagem;
- Acesso secundário e privativo à escola pelo corredor de serviço (agilidade no processo de carga e descarga);
- Aberturas zenitais para auxílio no conforto térmico e lumínico;
- Ambientes de longa permanência com forro fonoabsorvente: melhor condicionamento interno, auxílio na inteligibilidade da fala;
- Ventilação cruzada.



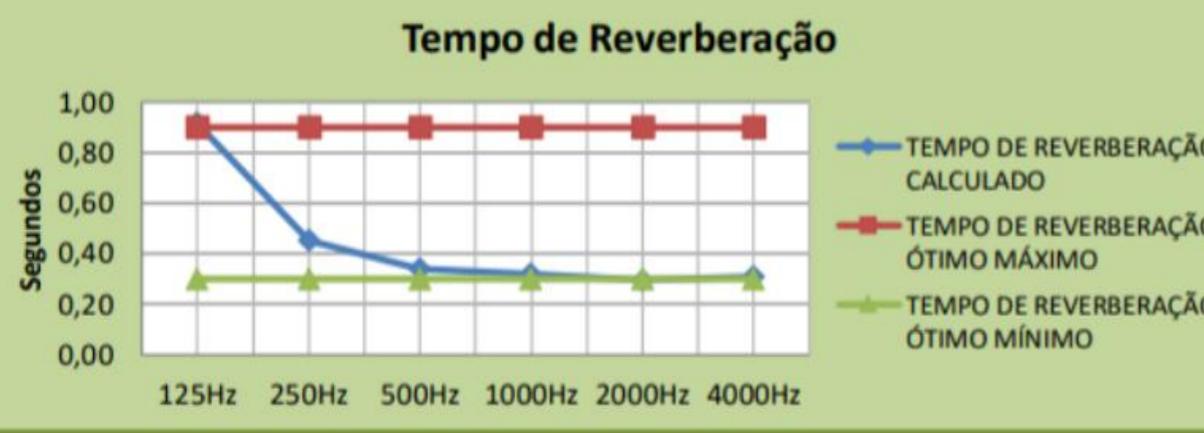
SALA DE AULA

Para o projeto acústico da sala de aula, parte-se do princípio de que, para ocorrer um bom desempenho acústico do ambiente, necessária a boa inteligibilidade do som, ausência de interferência sonora, a difusão sonora e um tempo de reverberação adequado (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012).



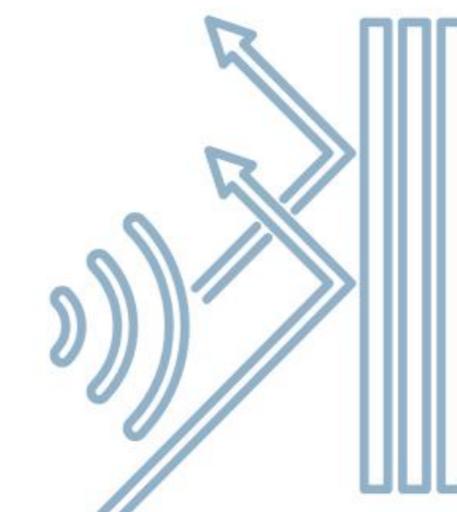
The diagram shows a cross-section of a yellow sealant strip being applied to a dark surface. The strip has a height of 15 and a width of 24. Below the diagram are three photographs: one showing a small amount of sealant being applied with a tool, and two showing the completed installation of the sealant strip along a seam.

02



Sendo assim, levando em consideração o fator da inteligibilidade da fala, o tempo de reverberação adequado utilizado como valor de referência foi o da palavra falada, que é de $\leq 1,00$ segundo. Segundo Long (2006), o tempo adequado de reverberação a 500 Hz para a transmissão da fala está entre 0,3 e 0,6 segundos.

