

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC ITAQUERA II
Ensino Médio Integrado ao Técnico em Edificações**

**Arthur Reis
Isabella Reis Lino
Maycon Ricardo de Souza Alves
Sarah Marostegan Humphreys Negrini
Sarah Rocha de Oliveira**

**PESQUISA PARA DESENVOLVIMENTO DE TINTA COM
PROPRIEDADES DE REDUÇÃO SONORA**

**São Paulo
2025**

Arthur Reis
Isabella Reis Lino
Maycon Ricardo De Souza Alves
Sarah Marostegan Humpreys Negrini
Sarah Rocha Oliveira

**PESQUISA PARA DESENVOLVIMENTO DE TINTA COM
PROPRIEDADES DE ABSORÇÃO SONORA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio
em Edificações da Etec Itaquera II Orientado
pela Prof. Larissa Dias Costa, como requisito
para a obtenção do Título de Técnico em
Edificações.

São Paulo
2025

AGRADECIMENTOS

Agradecemos em primeiro lugar a Deus, por toda força e discernimento que foi essencial para toda a nossa trajetória até esse ponto de nossas histórias.

As nossas famílias que apoiaram nosso trajeto e sempre acreditaram em nosso potencial, sem eles essa jornada nunca seria possível de se concretizar.

Aos amigos que tornaram este caminho algo significativo e cheio de sentido, nossos sinceros agradecimentos por todas as memórias compartilhadas e passos dados.

A nossa orientadora, Larissa Dias, que dedicou horas de sua vida a compartilhar seu conhecimento conosco e tornou possível a conclusão deste ciclo.

Ao professor Jurandir Evangelista que nos proporcionou auxílio com diversas dúvidas, montagens e materiais para a execução dos ensaios, sempre demonstrando disposição e atenciosidade para com nosso projeto.

A professora Isabela Ribeiro que também sempre que possível se dispôs a acompanhar os processos.

E a todo corpo docente, que receberam esse projeto com muito carinho e sempre que possível contribuíram para que ele se concretizasse.

"Seja a mudança que você quer ver no mundo."
— **Mahatma Gandhi**

RESUMO

Sabe-se que no ambiente urbano apartamentos são uma escolha recorrente para moradia. Contudo, esse tipo de imóvel traz consigo um entrave do qual atrapalha a vida de quem reside nesse ambiente, a acústica. Reparou-se mediante a relatos, vivências e pesquisas que esse problema realmente existe e que não afeta apenas esse grupo de indivíduos e local, mas também outros, como comércios e locais próximos a trilhos ou avenidas. A partir dessa observação, notou-se a necessidade de tomar medidas para solucionar este problema, dessa forma, o presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe o desenvolvimento de uma tinta com propriedades redutoras da reverberação sonora, por meio do uso de materiais que contenham esses atributos.

Para o desdobramento deste projeto, utilizou-se o método da experimentação. Por meio deles foi possível aferir que o projeto de pesquisa tem base científica e que deve ter continuidade para que um dia a tinta com vermiculita (material usado) funcione de forma plena e possa ser considerada acústica.

Palavras Chave: Tinta; acústica; vermiculita; sílica; poliuretano; conforto acústico.

ABSTRACT

It is known that in the urban environment apartments are a recurring choice for housing. However, this type of property brings with it an obstacle that hinders the lives of those who live in this environment, the acoustics. It was repaired through reports, experiences and research that this problem really exists and that it does not only affect this group of individuals and places, but also others, such as businesses and places near rails or avenues. From this observation, thus, the present Course Completion Work (TCC) proposes the development of a paint with properties that reduce sound reverberation, through the use of materials that contain these attributes.

For the unfolding of this project, the experimentation method was used. Through them, it was possible to assess that the research project has a scientific basis and that it must be continued so that one day the paint with vermiculite (used material) works fully and can be considered acoustic.

Keywords: Paint; acoustics; vermiculite; silica; polyurethane; acoustic comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – TR ótimos por norma	16
Figura 2 – Comparação das granulometrias da vermiculita	18
Figura 3 – Projeto da Câmara Reverberante	19
Figura 4 – Câmara Reverente real	20
Figura 5 - Peneiras granulométricas	21
Figura 6 – Granulometrias e quantidades obtidas em cada uma	22
Figura 7 – Placa Lógica	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos níveis de ruído	14
Tabela 2 - Teste de NPS externo compilados	23
Tabela 3 - Teste de TR compilados	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

