



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SANTANA
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
KLEYTON DE SENA SILVA**

CONFORTO ACÚSTICO NA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA.

Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá.

SANTANA-AP

2011

KLEYTON DE SENA SILVA

CONFORTO ACÚSTICO NA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA.

Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá.

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo, submetido à banca examinadora da Universidade Federal do Amapá, elaborado sob a orientação da Prof. (a) Msc.Ivanize C. S. Silva.

MACAPÁ-AP

2010

KLEYTON DE SENA SILVA

CONFORTO ACÚSTICO NA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA.

Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP como requisito final para obtenção do Grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Banca Examinadora:

Data: ____/____/____

Prof^ª. Msc. Ivanize C. S. Silva
Presidente da Banca e Orientadora
Professora Mestre em Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal do Amapá- UNIFAP

Prof^ª. Esp. Ana Karina Rodrigues
Primeiro Membro da Banca Examinadora
Professora Especialista em Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal do Amapá- UNIFAP

Prof^º. Msc. Jair Gomes
Segundo Membro da Banca Examinadora
Professor Mestre em Engenharia Civil
Universidade Federal do Amapá- UNIFAP

SANTANA-AP

2011

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- Introdução	5
1.1 Considerações Preliminares	5
1.2 Revisão Bibliográfica	6
1.3 Justificativa	9
1.4 Formulação do Problema	11
1.5 Hipótese	11
1.6 Objetivos	11
1.6.1 Objetivo Geral	11
1.6.2 Objetivos Específicos	11
1.7 Metodologia	12
1.7.1 Pesquisa Qualitativa	12
1.7.2 Pesquisa Quantitativa	13
CAPÍTULO 2- Arquitetura, Conforto e Acústica	15
2.1 Conceitos Fundamentais	15
2.2 Conforto Acústico	17
2.3 Conceitos Fundamentais da Acústica Arquitetônica	19
2.4 Propriedades Físicas do Som	23
2.5 Fenômenos de propagação do som	26
a) Reflexão, Refração e Absorção do Som.....	26
b) Difração do Som.....	27
c) Ressonância.....	29
d) Reverberação.....	30
e) Eco.....	30
f) Decibel e Percepção Auditiva	31
g) O ruído	33
2.6 A geometria e a onda sonora	36
2.7 Tratamento acústico	38
a) Isolação e Isolamento acústico.....	39

b) Absorção acústica.....	40
CAPÍTULO 3- Estudo de Caso.....	43
3.1 Templo Sede da Igreja Assembléia de Deus a Pioneira.....	43
3.1.1 Levantamento histórico e iconográfico.....	43
3.1.2 A influência dos aspectos urbanos do entorno da igreja.....	45
3.1.3 Análise do conforto acústico.....	48
a) Acústica Urbana.....	48
b) Acústica da Edificação.....	52
d) Tempo de Reverberação do Recinto.....	55
e) Proposta de Intervenção.....	58
3.2 Estudo de caso do templo da igreja Assembléia de Deus congregação- Sonho de Jacó.....	63
3.2.1 Levantamento histórico e iconográfico.....	63
3.2.2 A influência dos aspectos urbanos do entorno da igreja.....	63
3.2.3 Análise do conforto acústico.....	65
a) Acústica Urbana.....	65
b) Acústica da Edificação.....	69
d) Tempo de Reverberação do Recinto.....	72
e) Questionário Pós-ocupação.....	75
f) Proposta de Intervenção.....	79
CAPÍTULO 4 – Projeto de uma Igreja Evangélica para a congregação Sonho de Jacó.....	84
4.1 Programa de Necessidades.....	84
4.2 Partido Arquitetônico.....	87
CAPÍTULO 5 – Considerações Finais.....	100
5.1 Conclusões.....	100
5.2 Perspectivas de trabalhos futuros.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÊNDICE.....	106
ANEXO A.....	107
ANEXO B.....	108
ANEXO C.....	109

ANEXO D.....	110
ANEXO E.....	111
ANEXO F.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Teatro Grego e suas características.	20
Figura 2-Teatro Romano de Marcelo Promovido por Julio César em 13 e 11 a.C e sua Verticalidade.	20
Figura 3-Catedral de Colônia em Colônia na Alemanha.	21
Figura 4-Processo de Vibração das Partículas do ar.	24
Figura 5-Características gerais do som .	25
Figura 6-Comprimento de ondas e frequências correspondentes .	26
Figura 7-Processo de Reflexão, Absorção e Transmissão do som .	27
Figura 8-Difração do som para sons de alta frequência.	28
Figura 9-Efeito de Coincidência.	29
Figura 10-Prolongamento do som no ambiente .	30
Figura 11-Produção de Eco.	31
Figura 12-Intensidade sonora em Pa e dB.	32
Figura 13-Percepção auditiva.	32
Figura 14-Comportamento do som em superfícies côncavas.	37
Figura 15-Comportamento do som em superfícies convexas.	37
Figura 16-Sobreposição sonoras em superfícies de ângulos retos e agudos.	38
Figura 17-Laje Flutuante .	41
Figura 18-Projeto do Mini-Templo.	44
Figura 19-Foto do Templo em Fase de Conclusão.	44
Figura 20-Foto do Templo antigo de alvenaria .	44
Figura 21-Templo Principal .	44
Figura 22-Localização da área de estudo .	45
Figura 23-Variáveis de influência .	47
Figura 24-Uso do solo.	47
Figura 25-Localização dos pontos de aferição de intensidade sonora.	54
Figura 26-Isolamento da fachada.	58
Figura 27- Corte Longitudinal.	59
Figura 28-Localização do lote da Igreja.	63
Figura 29-Localização do lote da Igreja da Igreja Sonho de Jacó.	64
Figura 30-Localização dos pontos de aferição de intensidade sonora.	72
Figura 31-Planta baixa, com destaque para o Hall de entrada.	80
Figura 32-Corte longitudinal da Igreja, com destaque para a altura do forro.	81
Figura 33-Insolação durante o ano das fachadas da Igreja.	87
Figura 34-Insolação na Fachada Norte.	88
Figura 35-Insolação na Fachada Nordeste.	88
Figura 36-Insolação na Fachada Centro-Oeste.	89
Figura 37-Insolação na Fachada Sul.	89
Figura 38-Insolação na Fachada Sudeste.	90
Figura 39-Insolação na Fachada Oeste.	90
Figura 40-Setorização dos ambientes da Igreja.	91
Figura 41-Planta Baixa, fluxo de ventilação natural.	92
Figura 42-Corte longitudinal, fluxo de ventilação natural.	92
Figura 43-Corte longitudinal, reflexão sonora direcionada.	93
Figura 44-Planta de Paisagismo da Igreja.	98
Figura 45- Disposição da audiência em leque	99
Figura 46- Detalhe dos planos em série	99
Figura 47- Detalhe do forro acústico	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Medição de ruído da área externa a igreja A Pioneira.	49
Tabela 2-Medição de ruído da área externa a igreja A Pioneira.	50
Tabela 3-Isolamento dos materiais da igreja pra a freqüência de 500 hz.	53
Tabela 4-Medição de ruído interno com as fontes em questão.	53
Tabela 5-Medição De Ruído Interno Sem As Fontes Em Questão.	54
Tabela 6-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	55
Tabela 7-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.	57
Tabela 8-Isolamento dos materiais da igreja pra a freqüência de 500 hz .	59
Tabela 9-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	61
Tabela 10-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.	62
Tabela 11-Medição de ruído da área externa a igreja Sonho de Jacó.	66
Tabela 12-Medição de ruído da área externa a igreja Sonho de Jacó.	67
Tabela 13-Isolamento dos materiais da igreja pra a freqüência de 500 hz.	70
Tabela 14-Medição De Ruído Interno Com As Fontes Em Questão.	71
Tabela 15-Medição De Ruído Interno Sem As Fontes Em Questão.	71
Tabela 16-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	72
Tabela 17-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	74
Tabela 18-Isolamento dos materiais da Fachada para freqüência de 500Hz.	81
Tabela 19-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	82
Tabela 20-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.	94
Tabela 21-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.	95
Tabela 22-Isolamento da Fachada.	97
Tabela 23-Correção do Isolamento da Fachada.	97
Tabela 24-Atenuação total dos ruídos.	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Classificação das Freqüências	24
Quadro 2-Níveis máximos de som permissíveis, medidos em decibéis dB, onde se dá o incômodo pressuposto.	35
Quadro 3-Intensidade de Ocupação.	46
Quadro 4-Identificação das fontes e ruídos.	48
Quadro 5-Laeq (dB) dos veículos em função da quantidade na Terça e Quinta-Feira.	52
Quadro 6-Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A).	54
Quadro 7-Volume per capita em função da destinação do recinto.	56
Quadro 8-Intensidade de ocupação Para Igreja Sonho de Jacó.	64
Quadro 9-Identificação das fontes e ruídos.	65
Quadro 10-Laeq (dB) dos veículos em função da quantidade na Terça e Quinta-Feira.	69
Quadro 11-Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A).	71
Quadro 12-Volume per capita em função da destinação do recinto.	74
Quadro 13-Dados Brutos do questionário Pós-ocupação de Acústica .	75
Quadro 14-Volume per capita em função da destinação do recinto.	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Nº de veículos em função do horário na Terça-Feira.	50
Gráfico 2-Nº de veículos em função do horário na Quinta-Feira.	51
Gráfico 3-Laeq (dB) na área externa da Igreja em função do horário na Terça e Quinta-Feira.	51
Gráfico 4-Tipos de fonte sonoras e quantidade de veículos e intensidade sonora na Terça-Feira .	67
Gráfico 5-Tipos de fonte sonoras e quantidade de veículos e intensidade sonora na Quinta-Feira .	68
Gráfico 6-Laeq (dB) na área externa da Igreja em função do horário na Terça e Quinta-Feira.	69
Gráfico 7-Distribuição uniforme dos Questionários.	77
Gráfico 8-Integibilidade da fala e música.	77
Gráfico 9-Existência de Ruídos Externos.	78
Gráfico 10-Tipos de ruídos Externos identificados pelos usuários.	78
Gráfico 11-Relação entre Integibilidade e Posicionamento.	79
Gráfico 12-Characterização da População local.	85
Gráfico 13-Characterização da Religião Predominante.	85
Gráfico 14-Grau de Conhecimento da população sobre a Igreja.	86
Gráfico 15-Participação da População na Igreja.	86