Material	Área (m²)	Referencia do material	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO					
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Janela e quadro	17,61	Janelas de vidro	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01
Madeiras	1,74	Madeira (Portas ou mobiliário)	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Plástico	4,37	Encosto cadeiras	0,10	0,16	0,22	0,18	0,16	0,12
Assentos estofados em tecido, por m²	6,98	Assento cadeiras	0,44	0,60	0,77	0,89	0,82	0,70
Piso e rodapé	51,08	Cerâmica, mármore ou granito	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Alvenaria	68,98	Alvenaria com reboco liso pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Forro	48,36	Sombra A 15 mm, 200 mm o.d.s.	0,35	0,80	1,00	0,85	1,00	1,00
Nuvem acústica: Solo Hexagon 1040x1200, 400 mm o.d.s.	17,76	Ecophon Solo™ Hexagon (Teto)	0,30	0,70	1,20	1,80	1,80	1,60
ABSORÇÃO TOTAL			28,96	58,6	78,52	82,6	89,7	85,1
TEMPO DE REVERBERAÇÃO CALCULADO			0,91	0,45	0,34	0,32	0,3	0,31
TEMPO DE REVERBERAÇÃO ÓTIMO MÁXIMO			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
TEMPO DE REVERBERAÇÃO ÓTIMO MÍNIMO			0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3



Parede pintada na cor cinza

04

Piso granilite na cor cinza
claro

BIBLIOTECA

O projeto da biblioteca busca integrar-se à área verde da escola, incorporando o tema da natureza em seu design. Fugindo do tradicional, o espaço traz de forma lúdica a utilização de cores e formas que remetem à natureza, associando essas formas a materiais que contribuem para o desempenho acústico.

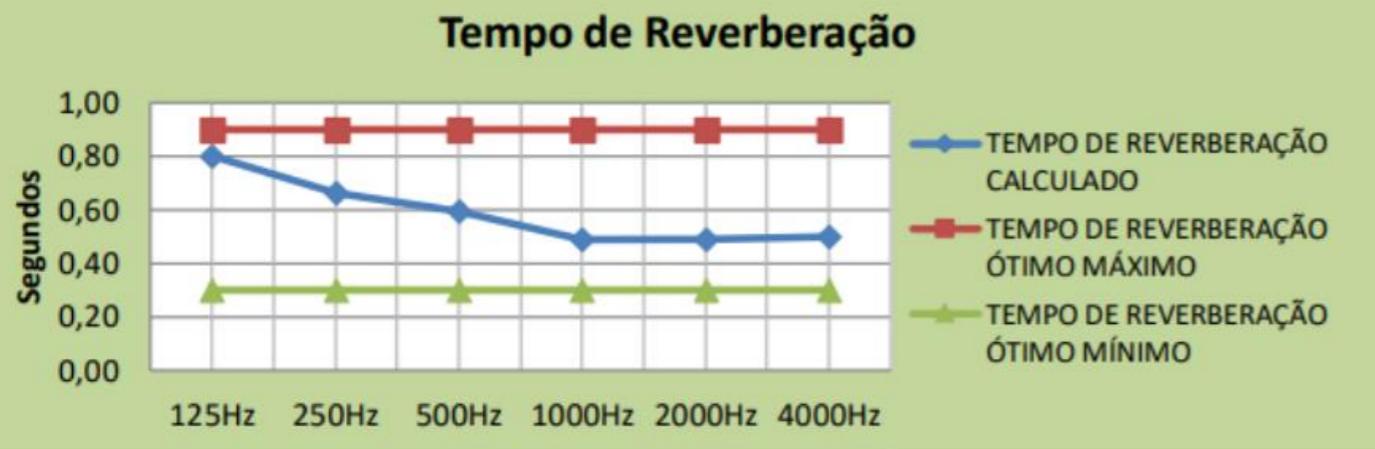
Para o projeto, foram utilizados os materiais da empresa Trisoft, que possui um portfólio de produtos inovadores e sustentáveis para tratamento termoacústico, destinados à construção civil e ao design de interiores, fabricados com matéria-prima completamente reciclável. A empresa oferece uma linha de produtos que vai desde a confecção de travesseiros e tecidos até materiais acústicos. Um exemplo de suas criações e tecnologia exclusiva é a "espuma" de nova geração, 100% PET.