NPS – Nível de Pressão Sonora

LISTA DE SÍMBOLOS

L_j Nível de pressão sonora

P Nível de pressão sonora em medição

μm Micrómetro

P_0 Pressão sonora de referência

dB Decibel

R_w Índice de de redução sonora

Hz Hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 ACÚSTICA E PROPAGAÇÃO DO SOM	13
1.2 CONFORTO ACÚSTICO	15
1.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO	16
1.4 VERMICULITA	17
1.5 CÂMARA REVERBERANTE	18
2 DESENVOLVIMENTO	20
2.1 TINTA ACÚSTICA	20
2.2 CIRCUITO PARA GERAÇÃO SONORA	22
2.3 TESTES E RESULTADOS	23
3 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

São exigidos para residências um isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, ou seja, fazer com que o som emitido não passe entre elas, caracterizando de forma direta o comportamento acústico dos ambientes. Em obras já finalizadas, utiliza-se como forma de melhorar o conforto acústico e obter o resultado das exigências normativas, sobre o desempenho das unidades de uma edificação, elementos como: painéis acústicos, móveis posicionados de forma estratégica, tapetes e cortinas, pois estes auxiliam como barreiras das ondas sonoras, reverberando e absorvendo parte do som.

Contudo, viu-se que em prédios habitacionais, mesmo com estes recursos é possível ouvir ruídos aéreos em paredes de unidades ao lado ou entre paredes adjacentes, essa forma de ruído é emitida por qualquer fonte a qual gere o som e seja transmitida pelo ar, tal como, conversas, impactos, tráfego aéreo e urbano, música, entre outras formas.

A NBR 15575-4 (Edificações Habitacionais – Desempenho), coloca em evidência o desempenho mínimo em dB para paredes em diferentes contextos de uma unidade habitacional, dessa forma, a tinta elaborada utilizou essas métricas para que as vibrações provindas da energia restante provocada pelo som fossem mínimas. O som, é provocado por uma fonte que realiza uma vibração em forma de ondas, classificadas como energias mecânicas – energia associada a um objeto – a qual quando colidem com uma barreira, como uma parede, parte de sua energia reverbera, outra é absorvida pelo objeto, e ainda há a passagem através dele, chamado ruído transmitido, o intuito deste trabalho é minimizado.

O método de pesquisa utilizado foi o de experimentação, em que se realizou experimentos com a mistura de tintas junto do material acústico vermiculita, para analisar a possibilidade da diminuição da transmissão das ondas sonoras incididas sobre paredes de bloco cerâmico, comumente utilizado em construções brasileiras. Assim, estudou-se o som e as características dos materiais os quais fariam as ondas serem absorvidas pelo projeto de tinta, especificando durante os tópicos ao decorrer do trabalho as pesquisas e resultados.

Dessa maneira, após as análises dos testes e dos estudos efetuados, a pesquisa foi um sucesso apesar de não obter os resultados específicos esperados, e percebe-se que ao ser elaborado e dar-se continuidade pode gerar resultados positivos para a área da engenharia, na construção de casas com tecnologia que

promove melhor conforto acústico ou qualidade acústica dos ambientes próximos ou não de um edifício, logo, melhora também a qualidade de vida e a privacidade de moradores de edificações em áreas urbanas, que atualmente vivenciam um problema chamado de poluição sonora, considerada o excesso de ruídos em espaços, sendo assim, a tinta acústica é uma alternativa para apurar o convívio em cidades.

1.1 ACÚSTICA E PROPAGAÇÃO DO SOM

“A Acústica é a ciência do som, incluindo sua geração, transmissão e efeitos” (BISTAFA, 2018, p.6), o som, é a onda mecânica proveniente de perturbações, as quais podem ser de frequências baixas ou altas, que o classificará em audível ou não ao ouvido da maioria dos seres humanos. Ademais, este tem algumas definições quanto a sua forma de propagação, sendo elas: sons subaquáticos, sons em sólidos e sons transmitidos em sólidos. O primeiro é a onda sonora transmitida ou produzida no meio aquático, como ondas do mar, chuva e até mesmo atividades sísmicas. Já os sons em sólidos são aqueles que são gerados e propagados de forma direta através de um objeto, enquanto o som transmitido por sólidos refere-se ao ruído originado em outro meio e se propaga por um sólido para chegar ao ouvinte. O tipo de som estudado neste Trabalho de Conclusão de Curso se refere àquele que é nomeado como transmitido, já que o principal objetivo desta pesquisa é atenuar o ruído proveniente de fontes externas que chegam ao ouvinte através de sólidos, neste caso, as paredes de uma residência.

Uma das formas em que a classificação do som transmitido se aplica, é o ruído aéreo. Esta forma de som indesejado é caracterizada pelas ondas sonoras que se propagam pelo ar e ao entrar em contato com paredes, pisos e tetos ocasionam vibrações que serão direcionadas ao outro lado, implicando diretamente na qualidade de vida das pessoas que estão próximas a locais onde os níveis de ruído ultrapassam o limite do confortável.