CAPÍTULO 1- Introdução

1.1 Considerações Preliminares

A arquitetura como espaço planejado e construído tem como objetivo principal garantir o conforto ambiental para seus usuários. Através do ato de projetar, o arquiteto e urbanista assume o principal papel de delineador do espaço natural, por ser responsável pela transformação e adequação dos espaços criados em função da necessidade humana de proteção contra intempéries, saúde, bem-estar (conforto de forma geral).

Desde os primórdios da civilização é constatado que a arquitetura surge em função da constante necessidade do homem (necessidades humanas de proteção, segurança, religiosa, artística e ideológica) e talvez a principal delas seja o convívio em sociedade, através da cidade, como define Mumford.

“Antes da cidade, houve a pequena povoação, o santuário e a aldeia; antes da aldeia, o acampamento, o esconderijo, a caverna, o montão de pedras; e antes de tudo isso, houve certa predisposição para a vida social que o homem compartilha, evidentemente com diversas outras espécies animais.”(MUMFORD,2004,pg.11)

Atualmente como consequência das constantes ampliações das necessidades humanas houve um agravamento de problemas urbanos decorrentes das atividades do homem, e um desses problemas está ligado com a arquitetura, com a falta de planejamento e de comprometimento ou de conhecimento do arquiteto em não considerar esse parâmetro na concepção do projeto de arquitetura, que é a qualidade ambiental, principalmente o conforto acústico que é o objeto de estudo deste trabalho (VILLAR, 2009).

O som está presente em todas as atividades humanas, e atualmente está sendo motivo de várias divergências judiciais, pelas consequências físicas e psicológicas que apresentam no homem urbano como, stress, fadiga, dores de cabeça, doenças ocupacionais, perda auditiva, distúrbios cardiovasculares, dentre outros. Quanto aos aspectos psicológicos, a exposição ao ruído pode levar à perda de concentração e de reflexos, irritação permanente, perturbações do sono, sensação de insegurança, entre outros (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

O ruído é entendido como todo som indesejável à atividade de interesse mesmo que seja uma música (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006). Então, assim como no projeto de arquitetura, onde o arquiteto coleta uma série de dados (uso do solo, clima, topografia, legislação dentre outros), quando a acústica é considerada como parâmetro de projeto os principais fatores levados em consideração são os ruídos externos (acústica urbana) e internos (acústica de interiores) do projeto, fatores estes que na acústica arquitetônica são chamados controle de ruídos (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

Com base nesses pressupostos, este trabalho tem como objetivo central analisar a acústica de igrejas evangélicas na cidade de Macapá, pois a igreja possui um programa de necessidade específico que geralmente se restringe a duas atividades básicas, louvar e orar. A ação de louvar através da acústica exige um condicionamento específico diferenciado da ação orar, pois a música necessita de espaços com maior prolongamento do som, e já para a atividade de orar (culto) a exigência do espaço é menor quanto a permanência do som no ambiente. Então, através do controle de ruídos (acústica arquitetônica) o arquiteto poderá analisar a forma, volume e materiais para condicionar o ambiente acústico a uma boa qualidade sonora.

1.2 Revisão Bibliográfica

Neste trabalho de conclusão de curso serão apresentados alguns dos estudos referentes ao tema, contudo serão ressaltados aspectos referentes ao conforto ambiental.

NETO, Maria de Fátima Ferreira, estuda em 2002 barreiras acústicas ao ar livre, através do desempenho acústico e do conceito de qualidade sonora, com uma avaliação por aspectos objetivos (medidas físicas) e subjetivos (parâmetros psicoacústicos). Os resultados mostraram que o desempenho das barreiras nem sempre correspondem ao desempenho subjetivo, contudo reforça a idéia de que a barreira funciona como auxiliar para a redução de ruído ao ar livre.

KUSAKAWA, Marisa Shimabukuro em 2002 avalia a qualidade acústica de um shopping Center caracterizando-o desde a concepção da tipologia arquitetônica do espaço, identificando os principais elementos que conduzem as inadequações que trazem o desconforto aos usuários até a identificação das fontes geradoras de ruído calculando o tempo de reverberação do ambiente com resultados que ultrapassaram os valores permitidos pela NBR-10.1521(1987) finalizando com propostas de soluções a serem seguidas por arquitetos e planejadores de shopping Center.

OLIVEIRA, Nadia Freire argumenta em 2006 a necessidade de elaboração de um tratamento ou projeto acústico em escolas que ensinam uma língua estrangeira. A autora por meio de um estudo de caso analisa o desempenho acústico nas salas de aulas de dimensões reduzidas que visam a integridade através da técnica impulsiva que se baseia no princípio da resposta de um sistema ao impulso sonoro. Esta técnica permite além do cálculo do tempo de reverberação, o cálculo de outros parâmetros acústicos relacionados à integridade.

OGASAWARA, Ana Paula em 2006 avaliou o conforto acústico de salas destinadas a apresentações teatrais através de elementos de projetos arquitetônicos que influenciam a qualidade desses espaços para situações da palavra falada. Através da técnica impulsiva avaliou nível de pressão sonora, tempo de reverberação, clareza definição, tempo central, tempo de decaimento inicial e índice de transmissão da fala.

BRITO, Luiz Antônio Perrone .F em 2006 parte do princípio do agravamento da poluição sonora nas cidades causadas pelo ruído de tráfego e equipamentos na construção civil. Levando em conta esta necessidade o autor estuda as correções na determinação do nível de potência sonora através da medição de intensidade sonora pela técnica da intensimetria que determina o nível de intensidade sonora sem a necessidade de câmaras anecóicas que eliminavam os efeitos de reflexão, refração, absorção e difusão sonora produzidos pela parede e objetos em um ambiente fechado.

