



**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS ACÚSTICOS
UTILIZADOS PARA UMA EDIFICAÇÃO DE CULTOS RELIGIOSOS -
ESTUDO DE CASO**

CURITIBA
2017



JAQUELINE RODRIGUES RIBEIRO

JÉSSICA PUEL

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS ACÚSTICOS
UTILIZADOS PARA UMA EDIFICAÇÃO DE CULTOS RELIGIOSOS -
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Orientador: Prof. Msc. Mauricio Bianchini.

CURITIBA
2017

DEDICATÓRIA

“Aos nossos pais,
que nos propiciaram uma vida digna onde
pudéssemos crescer, acreditando que tudo é
possível, desde que sejamos honestos, íntegros
de caráter e tendo a convicção de que desistir
nunca seja uma ação contínua em nossas vidas;
que sonhar e concretizar os sonhos só dependerá
de nossa vontade.

À nossa família, pelo carinho e apoio
dispensados em todos os momentos que
precisamos”.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, que mais do que nos proporcionar uma boa infância e vida acadêmica, formaram os fundamentos do nosso caráter e nos apontaram uma vida eterna. Obrigada por serem nosso exemplo, a nossa referência de tantas maneiras e estarem sempre presentes na nossa vida de uma forma indispensável. Quero reafirmar aqui todo nosso amor, toda nossa cumplicidade e todo nosso agradecimento pelos ensinamentos de vida, sem dúvida sem vocês não seríamos nós e não teríamos chegado até aqui.

Aos nossos familiares, pela companhia constante e tão querida, sacrifício ilimitado em todos os sentidos, orações, palavras, abraços e aconchego.

Aos amigos de perto e de longe, pelo amor e preocupação demonstrados ao longo dessa caminhada.

Aos amigos que fizemos durante o curso em especial aqueles que sempre estiveram ao nosso lado, pela paciência e amizade verdadeira que conquistamos. Sem a companhia e a amizade de vocês, essa caminhada não teria sido tão gratificante.

Aos nossos professores, por terem nos guiado na conclusão deste trabalho com seus ensinamentos, e com certeza contribuíram muito para nossa formação profissional.

Ao nosso orientador Prof. Msc. Maurício Bianchini, pelo desprendimento e paciência em ter nos orientado neste momento.

Muito obrigada, nunca será suficiente para demonstrar a grandeza do que recebemos de vocês. Peço a Deus que os recompense à altura.

E é a Ele que dirigimos nossa maior gratidão. Deus, mais do que nos criar, deu propósito à nossa vida. Vem dele tudo o que somos, o que temos e o que esperamos.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS ACÚSTICOS UTILIZADOS PARA UMA EDIFICAÇÃO DE CULTOS RELIGIOSOS - ESTUDO DE CASO

Por

JAQUELINE RODRIGUES RIBEIRO

JÉSSICA PUEL

**TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO DE
OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.**

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Mauricio Bianchini MSc.

Kirke Andrew Wrubel Moreia MSc.

Cesar Henrique Sato Daher MSc.

RESUMO

Este trabalho realizado para a conclusão da Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, descreve todo um embasamento teórico relacionado ao tema de vedação acústica em edificações de cultos religiosos. Trata-se de uma igreja de pequeno porte, que anteriormente foi construída no método de alvenaria convencional e por estar alocada em área de preservação ambiental precisou ser demolida no ano de 2014. Analisado todo o contexto, no intuito de melhorar o conforto acústico, foi reconstruída no método de steel frame, com utilização de manta de lã de rocha, esquadrias de alumínio com vidros fixos, telhas sanduíche e forro mineral. Foi realizada uma pesquisa a campo, utilizando um questionário, e medições da intensidade de som emitidos durante alguns momentos do culto. Observa-se que os diagnósticos apresentados neste trabalho, apontam algumas percepções onde foi possível chegar a um índice satisfatório de conforto ambiental acústico em relação à emissão de ruídos pela igreja construída no novo sistema, e conseqüentemente absorvidos pela vizinhança. Com as necessidades ambientais emergentes, há uma preocupação em questão de conforto tanto para os fiéis que estão diretamente envolvidos, quanto à vizinhança que indiretamente sofre o impacto quando não levado em conta suas necessidades, torna-se viável e proveitoso este estudo. Os resultados levaram a sugerir que sejam feitos novos estudos, abordando a acústica interna e a utilização de equipamentos e instrumentos emissores de som, buscando analisar parâmetros que gerem mais conforto aos usuários.

Palavras chave: Vedação acústica; igreja; conforto ambiental; vizinhança.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - EXEMPLOS PARA DETERMINAÇÃO DA SENSÇÃO AUDITIVA.....	23
TABELA 2 - MEDIÇÕES REALIZADAS NA EDIFICAÇÃO DE CULTO RELIGIOSO.....	38
QUADRO 1 - QUESTIONÁRIO.....	39
TABELA 3 – RESPOSTAS DOS VIZINHOS.....	40

LISTA DE IMAGENS

FIGURA 1 - PROPAGAÇÃO DE ONDA SONORA.....	22
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DE REFLEXÃO, ABSORÇÃO E TRANSMISSÃO SONORA.....	25
FIGURA 3 - FACHADA IGREJA ANTIGA.....	33
FIGURA 4 - SUPRA ESTRUTURA E OSB EXTERNO.....	35
FIGURA 5 - FECHAMENTO INTERNO E LÃ DE ROCHA.....	35
FIGURA 6 - ESQUADRIAS.....	36
FIGURA 7 - DECIBELÍMETRO.....	37
FIGURA 8 - MAPA ESQUEMÁTICO DE LOCALIZAÇÃO DA IGREJA E VIZINHOS.....	39

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - FREQUENCIA DE SOM.....	22
EQUAÇÃO 2 - VELOCIDADE DO SOM.....	24

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	2
AGRADECIMENTOS	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE IMAGENS	7
LISTA DE EQUAÇÕES.....	8
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA.....	12
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. Objetivo Geral.....	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	13
1.4.1. Tecnológicas	13
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais.....	14
1.4.4. Ecológicas.....	15
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. CARATERIZAÇÃO ARQUITETÔNICA DE TEMPLOS RELIGIOSOS	16
2.1.1. Antecedentes Históricos	16
2.1.2. Idade Contemporânea.....	17
2.1.3. Igrejas Evangélicas.....	18
2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SONS PROPAGADOS E INTERFERÊNCIA DOS RUÍDOS EXTERNOS DURANTE OS EVENTOS RELIGIOSOS.....	19
2.3. PRINCÍPIOS DE ACÚSTICA	21

2.4. DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO ACÚSTICO.....	26
2.4.1. Lã de vidro.....	27
2.4.2. Lã de rocha.....	27
2.4.3. Vermiculita	28
2.4.4. Espuma elastomérica.....	29
2.4.5. Fibra de coco.....	29
2.5. CONFORTO AMBIENTAL	29
3. ESTUDO DE CASO	32
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO ANALISADA.....	32
3.2. ANÁLISE ACÚSTICA.....	36
3.3. PESQUISA COM VIZINHOS	38
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXO A.....	46

1. INTRODUÇÃO

O conforto acústico é uma das características mais determinantes ao bem-estar e conforto do ser humano, sendo também prejudicial à saúde quando se expõe o órgão auditivo por barulhos contínuos. Além disto, constitui crime segundo o Artigo 42 da Lei de Contravenções Penais, no capítulo referente à paz pública diz que perturbar alguém, o trabalho ou o sossego alheio, com gritaria ou algazarra, abusando de instrumentos sonoros, são proibidos o dia todo e não somente após as 22h00m, com pena de detenção de 15 dias a três meses ou multa (BRASIL, 1941).

Foi estudado em particular os sistemas de vedação acústica de um templo religioso de pequeno porte, que foi construído pensando em atingir uma classificação de semi acústica¹, a fim de verificar dentre os diversos detalhes, quais se enquadraram melhor aos templos religiosos. Levando em consideração as peculiaridades dos projetos arquitetônicos destes templos.

Devido à maioria dos templos serem construídos com métodos tradicionais, este estudo busca avaliar se o uso do *steel frame* com adição de manta de lã de rocha no fechamento da obra, esquadrias de alumínio de vidro fixo, telhas sanduíche e forro mineral, proporcionam melhor vedação acústica em relação à alvenaria convencional.