Em relação à forma e ao volume, a biblioteca possui paredes regulares e um volume de 421,28 m³, com pé-direito de 3,40 metros. Em seu layout, há diversos espaços para leitura, áreas de estudo e pesquisa, além de duas cabines voltadas para o estudo em grupo.



BIBLIOTECA

Para o projeto acústico da biblioteca, a utilização de materiais fonoabsorventes, que possibilitam o uso de cores, formam o design do ambiente de maneira lúdica e atrativa, um local aconchegante, voltado para os alunos, e um espaço de incentivo à leitura e ao estudo.



DESCRÇÃO			COEFICIENTE DE ABSORÇÃO					
Material	Área (m²)	Referencia do material	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Janela, visor portas e estrutura para livro	50,84	Janelas de vidro	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Madeiras	131,90	Madeira (Portas ou mobiliário)	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Assentos estofados em tecido, por m ²	13,89	Assento e encosto cadeiras e bancos	0,44	0,60	0,77	0,89	0,82	0,70
Tapete de veludo	5,16	Tapete circula	0,05	0,06	0,10	0,24	0,42	0,00
Piso	86,76	Assoalho em tábuas corridas	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Parede	91,90	Alvenaria com reboco liso pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Forro	123,90	Alvenaria com reboco liso pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Revest Frame IR25	15,00	Copa da árvore	0,16	0,36	0,66	0,92	1,04	0,97
Revest Frame IR50	0,84	Quadro	0,33	0,64	0,98	1,08	0,97	0,86
Baffles Decor IR15	92,16	Baffles/ Teto	0,40	0,64	0,76	0,95	0,92	0,93
ABSORÇÃO TOTAL			84,63	102	114,3	138	138	135
TEMPO DE REVERBERAÇÃO CALCULADO			0,80	0,66	0,59	0,49	0,49	0,5
TEMPO DE REVERBERAÇÃO ÓTIMO MÁXIMO			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
TEMPO DE REVERBERAÇÃO ÓTIMO MÍNIMO			0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

O tempo de reverberação adequado para ambientes como biblioteca está em consonância com a inteligibilidade da fala, variando entre 0,3 e 0,6 segundos, de acordo com os parâmetros de Long (2006). Isso se deve ao fato de se tratar de espaços voltados para o estudo e a leitura, que necessitam de um ambiente que favoreça a concentração do usuário. Dessa forma, a biblioteca e as salas de estudo devem ter características semelhantes às salas de aula, com variações de tempo de reverberação (TR) e níveis sonoros baixos.

AUDITÓRIO

Para o projeto acústico do auditório, considerando que se trata de uma escola e que o ambiente também será utilizado para aulas, reuniões e palestras, o tempo de reverberação adequado adotado foi o da palavra falada, com $TR \leq 1,00$ segundo, conforme indicado pelo Manual Proacústica para Qualidade Acústica de Auditórios.



01



Painel acústico difusor em MDF branco

02



Piso vinílico em Paviflex

03



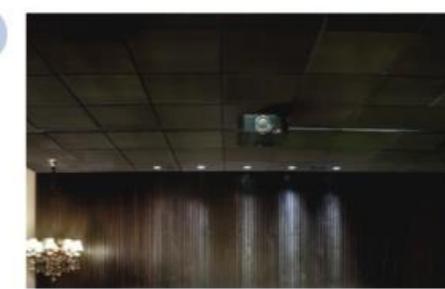
Carpete na cor cinza claro, aplicado sobre contra-piso