1.1.1 Decibel

O decibel (dB) é a unidade de medida fundamental do som, criada com o objetivo de mensurar a quantidade de som que certa fonte sonora está emitindo.

Dessa forma, também pode ser denominada amplitude ou volume, sua medição se dá de forma logarítmica, a qual seus valores sempre irão variar de acordo com essa escala, aumentando exponencialmente de acordo com a intensidade do som, ou seja, cada aumento de 10 dB em uma escala de decibéis, representa o aumento de 10 vezes a quantidade do nível de pressão sonora (NPS).

Comumente o ouvido humano tem uma faixa de audição que permite ouvir sons de 0 dB até 120 dB, sendo respectivamente o limiar da audição e o limiar da dor, pois o primeiro é o som mais baixo que pode ser escutado e o segundo representa o limite máximo suportado, a partir deste valor uma exposição mínima já resultaria em danos auditivos severos, podendo acarretar a perda da audição imediata. A maioria dos sons ouvidos cotidianamente não são altos o suficiente para causar danos auditivos, entretanto, alguns ruídos urbanos acabam por causar desconforto aos ouvintes, já que sua intensidade ultrapassa o nível de 85 dB, onde um nível de exposição prolongada pode resultar em problemas auditivos. Para efeito de comparação, conversas em ambientes fechados, mas ainda em tom confortável possuem em média 60 dB, ao passo que caso o volume aumente, esse valor pode ser ainda mais alto.

Tabela 1 - Análise dos níveis de ruído

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MAXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: AreaSeg, NR-15 Atividades e operações insalubres, 2021

1.2 CONFORTO ACÚSTICO

O conforto acústico em um ambiente caracteriza-se pela sua qualidade sonora, onde ruídos indesejados serão reduzidos ou eliminados para promover uma melhor experiência aos seus usuários, por meio do controle de reverberação do som.

Devido à expansão urbana, surgiu-se a necessidade de controlar a intensidade dos ruídos emitidos pelas cidades, que interferem diretamente na qualidade daqueles que vivem neste meio, dessa forma, para reduzir a incidência da poluição sonora é utilizada a NBR 10152, tendo como objetivo definir os níveis de pressão sonora aceitáveis em ambientes internos de edificações para garantir o conforto acústico. A norma apresenta as faixas de níveis de pressão sonora em decibéis (dB) para diferentes tipos de ambientes internos, como residências, escolas, hospitais, escritórios, restaurantes, hotéis, entre outros, cada um tendo seu respectivo critério. Como o objetivo deste trabalho se dá pela necessidade da redução de ruídos em residências, a faixa utilizada como parâmetro para os testes presentes neste documento será a recomendada referente a esses ambientes.

1.2.1 Nível de pressão sonora

Para conferir o conforto acústico, mede-se o nível de pressão sonora que se encontra em um ambiente submetido à ondas de som. Essa é a medida logarítmica da intensidade do som, representada pela interferência das ondas sonoras que criam uma pressão no ar, desta forma pode-se encontrar a medida em decibéis do ruído percebido pelo ouvido humano em um ambiente, seja ele residencial ou não. Sua equação é dada por:

$$L_j = 20 \log_{10} (P/P_0)$$

Em que:

L_j é o nível de pressão sonora;

P é a pressão sonora efetiva que se está a medir.

P_0 é a pressão sonora de referência, que representa o limite da audição humana. No ar, este valor é definido como 20 micropascals (μPa) ou $20 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$.

1.2.2 Tempo de reverberação (TR)

Outra medida necessária para determinação mais completa e objetiva de um ambiente ou material confortavelmente acústico é o tempo de reverberação, ou em outras palavras, o tempo que o som leva para decair 60 dB após um emissor de ondas sonoras ser desligado. Este resultado pode determinar o quanto do som demora para se dissipar no local, sendo que pela NBR 12.179/1992 - Tratamentos acústicos em ambientes fechados - estabelece-se um tempo necessário para a palavra falada de acordo com a frequência de 500 Hz em determinado valor volumétrico e possui-se um método de medição desse valor e a partir dele pode-se classificar um ambiente como bom ou ruim no quesito de ruídos internos de um local.

Figura 1 - TR ótimos por norma



Fonte: Avaliação da qualidade acústica do auditório universitário , 2019.

1.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO

O isolamento acústico é uma junção de materiais e técnicas construtivas que levam a uma redução da propagação do som no ambiente. O objetivo principal desta técnica é criar-se uma barreira física que impeça a reverberação do som de um ambiente ao outro garantindo assim mais conforto acústico.

O funcionamento do isolamento acústico está ligado a densidade de um material, pois quanto mais denso este for, mais difícil será para a onda sonora atravessá-lo. Dessa maneira, as técnicas utilizadas são de extrema importância, pois o isolamento funciona de duas maneiras, com a reflexão e absorção.