Com a conscientização, estudos técnicos e adaptação deste tipo de obras, será possível atingir uma melhor harmonia entre fiéis e pessoas que residem, trabalham ou transitam próximo às igrejas, sendo que outro fator importante é o respeito ao direito de credo de cada pessoa, sem que se obrigue alguém a ouvir uma ideologia, e não o direito de ouvi-la por livre escolha (FERNANDES, 2002).

¹ Semi acústica: Condição que inibe a propagação de som, de meio interno para meio externo, através da utilização de materiais vedantes ou de fechamento.

1.1. PROBLEMA

São eficientes os sistemas de vedação utilizados para reduzirem o nível de ruídos emitidos durante os cultos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Verificar a redução de propagação sonora a partir da implementação de determinados sistemas de vedação, focando a edificação de um pequeno templo de cultos religiosos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Verificar as características arquitetônicas do templo religioso escolhido para o estudo.
- Realizar medições e pesquisa local.
- Determinar a satisfatoriedade dos vizinhos, nos âmbitos da propagação sonora emitida pela igreja.
- Detalhar e especificar quais itens da arquitetura e se os materiais estudados contribuem efetivamente nos resultados.

1.3. HIPÓTESE

Com materiais adequados e utilizados corretamente em obra é possível diminuir significativamente os ruídos gerados nos cultos, reduzindo assim o impacto na vizinhança.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

Tendo em vista os avanços tecnológicos no ramo da construção civil, o tratamento acústico é uma das formas de evolução das edificações. Nota-se ao longo do tempo que a edificação de templos religiosos vem se aprimorando com intuito de gerar maior conforto a seus fiéis e vizinhança. Os sistemas de vedação acústica são fundamentais não só ao conforto interno e externo, mas também ao cumprimento de leis ambientais e de lei de contravenção penal.

Segundo Moscati (2013), os espaços destinados à comunicação verbal, ou musical, como igrejas ou templos, deveriam em seu projeto de arquitetura considerar a acústica como condicionante importante para o conforto ambiental, tanto internamente, como no entorno da edificação, buscando soluções através de novos materiais, layout do espaço e infraestrutura.

A utilização de superfícies refletoras no forro, com orientação tal que as ondas refletidas atinjam os ouvintes, com intervalos de tempo reduzidos em relação ao som direto também é uma solução considerável quanto ao tempo de reverberação, que quando não considerado gera desconforto (COSTA, 2003).

1.4.2. Econômicas

O não cumprimento das leis que envolvem problemas acústicos pode levar desde a interrupção das atividades até o fechamento do estabelecimento e,

além disto, gerar multas significativas. O tratamento acústico é necessário a fim de que se evitem eventuais transtornos. Segundo a lei N° 10.625, da Prefeitura Municipal de Curitiba, Secretaria do Meio Ambiente determina:

Art. 19 – Os valores das multas serão expressos em moeda corrente nacional e para cada tipo de infração, corresponderá: I. Nas infrações leves - até R\$ 5.300,00 (cinco mil e trezentos reais). II. Nas infrações graves – de R\$ 5.301,00 (cinco mil trezentos e um reais) a R\$ 10.700,00 (dez mil e setecentos reais). III. Nas infrações gravíssimas - de R\$ 10.701,00 (dez mil setecentas e um reais) a R\$ 18.000,00 (dezoito mil reais) (CURITIBA, 2002).

1.4.3. Sociais

Ao dar importância a temas como este promove-se melhor aceitação da liberdade de expressão religiosa, afinal estas expressões não interferirão mais na tranquilidade dos vizinhos a partir do momento em que os sons dos cultos ou eventos religiosos não mais incomodem. Promovendo assim o convívio saudável das pessoas de diferentes credos e ideologias.

Quem provoca incomodo aos vizinhos com qualquer tipo de som alto está sujeito ao que dispõe o Artigo 42 da Lei das Contravenções Penais - Decreto Lei 3688/41, federal, que trata de pena com prisão simples, de quinze dias a três meses, ou multa, de dois mil reais a duzentos mil reais. O enunciado deste artigo elenca as seguintes transgressões: perturbar alguém, o trabalho ou o sossego alheios com: gritaria ou algazarra; exercendo profissão incômoda ou ruidosa, em desacordo com as prescrições legais; abusando de instrumentos sonoros ou sinais acústicos; provocando ou não procurando impedir barulho produzido por animal de que tem a guarda (BRASIL, 1941).

1.4.4. Ecológicas

Um dos aspectos do tratamento acústico de um ambiente é combater a poluição sonora, como cita o Artigo 54 da Lei de Crimes Ambientais, que criminaliza o fato de “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana” (BRASIL, 1998).

Promovendo o equilíbrio entre a vizinhança e templos, conseqüentemente é possível minimizar impactos consideráveis à saúde de ambos, e futura intervenção de órgãos competentes que podem gerar prejuízos que poderiam ser evitados estudando o meio e aplicação de técnicas uteis previamente.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A produção deste estudo dar-se-á em três etapas, como descrito a seguir:

a) Detalhar as características do templo antigo construído em alvenaria, e as do novo templo, construído no sistema de *steel frame* e materiais que contribuíram na vedação acústica.

b) Realizar medições a campo, a fim de quantificar a emissão de ruídos durante o culto religioso, e demonstrar nos resultados a retenção destes ruídos contando com os materiais empregados no sistema como: lâ de rocha, esquadrias de alumínio e vidro fixo, forro mineral e portas com barras anti-pânico (permitindo ficarem fechadas durante o culto).

c) Pesquisar em campo sobre a aceitação do novo templo, quanto ao conforto acústico gerado na vizinhança, avaliando a propagação dos ruídos emitidos durante os cultos e atividades gerais da igreja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARATERIZAÇÃO ARQUITETÔNICA DE TEMPLOS RELIGIOSOS

2.1.1. Antecedentes Históricos

A essência da busca pelo sagrado confunde-se com o próprio nascimento da humanidade. E gradualmente, em concordância com a época vivida e a cultura de cada agrupamento, foram se intensificando e se ajustando aos diversos modos de manifestar esta noção do sagrado. Em consequência desta organização passou a existir a necessidade do “lugar sagrado” e surgiram os templos dedicados à adoração, à submissão e celebração do poder divino (SCOTTA, 2010).

As igrejas cristãs se originaram das sinagogas, que consistiam em espaços para formação de grupos de estudo e oração, e funcionavam como centros de encontro para a comunidade. As sinagogas se originam da época do Tabernáculo, descrito no Antigo Testamento, e são as raízes históricas das igrejas cristãs (BÍBLIA, Êxodo, 26, 1-37).

O Tabernáculo consistia em uma grande tenda transportável, utilizada como um espaço sagrado de reunião, no qual acreditava-se ocorrer uma maior proximidade entre Jeová, os sacerdotes judeus e o povo. Foi inaugurado no ano 1512 a.C. próximo ao Monte Sinai. Posteriormente ao Tabernáculo surgiu o primeiro templo, que foi construído pelo exército babilônico, edificado pelo Rei Salomão, filho do Rei Davi, e terminado pelo Rei Nabucodonosor, em 607 a.C. O segundo Templo foi erigido em 516 a.C. por Zorobabel, com o apoio do Rei Ciro, o Persa. Não tinha, porém a mesma riqueza que o Templo de Salomão, mas perdurou por cerca de 500 anos, foi incendiado e destruído pelos romanos no ano 70 da era Cristã. Hoje restam apenas suas fortificações, conhecidas como o Muro das Lamentações, em Jerusalém (JEWIS HENCYCLOPEDIA, 2002).

Não há menção em documentos históricos da acústica dos templos, porém a grandiosidade da arquitetura dos templos devido às suas dimensões faz supor um local reverberante. A música no templo é mencionada em escrituras sagradas, como a Bíblia, que cita a presença do canto e o uso de instrumentos de percussão, cordas e sopro durante os cultos religiosos.