AZEVEDO, Mariane Brito apresentou em 2007 de forma clara e objetiva a importância da integração entre o conforto térmico, acústico e a eficiência energética através de um estudo de caso identificando problemas acústicos, de ventilação e uso inadequado dos materiais propondo diretrizes e intervenções necessárias para amenizá-los.

BOTTAZZINI, Marcelo Carvalho em 2007 analisou a influência das características arquitetônicas de nove igrejas barrocas em Minas Gerais verificando suas interferências na qualidade acústica e ao mesmo tempo promovendo documentação necessária para atender a demanda de profissional com informações técnicas. Para o autor a igreja deve atender duas funções básicas, ou seja, tem dupla finalidade, servir tanto para uso da palavra quanto para execução de músicas.

SILVA, Ivanize Cláudia S. em 2008 apresentou um estudo visando o conforto visual e a eficiência energética, através de um maior aproveitamento da iluminação natural gerenciados por meio de Redes Neurais Artificiais (RNA) com o objetivo de gerenciar a quantidade necessária de luz ao ambiente, acarretando maior conforto luminoso, eficiência energética e uma grande economia de energia elétrica. Um importante ponto de vista

apresentado na pesquisa é sobre RNA como parte do conceito de construções inteligentes que também pode ser aplicada nas variáveis termo-acústico completando assim o ciclo de conforto ambiental.

GROTTA, Danubia de Lima em 2009 estudou os materiais industrializados e técnicas para o tratamento acústico de edifício de escritórios especificando características, técnicas de forros acústicos, tratamento de paredes, pisos e layout, vidros acústicos, tratamento dos ruídos gerados pelo ar-condicionado e pelo mascaramento sonoro. Para analisar os materiais utilizados no tratamento acústico utilizaram as bases de índices de classificação acústica de isolamento ou absorção.

VILLAR, Jorge Daniel apresentou em 2009 uma tese sobre a importância do conforto e da arte na concepção de arquitetura. O trabalho analisa a origem e a semântica do termo conforto entendido como uma abrangência holística e variável, dinâmica, flexível, sistêmica e não parcial a alguns aspectos específicos (térmico, acústico e ergonômico) mas deve ser fundamentado e referenciado no projeto de arquitetura. E propõe uma matriz metodológica para conceber a arquitetura orientada para o conforto.

CORREA, Conceição de Maria Pinheiro avalia em 2009 a utilização de inovações tecnológicas como alternativas para diminuir o déficit habitacional e reduzir os impactos ambientais pelas técnicas construtivas tradicionais. Através da utilização do sistema “Light Steel Frame” e do novo gesso propõe-se uma redução no custo das habitações além de contribuir para a qualidade termo-acústica dos ambientes.

CARVALHO, Maria Luiza U. Em 2009 apresenta duas problemáticas que afligem a população das cidades, um grande aumento na geração de resíduos sólidos e o precário descaso quanto aos ruídos de impacto. Como forma de mitigar o problema propõe a utilização de resíduos de poli (tereftalato de etileno) – PET e do pneu na confecção de pisos flutuantes no isolamento do ruído de impacto.

NETO, Maria de Fátima Ferreira em 2009 desenvolveu um estudo para o desempenho acústico de edifícios residenciais partindo do indicativo do nível de conforto que o usuário anseia que é a percepção da palavra falada. Foram realizados estudos em paredes de edifícios residenciais no Brasil e em Portugal, cuja avaliação foi dividida em objetiva onde é medido o desempenho em relação ao isolamento ao ruído aéreo em laboratório e em campo, a inteligibilidade da fala, até a audibilidade e a parte subjetiva onde um júri responde sobre a percepção de sentenças faladas. Os resultados foram analisados e comparados com critérios de outros países.

ARAÚJO, Bianca Carla D. analisa em 2010 a utilização de elementos vazados acústico, elaborando ensaios e comparações com elementos de vedações existentes no mercado. A utilização do elemento vazado acústico é justificada pela necessidade em locais de clima quente úmido da ventilação natural, proteção solar e iluminação natural e a consciência dos problemas acústicos correlatos da utilização apenas de elemento vazados.

1.3 Justificativa

O conforto ambiental é um fenômeno que leva em consideração três variáveis (humanas, climáticas e arquitetônicas), é geralmente subdividido em três categorias de estudo, conforto térmico, conforto lumínico e acústico.

“ A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto(...)”(FROTA, Anésia B.; SCHIFER, Sueli Ramos, 2001)

A arquitetura é um instrumento de delimitação do espaço criado para suprir as necessidades humanas sejam elas estéticas, ideológicas e funcionais porém, o conforto é o elemento que influencia na qualidade de vida das pessoas, daí sua importância na concepção da arquitetura, ainda na fase do seu partido.

A religião assim como muitas ideologias é uma necessidade humana que varia de cultura e filosofia de vida de determinado povo, ela foi uma das primeiras ideologias que o homem utilizou para expressar emoções e demonstrar fenômenos que não conseguiam explicar pela razão, e através dela conseguiu inspiração para compor formas e pinturas artísticas nos primórdios da civilização, a exemplo temos as antigas civilizações egípcias onde a religião interpretava o universo, justificava a organização social e política, determinando a orientação social de cada classe e conseqüentemente, orientando toda produção artística desse povo (SANTOS, p. 17).

Desde o início da civilização até os dias atuais a religião prevaleceu como um instrumento de expressão artística, ideológica, e as concepções formais inspiradas no culto à Deus ou deuses variavam dependendo da linguagem e maneira de expressão dos povos, até a civilização Grega tida atualmente como núcleo dos conhecimentos filosóficos e caracterizada pelo estudo da razão desenvolveu nos seus primórdios criações artísticas inspiradas nos egípcios, posteriormente desenvolveram sua própria forma de expressar.

“No princípio as comunidades eram pobres, mas aos poucos começaram a prosperar. Com a intensificação do comércio, as cidades-Estado entraram em contato com as culturas do Egito e do Oriente próximo.

As criações artísticas dessas civilizações, com certeza, causaram espanto e admiração nos gregos. Mas, se inicialmente estes imitaram os egípcios, depois criaram sua arquitetura, sua escultura e sua pintura, movidos por concepções muito diferentes das que os egípcios tiveram da vida, da morte e das divindades.” (SANTOS, p. 27)

Assim, para os gregos, o homem era o centro do universo, essa manifestação é interpretada por um único motivo, eles acreditavam que os seus deuses assumiam forma humana, por isso, “o conhecimento, através da razão, esteve sempre acima da fé em divindades.” (SANTOS, p. 27)

Pelo fato da religião contribuir com bastante eficiência para o desenvolvimento físico, artístico e psicológico da civilização, optou-se pela elaboração de um estudo do desempenho acústico das igrejas evangélicas da cidade de Macapá, através de uma análise a nível de diagnóstico, levando em consideração fatores objetivos e subjetivos da arquitetura como fatores influenciadores no espaço acústico.

Outro motivo para a escolha da temática acústica arquitetônica é que segundo o IBGE o que se verifica desde a década de 30 no Brasil é um crescimento significativo do número de evangélicos que aumentou de 9,5% da população em 1930 para 66%, e na década de 90 o censo 2000 contou uma população de 26.184.942 de evangélicos com um crescimento anual de 5,06% maior que o crescimento populacional do país 2,48%. Como não há dados precisos sobre o número de igrejas evangélicas a SEPAL (*Servindo aos Pastores e Líderes*) fez uma pesquisa em que estimou o número de 188.498 igrejas evangélicas no Brasil para uma população de aproximadamente 34.872.210 evangélicos e estima-se que em 2007 foram organizadas mais de 13 mil igrejas.