A reflexão atua sobre materiais com superfícies rígidas e pesadas (como tijolos e concreto) que fazem o som bater e voltar, refletindo a maior parte das ondas sonoras. Já a absorção, com outros materiais, como as lãs minerais e espumas, têm estruturas porosas que capturam a energia sonora e a transformam em calor, dissipando-a e impedindo que ela continue se propagando. Assim tendo uma variedade de materiais para serem utilizados ao criar-se um isolamento acústico.

1.4 VERMICULITA

A vermiculita expandida é um silicato hidratado laminado de alumínio e magnésio que, quando submetido a calor, expande-se formando flocos sanfonados que aprisionam células de ar inerte em sua estrutura. Essa morfologia lamelar e altamente porosa confere ao material excelentes propriedades de isolamento acústico, pois o ar confinado atua dissipando a energia sonora e reduzindo a velocidade de propagação do som.

Estudos publicados demonstram que a vermiculita expandida apresenta capacidade significativa de absorção sonora. A pesquisa comparou vermiculita crua e expandida e concluiu que, graças à sua estrutura porosa, as ondas sonoras são refletidas e dispersas internamente até serem absorvidas, esse comportamento é semelhante ao de câmaras anecóicas, ou comumente chamada, câmara silenciosa.

Em compostos de espumas de poliuretano com adição de vermiculita (5 % em peso), foi atingido coeficiente de absorção próximo a 0,87 em 1 000 Hz, mostrando que a incorporação mineral melhora o desempenho acústico, deslocando o pico de absorção para frequências mais baixas e oferecendo simultaneamente isolamento térmico e resistência ao impacto.

No âmbito construtivo, uma pesquisa conduzida pela UNISINOS avaliou o desempenho acústico de paredes de alvenaria com blocos cerâmicos de 14 cm, comparando unidades com e sem preenchimento das cavidades com vermiculita expandida. Os ensaios seguiram a norma ISO 10140:2010 e demonstraram um aumento no índice ponderado de redução sonora (R_w) de aproximadamente 5 dB

quando a vermiculita foi utilizada. Em amostras com revestimentos internos e externos, chegaram-se a valores de R_w próximos a 50 dB.

A explicação técnica para esse comportamento vem da combinação de fatores: a alta porosidade proporciona múltiplas micro interações entre as ondas sonoras e a estrutura interna do material; a forma granular lamelar dispersa as ondas em várias direções, reduzindo ressonâncias; e a massa superficial relativamente baixa diminui a reflexão direta, enquanto aumenta o amortecimento interno.

Portanto, a vermiculita expandida destaca-se como material acústico eficiente devido à sua leveza, estrutura porosa e lamelar, que juntas promovem absorção e amortecimento sonoro de forma eficaz. Ela é especialmente vantajosa como preenchimento em sistemas construtivos de alvenaria com blocos vazados, em que reduz ressonâncias internas e melhora o isolamento global.

Figura 2 - Comparação das granulometrias da vermiculita



Fonte: Portal da Acústica, 2025.

1.5 CÂMARA REVERBERANTE

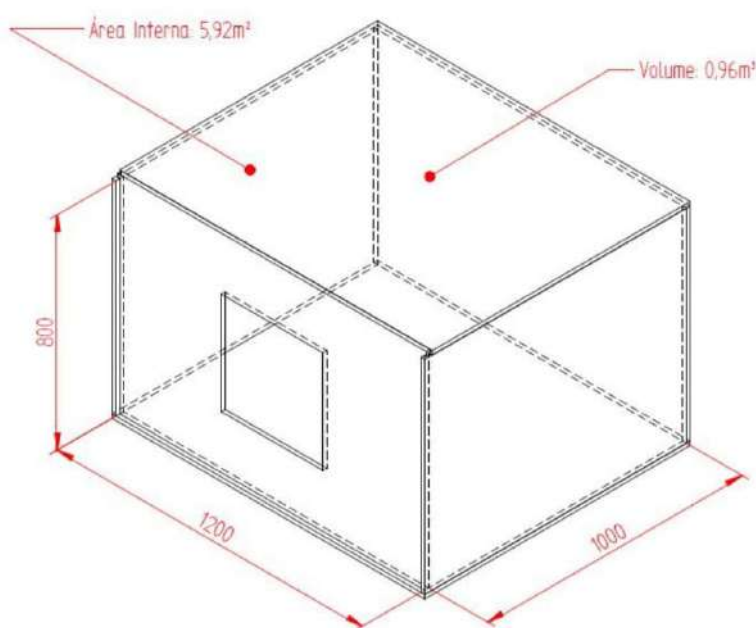
A medição da reverberação da tinta desenvolvida necessitou ser realizada em um ambiente controlado e adequado para análise dos resultados. Assim, a construção de uma câmara reverberante se fez necessária. No entanto, a criação ou uso de uma sala reverberante profissional mostrou-se inviável. Diante disso, optou-se por uma câmara em escala reduzida. Após encontrar um projeto viável para a fabricação de um ambiente adequado ao experimento, deu-se início à execução da câmara, realizada por uma projetista e um marceneiro profissionais que aceitaram a proposta de construção.