No Império Romano Ocidental, a arquitetura de igrejas se caracterizou pelo uso do domo na cobertura de áreas retangulares ou poligonais. Os materiais inicialmente utilizados na construção foram o tijolo, com papel estrutural, e o mármore para revestimentos (BENÉVOLO, 1993).

Com relação à arquitetura dessas igrejas, os exteriores são simples, mas os interiores são revestidos com decorações de mármore e com mosaicos: os acabamentos planos e coloridos se desenvolvem até cobrir e transformar as estruturas da edificação (BENÉVOLO, 1993, p. 204-205).

2.1.2. Idade Contemporânea

A igreja Herz Jesus do arquiteto Allmann Sattler Wappner, concluída no ano 2000 em Munique, Alemanha, representa um modelo da arquitetura religiosa contemporânea. Foi projetada em geometria cúbica, com a igreja inserida em uma caixa de vidro, e composta com painéis móveis e modulares revestidos em madeira que proporcionam qualidade acústica ao ambiente e o controle de entrada de luz natural. A igreja possui poucos elementos decorativos no seu interior, e as paredes laterais são compostas pelos painéis móveis e modulares, que funcionam como absorvedores acústicos e elemento de controle da entrada de iluminação natural e radiação solar. O mobiliário é composto por bancos de madeira revestidos em espuma e tecido, o piso é em pedra, e o forro em gesso com iluminação artificial embutida (SCOTTA, 2010).

No século XX, o Concílio Vaticano II, entre os anos de 1962 e 1965, realizou alterações na Igreja Católica, com o objetivo de atualizá-la. Dentre as

mudanças efetuadas, as que influenciaram a acústica e a importância da inteligibilidade da fala nas igrejas foram as seguintes:

- Posição do púlpito, antes nas laterais da nave de onde o celebrante se dirigia à congregação, passou a ficar no altar;
- Posição do celebrante no púlpito era de costas para os fiéis, a celebração e a homilia passaram a ser proferidas de frente para os fiéis com o sacerdote no altar;
- As orações deixaram de ser em latim e passaram a ser proferidas no idioma local de cada igreja;
- Nas igrejas modernas deixaram de ser construídos altares laterais, que nas igrejas antigas ajudavam na difusão sonora (SOUZA, 2016).

A arquitetura de igrejas contemporâneas é caracterizada internamente por superfícies planas, sem elementos decorativos, ou quase imperceptíveis do ponto de vista acústico, em contraste com as igrejas mais antigas, do início do século XX ou anteriores (SOUZA, 2016).

Na década de 1920, com o surgimento dos primeiros aparelhos eletrônicos para amplificação sonora, alto-falantes e microfones, deu-se início a utilização de recursos de amplificação sonora para a voz e instrumentos musicais, de uma forma geral. Nas igrejas os alto-falantes distribuídos nas paredes ou colunas funcionavam como várias fontes, de forma que o som direto chegasse mais facilmente aos ouvintes (SCOTTA, 2010).

2.1.3. Igrejas Evangélicas

Três tipos de atividades deveriam ser levadas em conta ao projetar acusticamente uma igreja evangélica. Existem a palavra falada do púlpito para a congregação, o canto congregacional, e a performance da música originada do palco e ouvida pela congregação. Igrejas evangélicas por contemplar música e discurso são espaços multiuso e o design acústico e eletroacústico sempre será uma necessidade. O pé direito deve estar entre 3 e 4,5 metros para a congregação

poder ter retorno do que cantam, isso significa reflexões de volta na congregação na faixa de 16 a 24 milissegundos reforçando o canto. Se as reflexões sonoras forem produzidas mais cedo que 16 milissegundos, elas serão percebidas como irritantes e se forem mais tardias poderão ser ouvidas como sons independentes, como ecos (JONES, 2011).

O ideal é que o teto seja irregular para provocar um som mais difuso e não simplesmente reto. A difusão é importante na melhor distribuição do som gerado no palco para a congregação dando uma maior sensação de envolvimento para aqueles que cantam. Se não for possível um pé direito das dimensões citadas, podem ser utilizados difusores pendentes no teto ou ainda refletores (SOUZA, 2016).

Há igrejas tradicionais que possuem um estilo arquitetônico de fácil reconhecimento. Também há outras improvisadas e instaladas, por exemplo, na parte térrea de pequenos prédios comerciais de dois andares ou em galpões onde, antes de serem adaptados para o funcionamento de uma igreja, funcionava algum tipo de estabelecimento comercial (SOUZA, 2016).

A necessidade de manter o quadro de seguidores de algumas igrejas tradicionais desencadeou uma busca por estratégias que evitassem a migração dos fiéis para outras denominações. A adesão de algumas igrejas a movimentos carismáticos surtiu bons resultados, mas em vizinhanças tranquilas, foram percebidas alterações de suas emissões sonoras. Por outro lado, o crescimento das igrejas evangélicas e o aumento dos níveis sonoros produzidos em muitas delas, aliou-se à falta de adequação acústica de seus prédios, para fazer surgir na cidade de São Paulo mais uma importante categoria de fontes de poluição sonora (GENARI, 2015).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SONS PROPAGADOS E INTERFERÊNCIA DOS RUÍDOS EXTERNOS DURANTE OS EVENTOS RELIGIOSOS

Os templos, como os demais locais de cultos e grandes audiências, independente do seguimento religioso, têm hoje o bem-estar e o conforto como preocupações constantes. É de grande importância que os utilizadores do espaço religioso tenham capacidade de ouvir e perceber com perfeição a mensagem emitida pelo seu orador. No entanto, além de do bem-estar e conforto de seus fiéis surge outra preocupação que é a de não perturbar a seus vizinhos, mantendo assim a cordialidade e respeito com todos (PINO, 2011).

O que se nota é a falta de percepção e preocupação de alguns líderes religiosos com este assunto, levando assim a ideia de que as igrejas tem algum tipo de vantagem em relação aos demais seguimentos que promovam barulhos em seus estabelecimentos (PINO, 2011).

Como grande parte destes templos não são projetados para que se evite a propagação de seu som, existe um conflito entre o direito de manifestação da fé e o direito de não participar indiretamente dos cultos, que neste caso não é respeitado em relação a todos que são obrigados a ouvir os cultos mesmo não estando no templo e fazendo parte daquela religião (PINO, 2011).

Dentre as queixas de quem diária ou semanalmente ouve os sons de eventos religiosos estão: instrumentos musicais, gritos e ensinamentos que contrariam suas crenças (PINO, 2011).

Segundo Fernandes (2007) não são somente os vizinhos os principais prejudicados com esta poluição sonora provocada nesses recintos, mas principalmente os fiéis que se expõem de forma inconsequente, podendo sofrer lesões tanto psíquicas quanto físicas relacionadas à pressão sonora (volume) no interior dos templos. Segundo levantamentos realizados com decibelímetro (medidor de intensidade sonora) no interior de algumas igrejas evangélicas por este pesquisador no ano de 2007, a maioria dos templos apresentaram níveis entre 95 e 110 dB(A). Apenas como parâmetro de comparação vale ressaltar que a intensidade sonora das turbinas de avião e jatos a curta distância chega a 120 dB(A), valor este que causa dor e está a apenas 30 dB(A) abaixo da intensidade que ocasiona a perda instantânea da audição: 150 dB(A)(CARVALHO, 2006).

No âmbito legal e institucional, o Brasil dispõe de alguns dispositivos editados tanto nas instâncias de poder Federal, Estadual e Municipal, além de algumas normas que servem como norteadoras do controle acústico de salas. Dentre os diversos dispositivos Federais destaca-se a Resolução do CONAMA 003 de 08/03/1990, que estabelece diretrizes para a conscientização da população brasileira sobre os prejuízos causados pela poluição sonora (BRASIL, 1990).

Os dispositivos que produzem ondas sonoras são chamados de fontes sonoras. Entre os que mais se destacam estão aqueles compostos por:

- Cordas vibrantes como violão, o piano, as cordas vocais etc.
- Tubos sonoros como órgão flauta, clarineta.
- Membranas e placas vibrantes tal como o tambor
- Hastes vibrantes como o diapasão, triangulo, etc (CARVALHO, 2006).