Partindo da premissa de que muitas das igrejas evangélicas não possuem um tratamento acústico adequado, tendo em vista que muitas vezes seus cultos são realizados em locais onde existe uma inadequação acústica quanto à forma e escolha dos materiais utilizados na construção de seus templos, faz-se supor que não existe uma preocupação por parte de seus projetistas quanto ao conforto acústico na execução de suas atividades. Diante de tais situações percebe-se que o planejamento do espaço não atende as necessidades mínimas de conforto ambiental para seus usuários.

A igreja tem um programa de necessidade específico, que envolve as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas. Hipoteticamente a principal falha na arquitetura de igrejas evangélicas é a falta de planejamento físico e espacial acarretando em espaços mal dimensionados e sem conforto ambiental.

O conforto térmico está ligado ao clima, a melhor orientação do edifício, aos materiais utilizados no projeto da igreja. O conforto lumínico é o melhor aproveitamento da luz natural e artificial e o acústico depende da forma do edifício através do condicionamento acústico e também dos materiais utilizados. Existem dois tipos de problemas acústicos: isolamento e absorção. Isolamento que visa a obtenção das boas condições de sossego e trabalho. Absorção procura o bom condicionamento acústico dos ambientes, buscando uma boa audibilidade.

1.4 Formulação do Problema

Os principais problemas associados à temática proposta neste trabalho apontam, sobretudo, para a carência de práticas voltadas para o conforto nas Igrejas Evangélicas no município de Macapá. Tendo em conta a necessidade de estruturar o programa que precede o projeto arquitetônico e a sua compatibilidade com as variáveis acústicas.

Alguns desses problemas podem ser minimizados com a ajuda da literatura da especialidade e outros a partir de metodologias específicas com base em dados preliminarmente conhecidos.

1.5 Hipótese

A maioria das igrejas evangélicas da cidade de Macapá não possui projeto específico levando em conta as variáveis humanas e de conforto acústico.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo Geral

Diagnosticar o condicionamento acústico em duas igrejas evangélicas da Assembléia de Deus a Pioneira em Macapá que foram recentemente construídas.

1.6.2 Objetivos Específicos

Identificar qual a opinião dos usuários em relação ao desempenho acústico das igrejas.

Caracterizar que variáveis influenciam no condicionamento acústico das igrejas e se estão de acordo com a legislação local e nacional.

Identificar a importância da acústica nas igrejas evangélicas.

1.7 Metodologia

Pelo fato da arquitetura ser uma ciência social aplicada que envolve questões sociais e tecnológicas, este estudo analisará variáveis humanas subjetivas que não podem ser avaliadas por modelos matemáticos, e questões objetivas que poderão ser analisadas e medidas por modelos matemáticos e instrumentos de medições.

Como o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho acústico de duas igrejas evangélicas na cidade de Macapá, a acústica aborda questões tecnológicas, (desempenho de materiais de construções) e questões subjetivas (integridade da palavra que depende de pessoas para pessoa) onde serão utilizados instrumentos adequados para esses determinados métodos, como questionários de pós-ocupação para avaliar variáveis subjetivas, e análise por meio de métodos de medições de intensidades sonoras e cálculos por meio de modelos matemáticos para quantificação dos dados coletados para avaliação das variáveis objetivas do conforto acústico.

1.7.1 Pesquisa Qualitativa

A pesquisa qualitativa para G.Serra (2006, pg.81) é amplamente utilizada nas ciências sociais que consiste na descrição de seu objeto, com o objetivo de conhecê-lo profundamente.

Esta pesquisa utilizará como método de conhecimento do objeto, o estudo de caso, geralmente o tipo de método mais utilizado pelos arquitetos e urbanistas na construção civil onde Luiz Cervo e Bervian (2002, pg.67) definem como uma pesquisa sobre um determinado indivíduo, família, grupo ou comunidade que seja representativo do seu universo, para examinar aspectos variados de sua vida Segundo G.Serra (2006, pg.82) em vez de adotar técnicas estatísticas para trabalhar com amostras incluindo diversos exemplares de um determinado objeto, esse método pretende esgotar o conhecimento sobre um certo exemplar, escolhido por critérios que são claramente explicitados.

Através do estudo de caso de duas igrejas evangélicas, este trabalho pretende analisar o desempenho acústico das igrejas, pela análise de dados primários (dados coletados diretamente da edificação) e pela análise de dados secundários (levantamento bibliográfico

sobre o assunto). As igrejas foram escolhidas por um critério de exclusão de certas características gerais e utilização de características específicas como, analisar uma igreja que seria a sede principal no centro da cidade, partindo da hipótese que esta, passou por uma reforma e ampliação, hipoteticamente levou em consideração a variável conforto acústico no projeto de arquitetura. E outra que seria uma congregação (filial, que tem uma relação de dependência com a sede principal) que se localizaria principalmente na periferia da cidade, bem afastada do centro, que também passou por uma reforma e ampliação, porém localizada em uma rodovia de intenso fluxo.

Para avaliação da qualidade acústica das igrejas, foi necessário a utilização de um instrumento como o questionário avaliação pós-ocupação de opinião (APO) que é um método de levantamento da opinião dos usuários de uma edificação que para G.Serra (2006, pg.219) permite completar outros métodos de avaliação de desempenho que não conseguem captar certos aspectos qualitativos do espaço arquitetônico ou urbano.

Este questionário será aplicado diretamente ao fiéis (ouvintes) que é a principal categoria da igreja para avaliação pós-ocupação, a nível de diagnóstico, para conhecer com maior profundidade a opinião dos usuários, além de medições físicas e levantamentos especializados G.Serra (2006, pg.219) que constituem as variáveis quantitativas (objetivas).

1.7.2 Pesquisa Quantitativa

As medidas das variáveis objetivas da acústica arquitetônica como, intensidade sonora (I) em dB, tempo de reverberação (Tr), dependem de instrumentos e fórmulas matemáticas, por isso esta pesquisa também contemplará aspectos da pesquisa quantitativa que segundo G.Serra (2006, pg.185) é uma pesquisa que implica sempre alguma medição ou contagem, que assim como na qualitativa trabalha também com dados primários e secundários.

Os dados primários serão, obtidos por meio de coletas realizadas “in loco”, com a finalidade de identificar ruídos externos e internos a edificação, através do instrumento chamado vulgarmente de decibelímetro (medidor de intensidade sonora) da marca (Instrutherm) com filtro de ponderação (A), geralmente utilizado para simular a audição humana para frequências intermediárias dos ruídos externos e internos, como tráfego e ruídos de impacto, com calibragem interna do dispositivo para medição de ruídos internos, porém não foi realizada a calibragem para a medição de ruídos externo devido o alto custo do equipamento.

As medições foram realizadas segundo a Norma NBR – 10151 para avaliação do ruído em área habitada visando o conforto da comunidade, esta norma introduz diretrizes de como proceder na avaliação de desempenho acústico de ambientes. Então de acordo com a Norma NBR – 10151 as medições foram feitas no exterior e no interior da edificação respeitando as diretrizes da mesma.

Considerando esses pressupostos o trabalho será desenvolvido nas seguintes etapas:

1. Escolha da Temática e Formulação do Problema.
2. Levantamento de dados Secundários sobre o conforto acústico e sua aplicação nas igrejas (Levantamento Bibliográfico).
3. Levantamentos de dados Primários (levantamento histórico, projeto arquitetônico,), medições interna e externa dos ruídos existentes (coleta de dados in loco).
4. Catalogação e organização dos dados Primários e Secundários.
5. Análise dos dados coletados.
6. Apresentação da Proposta.
7. Apresentação da Pesquisa.

CAPÍTULO 2- Arquitetura, Conforto e Acústica

2.1 Conceitos Fundamentais

O que é Arquitetura? A arquitetura é a síntese das artes maiores. A arquitetura é a forma, volume, cor, acústica e música (LE CORBUSIER APUD LEMOS,2003). A primeira definição de Le Corbusier (1887 – 1965) do que seria arquitetura abrange um caráter filosófico e tecnológico e dá ênfase na importância da arquitetura como ciência e arte.