A câmara reverberante utilizada para a medição da tinta desenvolvida é a mesma criada pelo aluno Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt, do Instituto

Federal do Espírito Santo, campus São Mateus, como projeto a ser apresentado em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Esta buscou seguir, sempre que possível, as normas ISO 354 — Medição da Absorção Sonora em Câmaras Reverberantes; ISO 3741 — Determinação de Níveis de Potência Sonora em Câmaras Reverberantes; e ISO 140 — Medição em laboratório de isolamento sonoro aéreo de elementos de edificação.

O objeto de ensaio utilizado foi fabricado mediante a tais medições: 2 placas de MDF com 1,00 x 0,80 m; 2 placas de 1,20 x 0,80 m; e duas placas de 1,00 x 1,20 m. Uma das chapas de 1,20 m x 0,80 m, recebeu um recorte de 0,50 x 0,50 m centralizado, que posteriormente recebeu uma chapa de policarbonato transparente com uma borracha de câmara de ar em seu entorno para vedação, a fim de possibilitar a visualização do experimento em andamento durante as medições.

Figura 3 - Projeto da Câmara Reverberante



Fonte: Desenvolvimento de Câmara Reverberante em escala alternativa para determinação de qualidade acústica de materiais, 2017.

Figura 4 - Câmara Reverberante real



Fonte: Do próprio autor, 2025.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 TINTA ACÚSTICA

A Tinta em sua composição básica apresenta componentes como aditivos, pigmentos, resinas e solventes, os quais irão conferir, película de proteção, cor, textura, resistência e entre outros aspectos variáveis de acordo com a intenção para sua utilização. A adição da vermiculita como aglomerante confere textura e espessura, isso possibilita a redução da transmissão sonora, pois proporciona um aumento da barreira que a onda sonora terá de percorrer, gerando maior conforto acústico conforme sua aplicação, podendo assim ser uma variante no mercado das tintas, ampliando ainda mais suas opções de funcionalidade dentro de uma residência.

Almeja-se com o desenvolvimento da tinta, atingir os níveis de conforto acústicos definidos por norma ao ser aplicada em ambientes residenciais, onde são exigidos por volta de 35 decibéis de acordo com a NBR 10.152/2017 - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

Para alcançar esse objetivo misturou-se a uma tinta acrílica convencional pigmentada na cor marrom, 106,00 gramas de vermiculita com granulometria de 425

µm e 21,10 gramas dos grãos mais finos recolhidos após a peneiração completa dos 1,08 quilogramas de vermiculita que possuímos inicialmente, totalizando 127,10 gramas da mesma para adicionar na composição de meia lata de tinta, correspondente a 1,8 litros, fez-se esse processo com peneiras granulométricas de malhas indicadas na figura 4, a fim de utilizar os grãos mais finos na composição do projeto principal deste trabalho, permitindo fazer a análise do desempenho da vermiculita expandida com os corpúsculos mais miúdos fornecidos no mercado, tornando a tinta uma opção vendável no cenário da construção civil já que a textura e os grãos são menos visíveis e mais agradáveis visualmente. A mistura desses materiais se deu com a utilização de um misturador de forma a tornar mais homogênea a concatenação da tinta. Resultando na maior eficiência de suas propriedades acústicas.

Figura 5 - Peneiras granulométricas



Fonte: Do próprio autor, 2025.

Figura 6 - Granulometrias e quantidades obtidas em cada uma



Fonte: Do próprio autor, 2025.

2.2 CIRCUITO PARA GERAÇÃO SONORA

Para gerar o som em diferentes frequências exigidas aos testes, foram utilizados: alto falantes; fonte de alimentação; placa lógica com potenciômetro; capacitor; gerador de frequências e osciloscópio. Estes componentes foram colocados em um circuito que gerará as frequências e suas variações, controláveis a partir do potenciômetro e do gerador de frequências.

Figura 7 - Placa Lógica



Fonte: Do próprio autor, 2025.