Pode-se caracterizar os sons a partir de sua intensidade, altura e timbre. A intensidade está ligada à quantidade de energia transportada pelo som. Desta forma, conforme a intensidade do som dizemos que ele é mais forte (a onda possui maior amplitude) ou mais fraca (a onda possui menor amplitude) (BARRETO, 2008).

A altura está relacionada com a frequência do som. Assim distingui-se os sons mais altos como os de maior frequência (mais agudos) e os mais baixos como os de menor frequência (mais graves). As notas musicais buscam agrupar diferentes frequências sonoras produzidas por um instrumento (PINO, 2011).

O timbre corresponde ao conjunto de ondas sonoras que formam um som. O timbre permite diferenciar diferentes fontes sonoras, por exemplo, é fácil perceber que o som de uma guitarra e de uma flauta são completamente diferentes (BARRETO, 2008).

2.3. PRINCÍPIOS DE ACÚSTICA

Acústica é a parte da física onde se estuda a produção, transmissão, recepção e efeito do som. Deriva-se da palavra grega akoustos, que significa escutar. O som é produzido por vários eventos diferentes antes de ser recebido pelo ouvido humano e têm-se como conceitos importantes a serem tratados: onda, amplitude, período e frequência (MASSA, 2001).

Onda, que é a variação periódica de uma grandeza física e é composta por:

- Crista: Pontos de maior intensidade, o topo da onda.
- Vale: Pontos de menor intensidade da onda.
- Nível Médio: Pontos entre as cristas e os vales.

A distância entre a crista ou o vale, e o nível médio, é chamada amplitude (y). Já a distância entre duas cristas consecutivas, ou dois vales consecutivos, é chamada de comprimento de onda (λ). Pode-se observar estas propriedades na figura 1 (VIANNA, 2008).

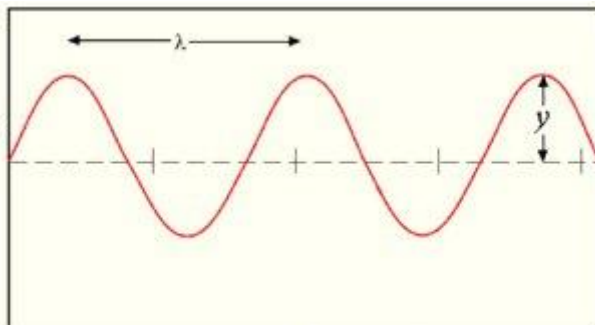


Figura 1 - Propagação de onda sonora
Fonte: Vianna (2008, p.1).

Onde:

λ - comprimento

y - amplitude

O tempo que uma oscilação leva para se repetir é chamado período (T), medido em segundos (s). A frequência (f) significa quantas vezes uma oscilação se repete por unidade de tempo, medida em Hertz (Hz). Dessa forma:

$$f = 1/t \quad (1)$$

Onde: f = frequência; t = período.

O Som é um fenômeno de grande predominância na vida cotidiana, sendo ele uma onda mecânica que apresenta intensidade e frequência mínimas para ser percebida pelo aparelho auditivo. Caracteriza-se como onda mecânica, uma onda que precisa de meios materiais, como o ar ou o solo, para se propagar. As frequências consideradas audíveis pelo ouvido humano ficam entre 16 Hz e 20000Hz (20kHz). Dentro desta faixa encontram-se a voz humana, instrumentos, musicais, alto-falantes, etc (VIANNA, 2008).

Abaixo de 16 Hz tem-se os infra-sons, produzidos por vibrações da água em grandes reservatórios, batidas do coração, etc.

Acima de 20 Hz estão os ultra-sons emitidos por alguns animais e insetos (morcegos, grilos, gafanhotos...), sonares, aparelhos médicos e industriais.

Os limites entre o limiar auditivo (mínima intensidade audível) e o limiar da dor (nível máximo de intensidade audível sem danos fisiológicos ou dor) vão de 0 dB e 130 dB (BARRETO, 2008).

Alguns valores estão representados na tabela 1:

Tabela 1 - Exemplos para determinação da Sensação Auditiva

Sensação Auditiva				
Limite de Audibilidade	0	Câmara Anecoica	Cosmo	Estação Orbital no espaço sideral
Muito Calmo	10-20	Estúdio de gravação, Quarto de dormir	Deserto	Submarino
Calmo	25-35	Conversação em voz baixa	Torneira gotenjando	Planados, Barco à vela
Relativamente Calmo	40-45	Consultório Médico	Vassoura varrendo calçada	Teleférico, transatlântico
Ruído frequente, mas suportável	50-75	Restaurante, voz a 0,6m	Rua residencial, concertos sinfônicos	Barco a motor, carro de passeio
Terrível de se fazer entender	85-100	Voz normal a 0,3m, grito a 0,6m	Vias de transporte, Rua com tráfego intenso	Ônibus Elétrico, Aeron sobrevoando
Difícil de suportar	105-110	Triturador de plástico	Estádio de futebol, Discoteca	Interior de metrô, ônibus
Limite Doloroso	120-140	Picadeiro de asfalto, Dinamitação	Fogos de Artifício, Explosão de dinamites	Avião a jato decolando

Fonte: Barreto (Acústica e Ruído Ambiente, 2008).

O som musical, por exemplo, provoca sensações agradáveis, e é produzido por vibrações periódicas, já o ruído, que provoca sensações desagradáveis, é produzido por vibrações aperiódicas. A grande maioria dos sons que chegam em nossos ouvidos são transmitidos pelo ar, que então age como meio de transmissão. Os sons bem audíveis ocorrem nas pequenas altitudes, nas maiores altitudes isto já não ocorre, devido ao ar ser menos denso (MASSA, 2001).

O ar denso é melhor transmissor do som que o ar rarefeito, pois as moléculas gasosas estão mais próximas e transmitem a energia cinética da onda de umas para outras com maior facilidade. Os sons não se transmitem no vácuo, porque exigem um meio material para sua propagação. Contudo, de maneira geral, os sólidos transmitem melhor o som que os líquidos, e estes melhor que os gases (MASSA, 2001).

A velocidade do som no ar é de 340 m/s. A fórmula que relaciona velocidade, amplitude e frequência sonora é:

$$V = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Onde:

V = velocidade do som

λ = amplitude

f = frequência

Quando o som atinge uma barreira, ele se divide por reflexão, absorção e transmissão. Dependendo das propriedades do material incidente e de seus coeficientes de reflexão, a energia sonora será absorvida e transmitida com intensidades diferentes. Assim, incidindo o som em uma parede, ele em parte será refletido, outra parte absorvida pelo material e o restante transmitido através da partição como mostra a figura 2 (SOUZA, 2016).

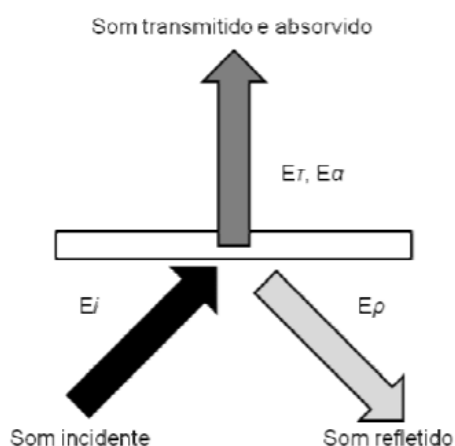


Figura 2 - Representação de reflexão, absorção e transmissão sonora
Fonte: SOUZA (2016, p. 20)

Pode-se dizer que: quanto maior a vibração da fonte, maior a energia sonora, logo: Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade do som. Isto significa que se a energia emitida pela fonte é grande, ou seja, se o som é muito forte, promove uma sensação desagradável no ouvido, pois a quantidade de energia transmitida exerce sobre o tímpano uma pressão muito forte (MASSA, 2001).

Sendo o som uma onda, este apresenta as seguintes características: reflexão, refração, difração, interferência e ressonância (PIASSI, 2001).

A reflexão ocorre quando uma onda sonora se propaga e encontra um obstáculo, incide sobre a barreira e retorna para o meio no qual estava se propagando, gerando então outros dois fenômenos, eco e reverberação. Já o eco ocorre quando o som refletido retorna à fonte depois da extinção total do som original (PIASSI, 2001).