04



Painel acústico TEKS 25mm na cor cinza claro

05



Forro de fundo em material fonoabsorvente na cor preta

06



Espelho acústico em MDF Freijó Catedral 1,50x3,00m

07



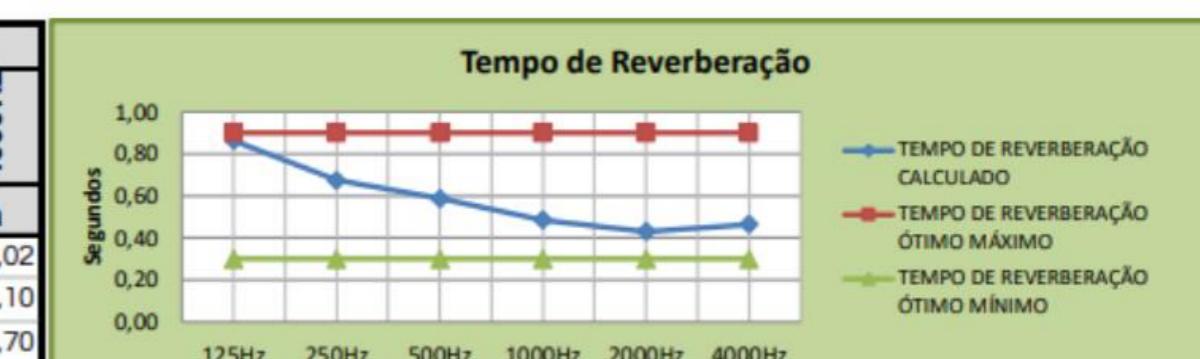
Painel vibrante, ótimo para absorção de baixas frequências, em MDF Freijó com enchimento de lã mineral

08



Porta acústica em madeira freijó catedral de 2,10x1,80m

Descrição			Coeficiente de Absorção					
Material	Área (m²)	Referencia do material	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Esquadria	7,88	Janelas de vidro	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Madeiras	172,59	Madeira (Portas e revestimento difusor)	0,14	0,14	0,06	0,08	0,10	0,10
Assentos estofados em tecido, por m2	67,55	Assento e encosto cadeiras e bancos	0,44	0,60	0,77	0,89	0,82	0,70
Piso	109,70	Carpete sobre contra-piso	0,05	0,10	0,15	0,30	0,50	0,55
Piso	142,69	Paviflex	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Parede	548,67	Alvenaria com reboco liso pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Forro	197,40	Alvenaria com reboco liso pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Painel Acústico TEKS 25mm	213,64	Parede de fundo: palco	0,15	0,25	0,45	0,75	0,80	0,65
Painel Acústico Reverberante Plenum 25 mm	121,50	Parede	0,60	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Forro preto	156,92	Forro fonoabsorvente liso na cor preta	0,35	0,80	1,00	0,85	1,00	1,00
Espelhos acústicos em madeira freijó	63,00	Teto	0,14	0,14	0,06	0,08	0,10	0,10
Absorção Total			239	306	352	425	481	445
Tempo de Reverberação Calculado			0,86	0,67	0,59	0,49	0,43	0,46
Tempo de Reverberação Ótimo Máximo			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tempo de Reverberação Ótimo Mínimo			0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3



Referências Bibliográficas

- AKKERMAN, Davi et al. Manual Proacústica para Qualidade Acústica de Auditórios. São Paulo. 2019.
- ECOPHON Saint-Goban. Disponível em: <https://www.ecophon.com/pt/product-selector/>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- FLORÊNCIO, Débora Nogueira Pinto. Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2018.
- KOWALTOWSKI, Doris. Arquitetura Escolar: o Projeto do Ambiente de Ensino. 1. São Paulo: ed. Oficina de Textos, 2011.
- LONG, M. Architectural Acoustics. Burlington: Elsevier, 2006.
- TÉCNICA SOLUÇÕES ACÚSTICAS. Disponível em: <https://www.tecnicaacustica.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- TRÍSOFT SOLUÇÕES ACÚSTICAS. Disponível em: <https://trisoft.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- SOUZA, Léa; ALMEIDA, Manuela; BRAGANÇA, Luís. Be A Ba Da Acústica Arquitetônica. 4. ed. São Paulo: EdUFSCar, 2012.