2.3 TESTES E RESULTADOS

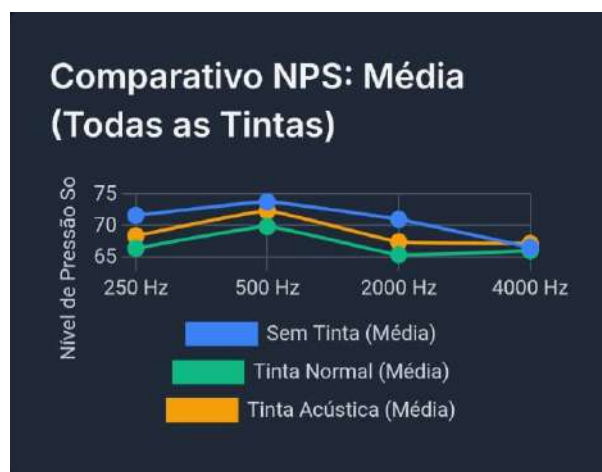
O primeiro ensaio com a Câmara Reverberante se deu com esta vazia, a fim de aferir suas capacidades de reverberação e possibilitar a futura comparação pós resultados com a tinta à ser desenvolvida neste Trabalho de Conclusão de Curso.

Todos foram realizados com o objetivo de obter as informações de pressão sonora dados por um decibelímetro (sonômetro), após colocá-lo sobre frequências constantes no ambiente controlado e fora desse ambiente - para aferir o ruído transmitido - que foram realizados de 250 Hz a 4 kHz, exigidos pela ISO 354:2003, pois essas faixas são consideradas representativas para a avaliação da absorção sonora de materiais acústicos em ambientes internos, onde se utiliza medições em bandas de um terço de oitava, abrangendo a faixa de 100 Hz a 5.000 Hz.

As medições foram realizadas a partir da montagem de um circuito, do qual uma caixa de som é inserida na parte interna do ambiente controlado, ela é ligada ao gerador de frequências, as quais são controladas na parte externa, enquanto os sons são transmitidos constantemente dentro da câmara fechada. O sonômetro foi utilizado para aferir o NPS, que ultrapassava o interior da câmara, por isso foi alocado a 1 (um) metro de distância dela, sendo este experimento realizado igualmente em todas as faces externas da câmara.

O teste gerou os seguintes resultados, compilados na tabela:

Tabela 2 - Teste de NPS externo compilados



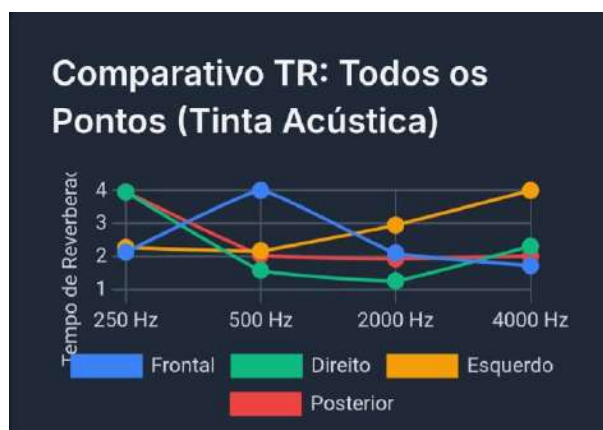
Fonte:Do próprio Autor, 2025.

Estes resultados permitiu entender que a tinta com vermiculita não diminuiu o nível de pressão sonora externa, acredita-se que isso se deve ao fato de a tinta ter

fechado os poros da vermiculita, tornando-o menos porosa, uma característica que auxilia materiais a serem acústicos, logo, isso acontecendo influenciou o material a não reduzir o resultado do teste realizado, outra hipótese levantada é que a espessura de duas demãos não foi o suficiente para resultados significantes, pois quanto maior a massa ou barreira formada, mais isolante se torna o material. Repara-se na tabela que o maior nível detectado foi o sem tinta alguma, enquanto que o da tinta acrílica com a vermiculita é o segundo maior, analisando isso contou-se que a tinta pode ser absorvente, ou seja, ela reduz a reflexão interna do som, e não isola o som dentro do ambiente, isso significa que internamente o NPS fica mais agradável, mas ainda é transmitido para o lado externo, o que seria incômodo para edificações que possuem paredes adjacentes.

Além dos testes referentes à pressão sonora, também realizou-se os experimentos para obter o valor do tempo de reverberação. Para tal foi colocado um emissor de som ao centro da caixa ligado a placa lógica que intermediava a informação do gerador de frequências e o próprio emissor. Dessa forma, a partir dessas ferramentas, seguindo o que a norma prediz sobre o tempo de reverberação, ligou-se esse circuito a frequências de 250Hz até 4kHz e permaneceu com este ligado até que o valor do decibelímetro chegasse a estabilização - por volta de 30 (trinta) segundos - , após isso a fonte de som foi desligada e contabilizou-se o tempo em segundos para decair 60dB. Por meio desses valores foi possível calcular o tempo de reverberação e conferir se estava de acordo com o exigido pela tabela dada na norma descrita no tópico 1.2.2 deste trabalho, assim como verificar se a fórmula da tinta com a vermiculita aplicada, em duas demãos, pôde elevar a excelência dos resultados e permitir dizer que a tinta possui propriedades que tornam o ambiente de uma edificação confortável acusticamente. A partir disso, foi elaborada uma tabela comparativa entre o TR sem tinta, com duas demãos de tinta normal e com duas demãos de tinta com a vermiculita, como observa-se abaixo:

Tabela 3 - Teste de TR compilados



Fonte:Do próprio Autor, 2025.