A reverberação acontece quando o som refletido retorna à fonte antes que o som original tenha se extinguido, ou seja, ocorre o reforço do som emitido. E a refração consiste na mudança de uma onda sonora ao passar de um meio para o outro, alterando sua velocidade de propagação e comprimento de onda, mas mantendo constante a frequência (PIASSI, 2001).

Difração é o encurvamento sofrido pelos raios de onda quando esta encontra obstáculos à propagação, ou seja, quando se coloca um obstáculo entre

uma fonte sonora e o ouvido por exemplo, o som é apenas enfraquecido, não extinto. As ondas sonoras não se propagam somente em linha reta, mas sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram (PIASSI, 2001).

Interferência, fenômeno descrito pelo cientista inglês Thomas Young, consiste no recebimento de dois ou mais sons de fontes diferentes, podendo ser classificado em interferência construtiva e interferência destrutiva (PIASSI, 2001).

Interferência destrutiva ocorre quando as ondas não têm a mesma fase e possui caráter de aniquilação, SOM FRACO (PIASSI, 2001).

Interferência construtiva ocorre quando as ondas têm a mesma fase e possui caráter de reforço, ou seja, há a formação de uma onda maior que as que deram origem, SOM FORTE (PIASSI, 2001).

A Ressonância acontece quando um sistema físico recebe energia por meio de excitações de frequência igual a uma de suas frequências naturais de vibração. Assim, o sistema físico passa a vibrar com amplitudes cada vez maiores. Como exemplo, observa-se um caso muito famoso que foi o rompimento da ponte Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, em 7 de novembro de 1940. O vento começou a soprar em frequência igual à natural de oscilação da ponte, fazendo com que esta começasse a aumentar a amplitude de suas vibrações até que sua estrutura não tivesse mais capacidade de suportar, fazendo com que sua estrutura rompesse. Este caso pode ser considerado uma falha humana, já que o vento que soprava no dia que o rompimento aconteceu tinha uma frequência característica da região onde a ponte havia sido construída (PIASSI, 2001).

2.4. DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO ACÚSTICO

Os materiais utilizados para isolamento acústico podem ser classificados em convencionais e não convencionais. Os materiais convencionais são os materiais de vedação de uso comum dentro da construção civil, os

mesmos possuem uma série de vantagens. Uma das principais vantagens é o isolamento acústico razoavelmente bom para uso comum. Como exemplos destes tipos de materiais, cita-se: blocos cerâmicos; bloco de concreto/concreto celular; bloco sílico-calcário; madeira; vidro e etc (OLIVEIRA & UGARTE, 2004).

Os materiais não-convencionais são materiais desenvolvidos especialmente para isolar acusticamente diferentes ambientes. Geralmente, estes materiais também possuem algumas vantagens térmicas, como: lã de vidro; lã de rocha; vermiculita; espumas elastoméricas; fibra de coco (inovação ecológica) e etc (OLIVEIRA & UGARTE, 2004).

2.4.1. Lã de vidro

A lã de vidro é mundialmente reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos e acústicos. É um componente formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno. Devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função à porosidade da lã, a onda entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida. Suas principais vantagens são (ISAR, 2006):

É leve e de fácil manipulação; é incombustível, ou seja, não propaga chamas; não deterioram; não favorece a proliferação de fungos ou bactérias; não tem desempenho comprometido quando exposto à maresia; não é atacada nem destruída pela ação de roedores. O mercado oferece em forma de manta, do tipo manta ensacada com polietileno, manta aluminizada, manta revestida com feltro para construções metálicas e manta de fibro-cerâmica para tubulações e equipamentos com temperaturas elevadas (ISAR, 2006).

2.4.2. Lã de rocha

Conforme Salvador (SALVADOR, 2001), a lã de rocha é composta de fibras originadas de basalto aglomerado com resina sintética. As principais características deste material são: isolante acústico, isolamento térmico, incomburente, pH neutro, anti-parasita, não corrosivo e imputrescível; não nocivo à saúde, mas seu manuseio e aplicação deverá ser feito com vestuário e luvas adequadas; não poluente; considerável custo/benefício. A lã de rocha pode ser aplicada em forros, divisórias, em dutos de ar condicionados, em tubulações com baixas, médias e altas temperaturas de 50°C a 750°C (SALVADOR, 2001).

O mercado brasileiro oferece a lã de rocha em forma de painéis e mantas revestidas ou não, com plástico auto extingüível, de manta com *Kraft aluminizado*, de calhas e mantas com tela metálica para proporcionar maior resistência mecânica ao material (ISAR, 2006).

2.4.3. Vermiculita

É um mineral da família das micas (aluminossilicato hidratado, de ferro e de magnésio), constituído pela superposição de finas lamínulas que ao se submeter a altas temperaturas (cerca de 1000°C) se expande até vinte vezes do seu volume original, deixando um grande vazio em seu interior (OLIVEIRA & UGARTE, 2004). As principais características deste tipo de material são: baixa densidade que varia de 80 até 120kg/m³, baixa condutibilidade, incomburente, insolúvel em água, não é tóxico, não abrasivo, inodoro, não se decompõe, deteriora ou apodrece, etc. Segundo Oliveira et al. (OLIVEIRA & UGARTE, 2004), a vermiculita dentro da construção civil pode ser aplicada para: enchimento de pisos, isolamento termo-acústico em divisórias, forros, lajes e paredes, corta fogo, câmaras a prova de som, câmaras a prova de fogo, rebocos isolantes, etc.

Deve-se destacar ainda que o mercado oferece a vermiculita em forma de placas e blocos ou em forma de concreto leve de vermiculita expandida;

recomendado, para contra-piso, rebocos acústicos e como enchimento de excelente qualidade (ISAR, 2006).

2.4.4. Espuma elastomérica

Este material é uma espuma do poliuretano poliéster, auto-extinguível, que possui as seguintes propriedades: - tratadas com retardante a chama para melhorar sua propriedade quanto a segurança ao fogo; - estão protegidas contra mofo, fungos e bactérias. A espuma elastomérica é indicada para acústicas em escritórios, auditórios, salas de treinamento, salas de som. Este tipo de material é oferecido no mercado em forma de placas de diversas espessuras e dimensões (HEME, 2006).

2.4.5. Fibra de coco

A Fibra de coco (Corkoco) misturada ao aglomerado de cortiça expandido apresenta excelentes resultados na absorção de ondas de baixa frequência, dificilmente alcançados por outros materiais. A fibra de coco apresenta resistência e durabilidade cumprindo com as necessidades técnicas exigidas pelo mercado. Além de ser um material versátil e indicado para isolamento térmico e acústico, utiliza uma matéria prima natural e renovável (SENHORAS, 2005).

2.5. CONFORTO AMBIENTAL

Conforto Ambiental e Eficiência Energética estão fortemente conectados, e se ambos forem executados de forma correta a economia de energia chega à 70%. Por exemplo, se utilizado o tipo de vidro correto, pode-se

controlar a luz e o calor no interior das edificações, gerando assim maior conforto térmico e luminoso. Para obtermos conforto acústico é necessário que os projetos de estrutura, caixilharia, ar condicionado e interiores sejam compatibilizados, e estejam alinhados, otimizando assim o Conforto Ambiental (KRAUSE, 2006).

Temperatura, luz, acústica, visual, qualidade do ar interno e externo são alguns dos principais itens importantes que deverão ser considerados. Sendo assim, dentro do conceito do conforto ambiental é necessário entender esses três aspectos:

- Conforto térmico
- Conforto visual
- Conforto acústico (KRAUSE, 2006).

O conforto térmico tem como objetivo garantir um ambiente confortavelmente climatizado, onde a diferença entre a temperatura do ambiente e o corpo humano não gere desconforto para as pessoas que ali estiverem (PASSOLD, 2014).

O conforto visual é gerado pela correta iluminação dos seus ambientes, bem como o planejamento de quais cômodos terão maior ou menor incidência de luz solar e, conseqüentemente iluminação natural. Para obtenção de um conforto visual adequado, deve-se escolher lâmpadas que reproduzam adequadamente as cores e priorizar lâmpadas e luminárias que evitam o ofuscamento direto ou indireto. Deve-se ainda, lembrar também que a luz mais confortável para os olhos humanos é a luz natural, e esta necessita ser explorada ao máximo (PASSOLD, 2014).