Para Lemos (2003, pg.7) a Arquitetura seria a providência de uma construção bela, porém, argumenta que a subjetividade da beleza depende de variados fatores (culturais, sociais, psicológicos e intelectuais) assim dividiu as construções em três categorias, as levantadas segundo um critério artístico qualquer por todos conhecidos; as erguidas sem um desejo específico de se fazer arte, mas admiradas por poucos elementos da sociedade a elas contemporâneos e finalmente as construções nascidas ao acaso por iniciativa de pessoas destituídas de senso estético e que ninguém a agradam.

“Não há como nem deve se prescindir da arte porque ela é intrínseca à própria arquitetura, mas é ou deveria ser funcionalmente utilitária (STROETER APUD VILLAR , pág. 1),”

A arquitetura como arte evidencia valores culturais, sociais, religiosos de uma determinada época, assumindo um papel de instrumento histórico para análise de um povo.

“Dessa forma, as obras de arte não devem ser encaradas como algo extraordinário dentro da cultura humana. Ao contrário, devem ser vistas como profundamente integradas na cultura de um povo, pois ora retratam elementos do meio natural (...) ora expressão dos sentimentos religiosos do homem (...).” (SANTOS, pg.7)

Para Brandão (1991, pg.18) a arquitetura como arte é um objeto artístico que nos permite analisar através do edifício três momentos básicos para termos uma descrição clara e relevante da totalidade arquitetônica. Análise sintética (estuda a construção lógica do edifício e suas relações internas), análise pragmática (relação do edifício com aqueles que o habitaram, que procura encontrar modificações de reações psicológicas ou sociológicas e de valores de um determinado período) e por ultimo a análise semântica (estuda sistema de símbolos e a realidade histórica, “meta-arquitetura”).

Lemos e Brandão classificam a arquitetura através da arte o que nos remonta a indagar qual a verdadeira finalidade da arquitetura? Para Villar (2009, pg.1) a finalidade da arquitetura não é o de fazer (*apenas*) obras de arte, mas o de conceber e orientar a construção de ambientes confortáveis, esta definição também nos apresenta uma variável específica da arquitetura que é o conforto, o ambiente confortável.

“Liberdade volumétrica e construtiva sem limites não é arte arquitetônica, é escultura ou um livre exercício de retórica plástica sem compromisso com o caráter social, material, objetivo e prático da arquitetura. Irresponsável? (VILLAR, pg.14)

O ambiente confortável é essencial para o bem estar e saúde do ser humano (OLIVEIRA, 2006). Analisando o bem estar e a forma como um ser humano percebe o conforto no ambiente (SERRA APUD VILLAR, 2009) define basicamente duas características de avaliação de confortabilidade:

“A rigor, o que afirma é que há: 1) parâmetros físicos objetivos que independem do usuário e 2) fatores subjetivos (biofísicos, orgânicos e psicológicos e culturais) que dependem unicamente do usuário ou que lhe são próprios e específicos, ainda que para sua psique (também própria e específica) concorram outros fatores externos como o meio sócio-cultural e o contexto em geral.” (VILLAR, 2009, pg.49)

Os parâmetros físicos objetivos que independem do usuário se dividem em parâmetros específicos (acústicos, térmicos e visuais etc.) e parâmetros gerais que afetam os sentidos simultaneamente (dimensões espaciais, fator temporal etc.). (VILLAR, 2009, pg.49)

Assim como a beleza é um fator subjetivo, a análise de confortável também é, pois dependem de fatores objetivos e subjetivos simultaneamente, que não podem ser avaliados apenas por padrões antropométricos devido à grande variabilidade de especificidades do homem. Por isso o conforto deve ser entendido de forma sistêmica e com especificidades, adequada ao usuário em particular, e estar sempre presente como referência para todas as atividades humanas e especialmente aplicadas ao meio ambiente artificial (porque criado por ele conforme seus propósitos e desejos) em que o ser humano especificamente vive: o arquitetônico/construído. (VILLAR, 2009, pg.11).

2.2 Conforto Acústico

A acústica é um ramo da Física que estuda o som, sua criação, meio de propagação e a recepção do som (ALMEIDA E SILVA, 2005), e o som está presente na maioria dos estudos realizados por diversas ciências como, engenharia, arquitetura, música, medicina e física que estudam seu fenômeno, aplicação e formas de atuação nestas áreas.

A acústica arquitetônica é a interação destas duas ciências (acústica e arquitetura) que tem por finalidade o estudo das condições acústicas das edificações (OLIVEIRA, 2006) visando uma qualidade sonora, que a grosso modo depende das propriedades físicas dos materiais utilizados, forma e volume arquitetônicos que variam de acordo com a função. É também um ramo de estudo da disciplina Conforto Ambiental dos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

Quando se fala em conforto acústico, entende-se como um dos fatores que implicam na qualidade de vida e no bem-estar do homem (NETO, 2009), tendo como consequência um ambiente confortável, que dependendo da atividade varia com nível de ruído exigido. Na realidade o conforto acústico basicamente é relacionado com o parâmetro de qualidade sonora, outra variável que também é subjetiva, dependendo de pessoa para pessoa.

Quando a acústica arquitetônica não é levada em consideração nos projetos, verificam-se os prejuízos causados nos usuários das edificações, como o desconforto, que é um adjetivo negativo do conforto. O desconforto acústico é causado pelo tipo de ruído que os usuários de um ambiente estão expostos. O ruído segundo uma classificação subjetiva é todo som indesejável como argumenta Carvalho (2010, pg.41)

“Entretanto esse conceito é muito subjetivo, uma vez que o que é considerado ruído para algumas pessoas pode ser entendido como som para outras: uma banda de música, por exemplo! Tecnicamente pode-se dizer que o ruído é uma oscilação intermitente/aleatória.”

Porém de forma geral o ruído gera um desconforto físico-psicológico nas pessoas e que se não forem pensados na fase de projeto de arquitetura, acarretarão em prejuízos para o proprietário da edificação (prejuízos relacionados à adequação do projeto), aos usuários e aos não usuários (população do entorno) daquele empreendimento.

Para Neto (2009, pg.9) o desconforto acústico surge quando o nível de ruído ao redor atrapalha a execução de algumas atividades que necessitam de certo nível de silêncio. Surgindo o desconforto físico, surge o desconforto psicológico, não necessariamente nessa

ordem, e a partir daí surgem os elevados índices de reclamação. Essa definição é verificada quando o que se está levando em consideração é a atividade do ambiente interno, pois quando se estabelece como referencial o ambiente externo a atividade interna de um determinado ambiente pode estar gerando ruído.

“O desconforto físico é uma condição mais do que habitual, e se dá como resultado das condições climáticas, microclimáticas ou do local em que se vive e trabalha ou como consequência das atividades praticadas, em geral, concomitantemente. Além de afetar o organismo em suas condições biofísicas, este estado de coisas abala profundamente o ser humano, provocando uma sensação de mal-estar e aflição emocional que pode resultar em reações comportamentais extremas, levando à depressão ou à violência.” (MENDONÇA APUD VILLAR, 2009, pg.60)

Através deste tipo de análise no qual o projeto acústico se guia, para a identificação dos ruídos externo e internos, atividade do programa de necessidade, utilização de forma adequada dos materiais, forma volumétrica da edificação e pela percepção do ambiente. Quanto a esses conceitos Villar afirma:

“É conveniente esclarecer que há a percepção do objeto e há a percepção do ambiente. A primeira se centra tão só nas características da coisa, peça, produto ou ser, fixo, móvel, animado ou inanimado. A segunda é mais ampla, como expressa na definição anterior, e pode incluir objetos presentes no ambiente, dinâmico e complexo e inclui uma interação entre quem observa e analisa e o próprio ambiente contextualizado, físico e social.” (VILLAR, 2009, pg.67)