Com a análise dessa tabela constou-se que a vermiculita se concentrou mais em alguns pontos, comprometendo a homogeneidade da aplicação e, portanto, dos resultados, nota-se este aspecto ao visualizar a linha referente ao lado esquerdo da caixa em comparação ao posterior, enquanto um houve a redução do tempo de reverberação de uma forma constante o outro obteve um aumento, o que significa que a tinta, apesar do impasse com a espessura e falta de homogeneidade aplicada, tem base científica e realmente pode reduzir a quantia de oscilações no ambiente e que em certas frequências ela é melhor, visualizando a tabela revelada, vê-se que em frequências intermediárias de 2000 Hz a maioria dos testes reduziu, em descompasso com o restante, em que há pelo menos um dos testes chegando a 4 (segundos) de reverberação, contra indicado pela NBR 12.179/1992 - Tratamentos acústicos em ambientes fechados.

Posto isso, levando em consideração a absorção do som que é influenciada pelas ondas sonoras, pôde-se chegar ao pensamento de que o teste funcionou melhor para frequências intermediárias por conta da interação entre o comprimento de onda e a sua amplitude com o material, para sons mais graves esse comprimento é maior, enquanto que para as mais agudos a onda tem uma amplitude elevada, o que dificulta a absorção do som pela vermiculita, contudo, com uma granulometria maior ou até mesmo a utilização de um tipo de tinta diferente poderia culminar num resultado melhor e poder aferir a tinta o título de acústica.

3 CONCLUSÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo desenvolver uma tinta com propriedades redutoras da reverberação sonora, utilizando a vermiculita como componente principal da formulação. A pesquisa foi conduzida por meio de revisão bibliográfica e ensaios experimentais, buscando verificar a influência do material nas propriedades acústicas do revestimento.

Os resultados obtidos demonstraram que, apesar de a tinta formulada com vermiculita não ter apresentado redução significativa no nível de pressão sonora (NPS) em relação à tinta comum, o estudo contribuiu para compreender o comportamento do material quando aplicado em uma base líquida. Em relação ao tempo de reverberação (TR), observou-se que a tinta acústica apresentou variações pouco expressivas, indicando que a modificação na composição não foi suficiente para alterar de forma relevante a absorção do som no ambiente.

Verificou-se, que embora a vermiculita possua características físicas favoráveis à absorção sonora — como leveza e porosidade — sua eficiência depende de fatores como granulometria, proporção na mistura e espessura da camada aplicada. Ainda que os resultados experimentais não tenham evidenciado melhorias consideráveis no TR e no NPS, a pesquisa permitiu identificar limitações e propor novas abordagens para aprimorar o desempenho acústico da tinta.

Conclui-se, portanto, que a formulação desenvolvida representa um passo inicial na busca por soluções acessíveis para o conforto acústico em edificações. Embora os resultados não confirmem uma melhora significativa na absorção sonora e no tempo de reverberação, o trabalho demonstrou viabilidade experimental e contribuiu para o avanço do conhecimento sobre o uso de minerais expandidos em revestimentos usados em edificações, abrindo caminho para estudos futuros com diferentes proporções e técnicas de aplicação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: acústica – medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. Disponível em:

877<https://www2.uesb.br/biblioteca/wp-content/uploads/2022/03/ABNT-NBR10151-AC%C3%9ASTICA-MEDI%C3%87%C3%83O-E-AVALIA%C3%87%C3%83O-DE-N%C3%8DVEL-SONORO-EM-%C3%81REA-HABITADAS.pdf>. Acesso em: 28 mai.