Conforto acústico só existe quando há um mínimo de esforço fisiológico em relação ao som e a luz, ao calor e a ventilação para que então haja a realização de uma determinada tarefa. Quando as necessidades são atendidas, conseguimos um ambiente confortável proporcionando harmonia e bem-estar (KRAUSE, 2006).

Os principais pontos que devemos analisar para obtermos um bom conforto ambiental acústico são: o entorno (trafego); a arquitetura; o clima

(ventilação, pluviosidade); a orientação/implantação (materiais, mobiliário) (KRAUSE, 2006).

Vale ressaltar que em tudo na natureza existe propriedade acústica, porém a capacidade de absorção difere em função do material. Segundo Nakamura, a capacidade de absorção é quando, por meio de transformação vibratória em energia térmica, o material pode dissipar a energia sonora que incide sobre este (PASSOLD, 2014).

Devemos analisar muito bem a disposição e a escolha do material a ser utilizado para reduzir, corrigir ou eliminar ruídos. Paredes e forros que são recheadas com lãs minerais (lã de vidro e/ou lã de rocha) podem corrigir o tempo de reverberação do som, evitando assim problemas com a vizinhança por conta do barulho ocasionado nos cultos. Contudo, devemos tomar muito cuidado com os índices de absorção acústica, porque quando utilizados em excesso pode vir a impedir as pessoas de ouvir o culto na igreja de forma clara (PASSOLD, 2014).

Os ruídos que incomodam podem vir tanto de dentro quanto de fora da edificação, contudo a maior concentração de ruídos em um ambiente, geralmente vem do ambiente externo. Para isto existem soluções arquitetônicas, como as janelas acústicas que podem chegar até a seis camadas de vidro e câmara de vácuo ou gás argônio que amenizam esse problema, podendo serem instaladas sobrepostas às janelas da edificação sem alterar a fachada proposta. Outra solução bastante utilizada para amenizar os problemas com ruídos é a tecnologia *drywall*, um sistema de paredes em gesso acartonado que permite a construção das paredes internas de edificação, inclusive nas áreas úmidas, substituindo o uso de blocos e tijolos cerâmicos. A tecnologia *drywall* têm inúmeras vantagens, entre elas, o isolamento acústico, que pode ser controlado e melhorado acrescentando mais chapas ou lã mineral ao seu interior (PASSOLD, 2014).

Desta forma, fica cada vez mais evidente a importância do conhecimento de técnicas, processos e materiais utilizados para um melhor acondicionamento acústico dos ambientes. (KRAUSE, 2006).

É importante entender que se faz necessário uma mudança de comportamento nas atitudes e práticas diárias, tanto dos consumidores e

ocupantes de edificações quanto dos políticos e investidores, de implementar uma mudança real de paradigma que proporcione conforto ambiental, em níveis superiores aos encontrados hoje em ambientes condicionados, e maior eficiência energética. (KRAUSE, 2006).

3. ESTUDO DE CASO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO ANALISADA

No ano 2010, a igreja utilizada como base de nosso trabalho foi informada pela COHAB - Companhia de Habitação Popular de Curitiba, como sendo uma das edificações que atingiam a APP - Área de Preservação Permanente - do Rio Atuba, que passa ao fundo do terreno. Ao obter esta informação buscando, além disto, melhoria das instalações da igreja, tais como maior conforto e melhor estética, optaram pelo estudo de um novo formato que atendesse as necessidades dos fiéis, leis ambientais e demais órgãos fiscalizadores.

A partir de um projeto pré-aprovado pela COHAB, deu-se início à demolição no ano de 2014, e na sequência, a construção do novo modelo. Obra esta, que levou dois anos de execução.

A igreja em alvenaria possuía a área total de 187 m², contando com o templo, quatro salas de aula para os ensinamentos bíblicos, um refeitório e uma secretaria. No entanto, construída em alvenaria convencional. Sua base foi feita à partir de uma fundação convencional de estacas, blocos e vigas baldrames em concreto armado. No entanto, a área antiga ocupada não estava regular de acordo com o tamanho do terreno, e o novo modelo precisou ser diminuído, excluindo assim o refeitório e reduzindo o número de salas de aula.

Havia esquadrias basculantes e portas de ferro, que permaneciam abertas durante todo o culto, ou evento religioso. Além disto, as esquadrias já

estavam um tanto quanto danificadas, com o enferrujamento das peças e falta de alguns vidros que haviam se quebrado, quando fechadas não vedavam o ambiente com eficiência. Na figura 3, pode-se observar o modelo de esquadria utilizado, observa-se também a existência de uma ante parede na entrada principal do templo.



Figura 3: Fachada igreja antiga

O fato de usar-se como parâmetro a edificação antiga, possibilitou maior clareza quanto aos resultados. A partir disto, pôde-se estabelecer um comparativo, através da pesquisa a campo, da diferença quanto à percepção sonora dos cultos pela vizinhança, quando comentavam sobre a diferença de propagação sonora de um modelo em relação ao outro.

O novo modelo adotado para reconstrução foi edificado com o sistema de *steel frame*, executado a partir de uma fundação rasa sob a base de radier, em toda a região da construção foi executado um sistema de drenagem, com tubulação corrugada perfurada, manta geotêxtil para drenagem e pedra brita, ligado diretamente na rede coletora pluvial da rua.

Sua supra-estrutura foi compreendida em pilares e vigas feitos em forma de treliças, todas produzidas *in loco* com perfis de *steel frame*, de larguras 70 mm e 90 mm. O fechamento foi executado com placas OSB e sobrepostas

placas cimentícias, aplicação de fita telada e posteriormente emassamento das fitas e cabeças dos parafusos de fixação.

No vazio formado entre o fechamento interno e externo foi utilizado uma camada de lã de rocha, buscando assim aumentar a vedação acústica do templo. Todo este processo foi acompanhado por um profissional especializado em construções metálicas, que vistoriava periodicamente a execução, sendo que não havia projetos executivos específicos das peças, gerando assim maior preocupação e atenção ao decorrer da obra.

A empresa contratada contou com a mão-de-obra de um profissional especializado em *drywall* e *steel frame* que coordenava a equipe, e outros profissionais que executaram as atividades de drenagem do terreno, execução do sistema hidráulico, sanitário e instalações elétricas.

A cobertura foi executada com estrutura em *steel frame*, telhas sanduíche constituídas por duas telhas de zinco e uma camada de poliestireno de 50 mm, com densidade de 13/16 kgf/m³. As calhas tiveram seus condutores embutidos nas paredes, e em dois pilares falsos, usou-se platibandas para esconder a cobertura.

Na figura 4, é possível ver a disposição e tipos de treliças empregadas na estrutura da supra estrutura e cobertura, além disto nota-se também as placas de OSB que foram utilizadas externamente.

Na figura 5, observa-se a utilização das mantas de lã de rocha e o início da aplicação das placas OSB internas e *drywall*, nesta mesma figura têm-se a passagem de alguns eletrodutos para a instalação elétrica a ser realizada posteriormente.

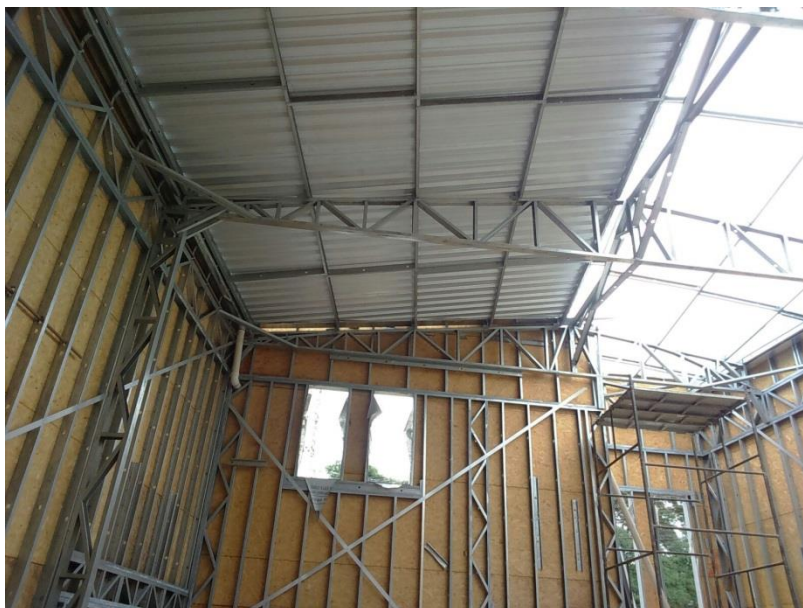


Figura 4: Supra estrutura e cobertura



Figura 5: Fechamento interno e lã de rocha

Nas portas, foram instaladas barras anti-pânico para garantir a segurança dos fiéis enquanto permanecem de portas fechadas durante os cultos. E por fim, foi empregado forro mineral com tratamento acústico, nas dimensões de 60 x 60 cm.