Essa afirmação justifica o fato de muitos arquitetos analisarem o projeto de arquitetura apenas como objeto físico não levando em consideração fatores externos intrínsecos ao objeto, ou seja, o contexto em que está inserido. Assim o conforto tem haver não apenas com as facilidades que certos objetos (materiais) proporcionam, mas também com a reação (emotiva) que estes e a combinação destes na reação das pessoas. (VILLAR, 2009, pg.66)

“O arquiteto pode prever e planejar ambientes, mas não imaginar a origem sem a formação das pessoas nem induzir mais que algumas poucas respostas comportamentais do usuário ou morador. Pode influenciar nos costumes e no conhecimento focal futuros a partir da proposta da arquitetura projetada, suas

funções e uso, poder que não deve ser desprezado nem desconsiderado.”
(VILLAR, 2009, pg.53)

Portanto o espaço arquitetônico, independente de quaisquer outros adjetivos e qualidades que possam merecer a atenção do projetista, deve necessária e prioritariamente atender aos aspectos intrínsecos à função ou funções a que se destina, respondendo a todas ou à maior quantidade possível das questões abertas pertinentes ao conforto (VILLAR, 2009, pg.2), esse é o papel do arquiteto, de indutor a criador de espaços.

Nos próximos tópicos serão abordados aspectos específicos da acústica arquitetônica. Os dois primeiros tópicos já abordados nos serviram de embasamento teórico necessário para melhor compreensão da correlação dos conceitos (Arquitetura – Conforto – Acústica).

2.3 Conceitos Fundamentais da Acústica Arquitetônica

A acústica arquitetônica é o mais antigo ramo da Acústica (ALMEIDA, SILVA, 2005), e vem mostrando seu valor projetual desde a antiguidade, com os teatros ao ar livre dos gregos e romanos (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006) no período clássico, onde para os gregos o teatro desenvolvia diversas atividades referentes a religião, música, danças e encenações teatrais, assim a acústica se manifestou na utilização da forma semicircular do palco e do aproveitamento da topografia e ventilação natural (ver figura 1) para uma maior distribuição da fonte sonora até o receptor (ouvinte).

“Com os gregos foi possível aprender sobre a eficiência da distribuição da platéia em forma semicirculares e o aproveitamento da topografia, tendo como resultado a aproximação do público ao palco e, conseqüentemente, a maior captação sonora do espectador.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 16)

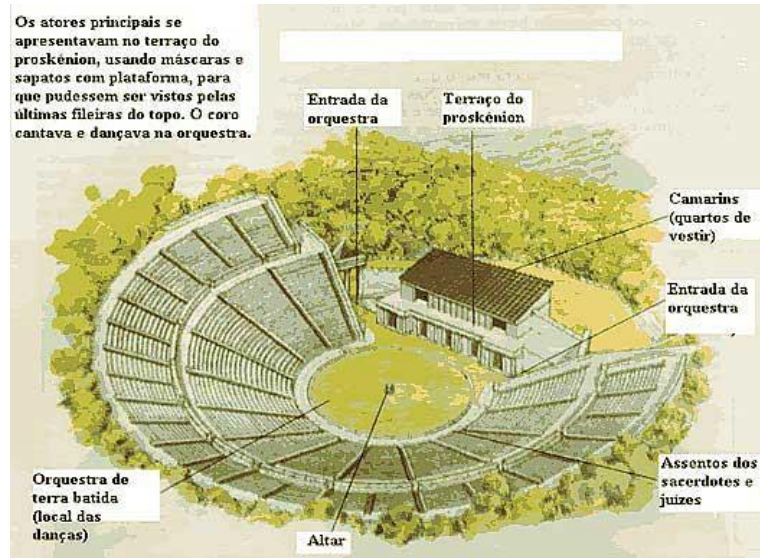


Figura 1-Teatro Grego e suas características.

Fonte: Juliana Martins. Disponível em <<http://literatura-primeiroano.blogspot.com/2010/03/teatro-grego.html>> acesso em: 19 de Nov. 2010

Para os romanos o teatro era uma estrutura independente (vertical) que não utilizava a topografia natural (ver figura 2) e era destinado a realizações de atividades de divertimento do público, daí a importância da utilização de reforços sonoros através da construção de superfícies verticais atrás do palco devido o teatro possuir grande volume.



Figura 2-Teatro Romano de Marcelo Promovido por Julio César em 13 e 11 a.C e sua Verticalidade.

Fonte: Disponível em <<http://pt.wikilingue.com/es/Ficheiro:MW-Apollo.jpg>> acesso em: 19 de Nov. 2010

“A tradição romana de atividades de diversão deixou ainda, como exemplo, o anfiteatro, que, possivelmente, nasceu da união de dois teatros semicirculares.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 16)

Durante a idade média os espaços que retratavam melhor como tipologia arquitetônica a função acústica foram as igrejas cristãs (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006) com a utilização de materiais acusticamente reflexivos (pedra e alvenaria), são ambientes com grande sobreposição sonora. (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006), um exemplo bastante eficiente na demonstração da acústica são as igrejas góticas (ver figura-3) que possuíam ambientes verticais e com arcos ogivais, elementos estes que geravam ecos nos espaços devido a grande distância do teto sobre a fonte sonora (voz), e os arcos ogivais produziam a focalização do som.



Figura 3-Catedral de Colônia em Colônia na Alemanha.

Fonte: Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Estilo_g%C3%B3tico > acesso em: 19 de Nov. 2010

Já durante o Renascimento o que se verificou foi uma valorização novamente dos teatros, mas a diferença destes para os clássicos está justamente em ser ambientes fechados.

“Enquanto para o teatro ao ar livre o som ouvido pelo receptor restringe-se praticamente ao som emitido diretamente pela fonte, nos teatros fechados o grande número de superfícies propicia inúmeras reflexões sonoras, que reforçam o som direto.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 16)

Como ciência o valor da acústica é provado no século XX. Apesar de que no século XIX houve contribuições importantes como a de Wallace Clemente Sabine que desenvolveu estudos sobre acústica (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006). E criou um dos principais antigos índices objetivos de qualidade sonora, o tempo de reverberação, que marca o início da acústica arquitetônica (OGASAWARA, 2006) como ciência.

Percebe-se que para determinada função se exige um desempenho acústico, por isso o arquiteto deve estar atento ao projeto acústico ainda na concepção da arquitetura pois é nesta fase que a forma e o partido das edificações são definidos, e como comprovaremos mais adiante a forma influencia no direcionamento do som.

“As características construtivas da sala (seu tamanho e forma, os materiais de revestimento de paredes e teto, o arranjo dos assentos, etc.) determinam a sua acústica; isto é, influenciam mais ou menos os sinais gerados por uma mesma fonte sonora. Reciprocamente, quando se deseja criar condições acústicas particulares, há necessidade de se atuar nas características construtivas.”(BISTAFA, 2003,pg.5)

Para OGASAWARA (2006, pg.9) acústica arquitetônica trabalha projetos de edificações e planejamentos urbanos e lida com os sons internos e externos à edificação. Segundo OLIVEIRA (2006, pg.18) na acústica arquitetônica trabalha-se com o tratamento acústico, modo pelo qual se procura dar aos ambientes boas condições de clareza e inteligibilidade, de acordo com a atividade desenvolvida. O tratamento engloba isolamento e condicionamento acústicos.

Assim para OGASAWARA (2006, pg.9) o projeto acústico de edificações se divide em duas ramificações: em acústica de salas e acústica de edificações. O termo acústica de salas está associado ao projeto (estudo da forma, das características dos materiais aplicados e do layout) de um espaço fechado visando obter as melhores condições auditivas. Está relacionado com a propagação sonora dentro de um ambiente cujo objetivo é a preservação de sons desejáveis. A acústica de edificações lida com a propagação sonora entre salas e com sons indesejáveis, enquanto que a acústica de salas está fortemente ligada a qualidade sonora.