2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação – citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. Disponível em: NBR 10520 Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Acesso em: 16 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em:

https://www2.ufjf.br/ppgsaude/files/2008/10/nbr_14724_apresentacao_de_trabalhos.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: edificações habitacionais – desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Disponível em: https://360arquitetura.arq.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR_15575-4_2013_Final-Sistemas-de-vedações-verticais-internas-e-externas.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: https://www.fera-al.com.br/public/_ARQ/downloads/download_385.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6024: numeração progressiva das seções de um documento escrito – apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em:

<https://cnm.paginas.ufsc.br/files/2020/02/ABNT-NBR-6024.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

BISTAFA, Sylvio R. Acústica aplicada ao controle do ruído. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2018. 436 p. ISBN 978-85-212-1284-3. Disponível em: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788521212843_A47215016/preview-9788521212843_A47215016.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

BORGES, Lígia Cardoso. Avaliação da qualidade acústica de auditórios. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2019, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: SEMESP, 2019. Disponível em: <https://conic-semesp.org.br/anais/files/2019/trabalho-1000004224.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

CASARIN, Ricardo. Energia mecânica: o que é, como funciona e aplicações. Portal Solar, 26 jun. 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-mecanica>. Acesso em: 04 jun. 2025.

CASA DO RESTAURADOR. Vermiculita expandida 250 µm, 125 ml [produto]. Casa do Restaurador. Disponível em: <https://loja.casadorestaurador.com.br/restauracao/auxiliares-restauracao/vermiculita-expandida-125-ml-250-microns>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CENTRO PAULA SOUZA. Manual de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) nas Etecs [recurso eletrônico]. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2022. Disponível em: https://bkpsitecpsnew.blob.core.windows.net/uploadsitecps/sites/18/2022/08/Manual_TCC_Etecs_2022_2ed.pdf. Acesso em: 09 jul. 2025.

CP-CEM ARQ I Arquiteto. Propagação Do Som Parte 1 [vídeo]. YouTube, 2 fev. 2023. Disponível em: https://youtu.be/lmjJ23_DQJc?si=3xULggtA1g84kG1N. Acesso em: 12 mai. 2025.

DUARTE, Guilherme Solar da. Revestimentos termoacústicos. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Centro Paula Souza. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/29439/1/edi_2016_1_guilhermesolarduarte_revestimento_termoacusticos.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP. Vermiculita no Brasil. [S.l.: s.n.], 2001. Disponível em:

<http://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/vermiculita-no-brasil.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

GEOLOGY SCIENCE. Vermiculita: propriedades, tipos e aplicações. Disponível em: <https://pt.geologyscience.com/minerais/fosfatos/vermiculita/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

HENRIQUE, Fábio. ABNT NBR 10152:2017 – Emissões sonoras definidas para ambientes internos [vídeo]. YouTube, 2022. Disponível em:

https://youtu.be/oWRXB0leXCI?si=_x3L2LNbXUiceu55. Acesso em: 09 jul. 2025.

HENRIQUE, Fábio. Tratamento de dados envolvendo a NBR 10151 [vídeo].

YouTube, 2022. Disponível em:

<https://youtu.be/7XcFpKA8Hh4?si=W6FXMH1i9LcMwsbU>. Acesso em: 09 jul. 2025.

NETO, Maria de Fátima Ferreira; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Conforto acústico entre unidades habitacionais em edifícios residenciais de São Paulo, Brasil. In: Conferência Ibero-Americana de Acústica, 2008, Coimbra. Anais [...]. Coimbra: Sociedad Española de Acústica, 2008. Disponível em:

<https://documentacion.sea-acustica.es/publicaciones/Coimbra08/id033.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

OLIVEIRA, M. F. et al. Desempenho acústico de paredes: influência do preenchimento de blocos cerâmicos com vermiculita expandida. *Acústica e Vibrações*, v. 33, n.º 50, p. 65–74, dez. 2018. DOI: 10.55753/aev.v33e50.87.

Disponível em: https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/ae50_paredes.

Acesso em: 23 jul. 2025.

POLATSCHEK KOPPERSCHMIDT, C., E. Desenvolvimento De Câmara Reverberante Em Escala Alternativa Para Determinação De Qualidade Acústica De Materiais. Acesso em: 9 jul. 2025.

Refratil. Vermiculita Expandida – aplicações e traços. Disponível em:

<http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida-aplicacoes-e-tracos/> .

Acesso em: 24 jul. 2025.

Research, Society and Development. Absorção acústica de placas de vermiculita expandida. *RSD Journal*, v. 11, n.º 13, e527111335630, 2022. DOI:

10.33448/rsd-v11i13.35630. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/rsd/article/download/35630/29966/395707> . Acesso em: 24 jul.

2025.

SILVA, Rafaela Malta Teixeira da. Análise dos componentes químicos de tintas acrílicas nacionais a partir de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. 2023. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Conservação e Restauração) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <http://pantheon.ufrj.br/handle/11422/23542>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SVANTEK. Energia sonora: definição, características e medição. Academia

SVANTEK. Disponível em: <https://svantek.com/pt/academia/energia-sonora/>. Acesso em: 28 mai. 2025.

Vermiculita. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Vermiculita> . Acesso em: 23 jul. 2025.