Observando a figura 6, pode-se notar o tipo de esquadria utilizada no modelo.



Figura 6: Esquadrias

A princípio, foram tomadas medidas simples e fáceis de executar, na tentativa de se inibir a propagação do som, do meio interno para o meio externo. Soluções estas, pensadas anteriormente, a fim de melhorar a convivência entre fiéis e vizinhos do templo religioso.

O projeto elaborado apresenta uma área de 146,95 m², sendo que foi executada inicialmente apenas a parte térrea excluindo o mezanino que será construído em outra etapa da obra. Pode-se analisar o projeto conforme o anexo A, onde constam todas as áreas incluindo o mezanino.

3.2. ANÁLISE ACÚSTICA

A medição foi realizada no dia 24 de setembro de 2016, sábado, durante um culto de liturgia comum, que acontece semanalmente das 19h30m às 21h30m. Sendo que, esta data foi escolhida por ser o culto que reúne maior número de fiéis durante a semana. Estavam presentes aproximadamente 163 pessoas.

Foi utilizado um decibelímetro da ICEL MANAUS - MODELO DL - 4020, conforme mostrado na figura 7.



Figura 7: Decibelímetro

Utilizando como base a NBR 10151 que direciona o procedimento para avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade, foram feitas seis medições, em três momentos diferentes, aos quais nomeio de: momento 1, momento 2 e momento 3. Para cada momento foi realizada uma medição no interior do templo, e outra no exterior do templo, a uma distância de 2 metros da porta principal do mesmo, que na ocasião ficava fechada para assim obter melhor resultado do estudo realizado.

Na Tabela 2, constam os valores coletados, afim de parametrizar com maior clareza a alteração de decibéis, quanto ao espaço interno em relação ao ambiente externo.

Tabela 2 - Medições realizadas na edificação de culto religioso

	Interno (dB)	Externo (dB)
Momento 1	94,3	67,1
Momento 2	92,5	66,5
Momento 3	90,7	64,3

Fonte: Autoria própria.

A vedação semi acústica utilizada na edificação em questão, apresenta bom desempenho, chegando a inibir 27,2 dB(A) da emissão interna para o exterior do templo.

Não levando em conta que o som propagado no interior da igreja apresentou picos muito elevados. A Organização Mundial da Saúde relata que ao ouvido humano não chega a ser agradável um barulho de 70 decibéis e, acima de 85 decibéis ele começa a danificar o mecanismo que permite a audição. Na NBR 10152, segundo aos dados da tabela 1 - valores dB(A) e NC, é possível verificar que índices acima de 50 dB(A) e 45 NC provocam desconforto sem necessariamente provocarem danos à saúde (BRASIL, 1987).

Na natureza, com exceção das trovoadas, das grandes cachoeiras e das explosões vulcânicas, poucos ruídos atingem 85 decibéis (MACHADO, 2004).

3.3. PESQUISA COM VIZINHOS

A pesquisa com os vizinhos aconteceu no dia 25 de setembro de 2016, e por não haver uma vizinhança muito numerosa, foram tomados os dados em sete residências mais próximas ao templo.

Pode-se observar a disposição dos vizinhos numerados na figura 3, que representa o mapa de localização da igreja.

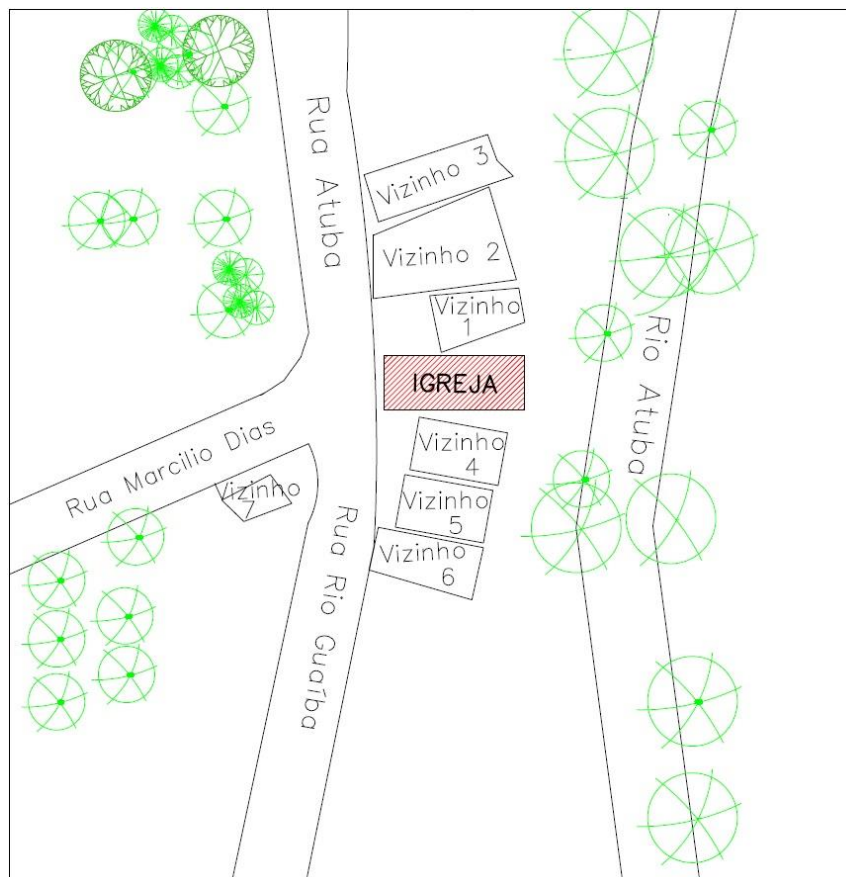


Figura 8: Mapa esquemático de localização da igreja e vizinhos

Para esta pesquisa foi utilizado o formulário mostrado a seguir no quadro 1, e foi aplicado pelas alunas durante o trabalho.

Formulário Padrão

Notas de 1 a 10

- 1) Qual intensidade do ruído gerado pela igreja antiga?
- 2) O quanto interferia na sua residência?
- 3) Qual a intensidade do ruído gerado pela nova igreja?
- 4) O quanto interfere na sua residência?

Quadro 1: Questionário

Fonte: Autoria própria.

Foi pesquisado o nível de aceitação com relação à emissão de ruídos transmitidos pela igreja, após a mudança do sistema de construção convencional para o novo sistema desenvolvido a fim de promover maior vedação acústica.

Relacionando as repostas 1 e 3 é possível entender qual a intensidade de som propagado anteriormente pelo templo de alvenaria convencional, e agora com o novo templo construído em *steel frame*. Nesta primeira comparação, obteve-se, à partir da subtração entre o maior e menor valor da média aritmética das respostas 1 e 3, que resultou uma diminuição de 6 pontos. Considerando também que dois vizinhos são confrontantes à igreja e deram as notas mais altas, devido à proximidade dos imóveis ao templo.

Na segunda comparação, foi observado o quanto o ruído produzido pela igreja interfere na vivência e conforto das residências, relacionando as respostas 2 e 4, do templo antigo e nova edificação respectivamente. Obteve-se o resultado calculando novamente a subtração entre o maior e menor valor da média aritmética das referidas respostas. Neste caso, não houve diferença considerável, pois a maioria das pessoas moram no local desde a inauguração do primeiro templo e já se acostumaram ao convívio entre moradores e igreja durante os cultos, o resultado do cálculo detalhado acima foi uma diminuição de 4,71 pontos.