Para OLIVEIRA (2006, pg.18) essa divisão está relacionada ao tipo de tratamento acústico, ou seja, o tratamento engloba isolamento e condicionamento acústicos. O isolamento acústico procura garantir o nível sonoro interno ideal; e o condicionamento acústico trata da distribuição do som no ambiente.

“a acústica arquitetônica tem por finalidade o estudo das condições acústicas aceitáveis nas edificações e é também conhecida como acústica das construções já que sua principal finalidade é exatamente orientar acusticamente a construção de edifícios com isolamento acústico entre as diferentes salas. A acústica de ambientes tem por escopo o estudo da forma e tratamento do ambiente, de modo a torná-los acusticamente satisfatórios. A acústica de edificações tem por finalidade o isolamento do barulho, visando o conforto, isolando uma sala da outra e a acústica arquitetônica tem por finalidade melhorar as condições de cada sala considerada, observando a absorção, o layout e os materiais aplicados.” (OLIVEIRA, 2006, pg.25)

Por isso o principal objetivo do projeto acústico é a obtenção de “boas condições auditivas” (BISTAFA, 2003,pg.5) através não somente da garantia de níveis de ruído compatíveis com as atividades humanas, mas da busca constante da qualidade sonora. Entende-se por qualidade sonora, um conjunto de atributos acústicos subjetivos que venham de encontro às expectativas da experiência acústica do ouvinte (BISTAFA, 2003,pg.3), como a integridade, audibilidade e clareza, dentre outros.

2.4 Propriedades Físicas do Som

O som é toda vibração ou onda mecânica gerada por um corpo vibrante, passível de ser detectada pelo ouvido humano (CARVALHO, 2010), nesta definição limita-se o tipo de vibração, pois nem toda vibração é percebida pelo ouvido humano (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006), esta vibração ocorre pela propagação do som através de um meio (sólido, líquido ou gasoso) em todas as direções, segundo uma esfera (CARVALHO, 2010), porém este meio de propagação do som na construção civil refere-se basicamente ao ar e aos materiais de construção (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

As ondas sonoras são alterações atmosféricas causadas pelas vibrações sonoras das partículas do meio (no caso da construção civil o ar ou os materiais construtivos) que causam sucessivas compressões e rarefações de forma que o movimento de uma partícula provoca a vibração da partícula vizinha (ver figura -4), resultando na propagação sonora (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

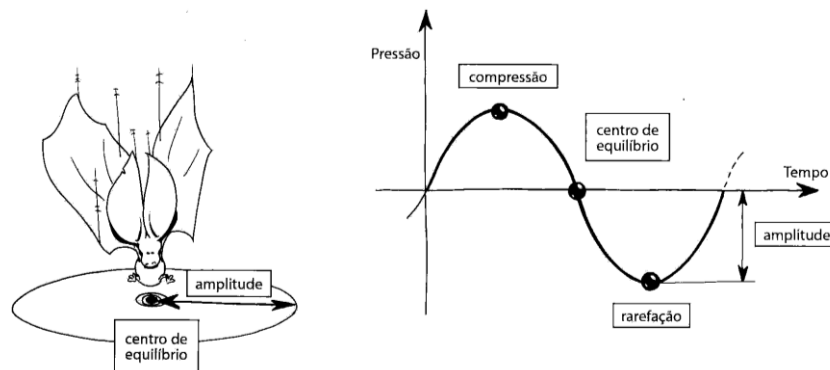


Figura 4-Processo de Vibração das Partículas do ar.
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

Para Costa (2003, pg.3) as ondas sonoras possuem uma série de qualidades que servem para caracterizá-la, como a altura, timbre e intensidade. A altura está relacionada com a seqüência de vibrações sonoras, é a freqüência do som que nos diz se um som é agudo ou grave (COSTA, 2003). Para SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA (2006, pg.25) a freqüência está relacionada ao número de vezes que uma partícula completa um ciclo de compressão e rarefação (ver figura – 4) em determinado intervalo de tempo ao redor de seu centro de equilíbrio. Essa grandeza é medida em Hertz (Hz) ou ciclos por segundos. Carvalho (2010, pg.27) destaca que a freqüência é inversamente proporcional ao período (expresso em segundos) classificando as ondas sonoras quanto à freqüência, conforme o Quadro 1.

Quadro 1-Classificação das Freqüências

Infrassons	Abaixo de 20 Hz	Não perceptível ao ouvido humano
Baixas freqüências	De 20 a 200 Hz	Sons Graves
Médias freqüências	De 200 Hz a 2.000Hz	Sons Médios
Altas freqüências	De 2.000Hz a 20.000Hz	Sons Agudos
Ultrassons	Acima de 20.000Hz	Não perceptível ao ouvido humano

Fonte: CARVALHO, 2010, pg.27

O timbre é a propriedade que o som possui de determinarmos sua origem (ver figura-5), exemplo, conseguimos distinguir o som de uma voz e o som de um instrumento musical. Para Costa (2003, pg.3) o timbre está diretamente relacionado a composição

harmônica da onda sonora, isto é sua forma, ou seja a forma como as frequências se combinam (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

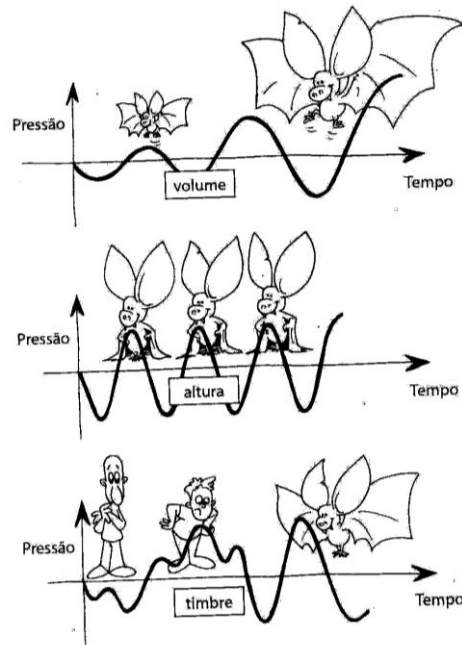


Figura 5- Características gerais do som .
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.26)

A intensidade sonora diz respeito a amplitude da onda sonora (ver figura-5) e a variação de pressão que é medida por meio da potência sonora, propagada por unidade de superfície, a qual toma o nome de intensidade energética (COSTA, 2003), é basicamente o volume energético.

“Para que fique claro, destaca-se aqui a diferença entre altura e intensidade, em que a primeira se refere ao número de oscilações (frequência) e a segunda, à amplitude. A expressão popularmente utilizada “aumentar o volume” de um som é, na prática, aumentar sua intensidade, e não sua altura.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 26).

Existe ainda outra propriedade fundamental no condicionamento acústico dos ambientes que é o comprimento de onda (ver figura-6) que segundo SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA (2006, pg.27) o comportamento desses comprimentos influencia no dimensionamento de superfícies na distribuição sonora adequada dos ambientes.

“A correlação entre frequência e comprimento de onda é de fácil percepção – quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda – pois, quanto maior o número de vezes que se completa um ciclo em determinado intervalo de tempo, menor a distância existente entre esses ciclos” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 26).