A vizinhança é composta por crianças, adultos e idosos. No entanto, a maior parte dos moradores são adultos, com idades entre 20 e 50 anos.

Na sequência, a tabela 3 apresenta as respostas de acordo com seu número e vizinho.

Tabela 3 - Respostas dos vizinhos

Pergunta	1	2	3	4
Vizinho 1	9	6	3	3
Vizinho 2	8	6	2	1
Vizinho 3	8	5	2	1
Vizinho 4	9	9	2	2
Vizinho 5	6	7	1	1

Vizinho 6	7	6	1	1
Vizinho 7	7	5	1	2

Fonte: Autoria própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo desenvolvido, a partir dos parâmetros das normas de conforto ambiental acústico, detalhes de projeto, medição da emissão de ruídos *in loco* e resultado das pesquisas; constatou-se que os materiais propostos para esta edificação tiveram bom desempenho. No entanto, a satisfação foi de maior êxito com o meio externo, diminuindo a propagação dos ruídos, sendo que o conforto interno não apresentou melhoras devido à falta de tratamento acústico interno, e o uso não otimizado da aparelhagem de som.

Não se pode deixar de assinalar outros fatores expressivos no projeto da edificação, como o pé-direito mais alto que o modelo antigo, proporcionando assim maior conforto ambiental e sensação de amplitude.

Considera-se satisfatório o desempenho acústico do novo templo, quanto a minimização da propagação dos ruídos emitidos, contando com o uso de: manta de lã de rocha, esquadrias de alumínio com vidros fixos, telhas sanduíche e forro mineral. E de maneira simplificada empregou-se materiais de fácil acesso e utilização para projetos desta natureza.

A análise das respostas do questionário feito com a vizinhança, apresenta uma diminuição de 6 pontos na propagação dos ruídos emitidos pela igreja; e uma diminuição de 4,71 pontos quanto à inferência dos ruídos na residência das pessoas. Este foi um bom resultado, já que durante as perguntas notou-se contentamento dos moradores quanto à preocupação da igreja em gerar maior conforto acústico aos vizinhos.

Como sugestão para futuros trabalhos, há a necessidade de se fazer uma pesquisa para melhorar a acústica interna da edificação, desde uso adequado

de aparelhos sonoros quanto os materiais empregados como revestimentos e isolantes acústicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, Débora. **Acústica e Ruído Ambiente**, Salvador: Audium, 2008. Disponível em: <http://www.ceap.br/material/MAT14102011195119.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BENÉVOLO, Leonardo. **História da Cidade**. Perspectiva, 1993.

BÍBLIA. A. T. Êxodo. In: BÍBLIA. Português. **Bíblia sagrada: contendo o antigo e o novo testamento**. Tradução de João Ferreira de Almeida. Rio de Janeiro: Sociedade Bíblica do Brasil, 1966. p.678-686.

BRASIL. Lei das Contravenções Penais - Decreto-lei 3688/41 | Decreto-lei nº 3.688, de 3 de outubro de 1941. **Novo Código Civil Brasileiro**. Legislação Federal, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/11737484/artigo-42-do-decreto-lei-n-3688-de-03-de-outubro-de-1941>. Acesso em: 12 ago. 2015.

BRASIL. Lei de Crimes Ambientais - Lei 9605/98 | Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Novo Código Civil Brasileiro**. Legislação Federal, Brasília, DF. Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/104091/lei-de-crimes-ambientais-lei-9605-98#art-54>. Acesso em: 12 ago. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução CONAMA nº003**, de 28 de junho de 1990. Disponível em: file:///C:/Users/Jaque/Downloads/CONAMA_RES_CONS_1990_003.pdf. Acesso em: 30 ago. 2016.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.

CONAMA, RESOLUÇÃO nº 3, de 28 de junho de 1990. **Controle da Poluição do ar**. Legislação Ambiental, Brasília, DF. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1990_003.pdf. Acesso em: 12 ago. 2015.

COSTA, Ennio Cruz, **Acústica Técnica**. Editora Blücher, 2003.

CURITIBA. Lei municipal - Lei 10625/02 | Lei nº 10625, de 19 de dezembro de 2002. **Câmara Municipal de Curitiba**. Legislação Municipal, Curitiba, PR. Disponível em: <https://cm-curitiba.jusbrasil.com.br/legislacao/340832/lei-10625-02>. Acesso em: 12 ago. 2015.

FERNANDES, Davi. **Controle Sonoro**. 2007. Disponível em: http://www.musicaeadoracao.com.br/tecnicos/sonorizacao/controle_sonoro.htm. Acesso em: 10 jul. 2015.

FERNANDES, J. C. **Acústica e Ruídos**. Bauru, 2002.

GENARI, Elizeu S.; **Acústica Ambiente Externo às Igrejas**, 2015. 133 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-03102015.../eliseugenarirev.pdf. Acesso em: 23 jul. 2016.

HEME. Site Institucional da Empresa Heme Isolantes Térmicos & Acústicos Disponível em: <http://www.hemeisolantes.com.br/>. Acesso em: 18 jul. 2015.

ISAR. Site Institucional da Empresa ISAR – **Isolamentos térmicos. Lã de vidro** – Isolamento acústico. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.isar.com.br/>. Acesso em: 17 jul. 2015.

JEWISHENCYCLOPEDIA. The unedited full-text of the 1906 Jewish Encyclopedia. **The Kopelman Foundation**. 2002. Disponível em: <http://www.jewishencyclopedia.com/articles/14184-tabernacle>. Acesso em: 28 maio 2016.

JONES, D.R. Sound of worship: a handbook of acoustics and sound system design for the church. Elsevier, 2011.

KRAUSE, Cláudia B.; **Conforto Ambiental: O homem e suas necessidades**. 2006.

OLIVEIRA, LUCAS SANTOS MENEZES E; UGARTE, JOSÉ FERNANDES DE OLIVEIRA. **Utilização da vermiculita como adsorvente de óleo da indústria petrolífera**. Publicação do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XII_jic_2004. Acesso em: 10 jul. 2015.

MACHADO, Anaxágora Alves. Poluição sonora como crime ambiental. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 9, n. 327, 30 maio 2004. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/5261>. Acesso em: 29 jan. 2017.

MASSA, Luciano. *Apoio do Curso de Física*. Disponível em: <http://br.geocities.com/galileon/>, 2001. Acesso em: 12 jul. 2015.

MOSCATI, Sandra Rachel. **Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à Normalização**. São Paulo, 2013. 153 p.

NBR 10151 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6028: resumos. Rio de Janeiro, 2003. 3 p. (jun 2000).

NBR 10152 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6028: resumos. Rio de Janeiro, 2003. 3 p. (dez 1987).

PIASSI, Luís Paulo. *Scite*: Interage. 2001. Disponível em: <http://www.scite.pro.br/interage/principal.html>. Acesso em: 12 jul. 2015.

PINO, Joana S. O. **Estudo acústico de bancos de igreja**. 2011. 130 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil- Especialização em Construções) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/1773>. Acesso em: 10 jul. 2015.

SALVADOR, SOFIA. **Inovação de produtos ecológicos em cortiça**. Projeto apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal, 2001. Disponível em: http://www.dem.ist.utl.pt/~m_pta/pdf/SofiaSalvadorProjecto.pdf. Acesso em: 12 jul. 2015.

SCOTTÁ, L. Arquitetura religiosa de Oscar Niemeyer em Brasília. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: FAU-UNB, 2010.

SENHORAS, ELÓI MARTINS. **Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde**. Revista Urutagua, nº 05, Maringá, PR, 2005. Disponível em: http://www.urutagua.uem.br//005/22tra_senhoras.pdf. Acesso em: 12 jul. 2015.

SOUZA, INGRID KNOCHENHAUER **Performance acústica de uma igreja protestante de médias dimensões**. Florianópolis, SC, 2016. 101 p. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/164590/AC%C3%9ASTICA%20DE%20IGREJA%20PROTESTANTE_INGRID.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 abr. 2016.

VIANNA, L. B. **Acústica**. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/acustica/>. Acesso em: 20 abr. 2016.

ANEXO A