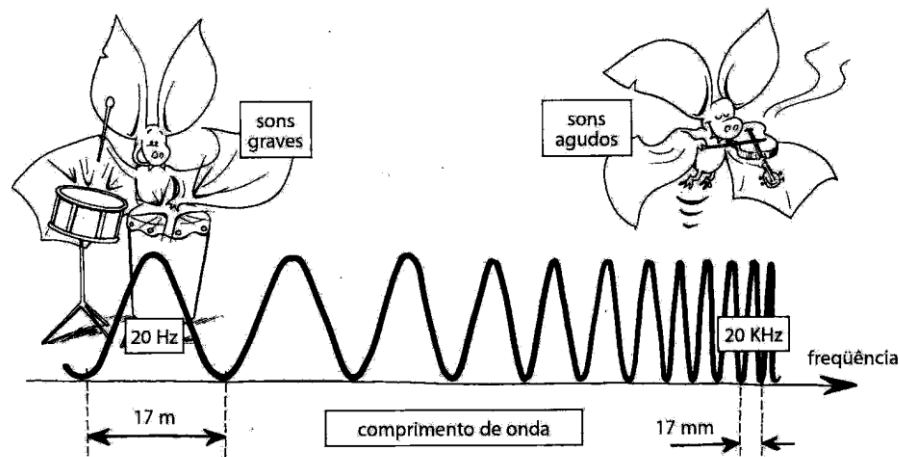


Figura 6-Comprimento de ondas e frequências correspondentes .
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.27)

O som pode ser analisado da mesma forma que a luz, ou seja, através de vetores, assim para cada tipo de superfície existe um comportamento do som, que serão estudados logo abaixo. Pelo fato do arquiteto trabalhar com superfícies, forma e volume é essencial o conhecimento das propriedades sonoras que influenciam na qualidade do espaço, para que o ambiente projetado cumpra sua função acústica (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg. 34).

2.5 Fenômenos de propagação do som

a) Reflexão, Refração e Absorção do Som

Quando uma onda sonora encontra um obstáculo (ver figura-7), (no caso da construção civil uma parede) a energia sonora incidente fica subdividida em duas partes, uma é refletida a outra é absorvida pelo meio, mas quando o obstáculo possui dimensões reduzidas como uma parede, nem toda energia será absorvida pelo meio, pois parte é transmitida para o outro ambiente por meio da refração. (COSTA, 2003). A refração é a mudança de direção de uma onda sonora quando passa de um meio de propagação para outro. (CARVALHO, 2010).

O que interessa na absorção sonora para a utilização correta dos materiais é o coeficiente de absorção que depende da natureza do material e que varia com o tipo de frequência da onda sonora. Materiais de grandes coeficientes de absorção são de estrutura porosa como tecidos, feltros, plásticos porosos, madeira aglomerada e outros (COSTA,2003).

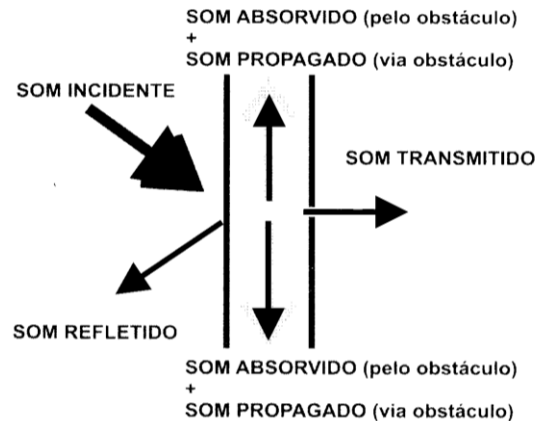


Figura 7-Processo de Reflexão, Absorção e Transmissão do som .
Fonte: (CARVALHO, 2010, p.55)

A reflexão sonora é um fenômeno importante para as construções, pois dependendo de sua utilização podemos garantir uma queda da intensidade sonora ou um longo período de duração do som no ambiente (tempo de reverberação). Assim SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA define:

“ A queda de intensidade sonora não ocorre apenas em decorrência da distância, mas também em função da absorção sonora dos Materiais.(...) Cada vez que um raio sonoro sofre uma reflexão, tende a perder energia, numa porcentagem que varia em função do material que reveste a superfície. Por tanto, quanto maior é o número de reflexões sofridas por um raio menor sua intensidade.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA,2006,pg.36)

b) Difração do Som

A difração do som também é um fenômeno de importância do som, pois grande parte dos ruídos que ouvimos é por meio da difração, que segundo Carvalho (2010, pg.30) é a capacidade de o som transpor obstáculos posicionados entre a fonte sonora e a recepção, mudando sua direção e reduzindo sua intensidade (ver figura-8).

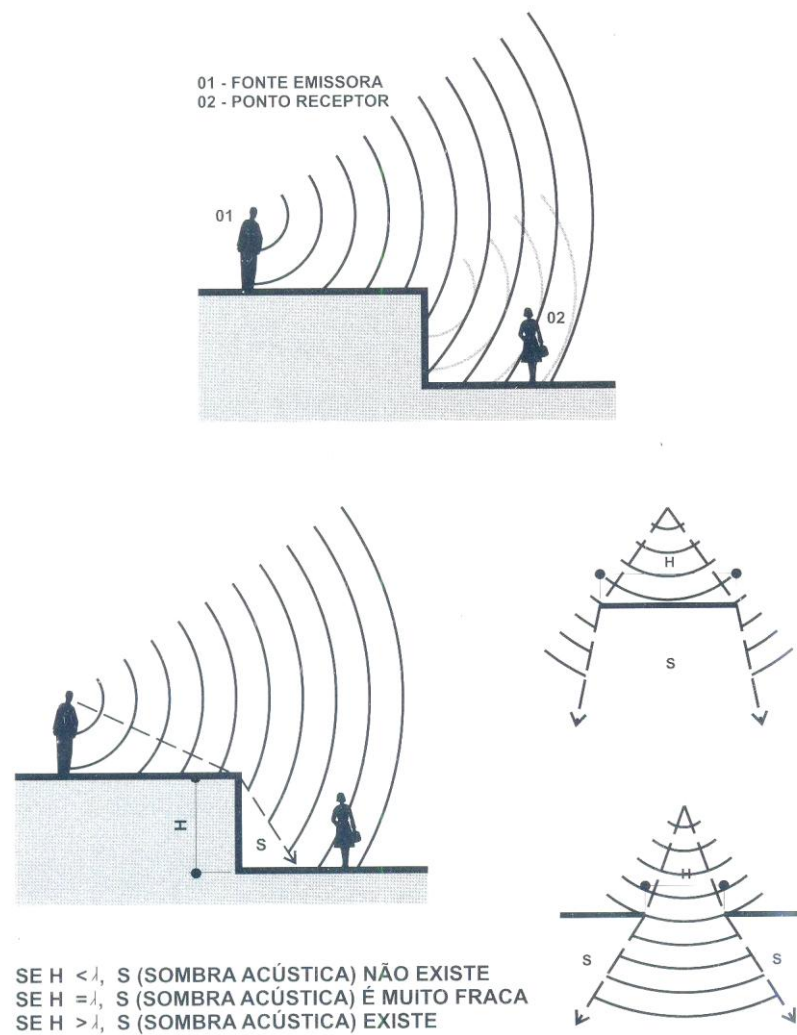


Figura 8-Difração do som para sons de alta frequência.
Fonte: (CARVALHO, 2010, p.30)

Geralmente a difração ocorre através de sons com alto comprimento de ondas (baixa frequência), onde a superfície que serviria de obstáculo possui uma área relativamente pequena em relação a onda sonora. Assim para SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA significa:

“Isso significa que os sons de alta frequência, portanto de pequeno comprimento de onda, tendem a sofrer reflexões mais comumente que os de baixa frequência, cujos os comprimentos de onda são maiores, se comparados às superfícies arquitetônicas. Assim, um som de alta frequência é facilmente refletido por pequenos objetos, provocando sombras acústicas nas regiões imediatamente posteriores a esse objeto.” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg.35)

c) Ressonância

É a vibração de um determinado corpo por influência da vibração de outro, na mesma faixa de frequência (CARVALHO, 2010). Como cada objeto, superfície ou material tem sua capacidade de vibrar em determinadas faixas de frequências, é muito comum que ocorram ressonâncias em edificações, em razão de coincidências entre as frequências de suas superfícies e as da fonte sonora. (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006)

A aplicação da ressonância na acústica dos ambientes consiste no reforço de algumas ondas sonoras competentes da voz e da música, por meio de ressonadores (painéis vibrantes, palcos, recipientes, etc.). Entretanto, é importante salientar que o fenômeno da ressonância dá origem à formação de ondas estacionárias que podem vir a prejudicar a acústica dos ambientes (COSTA, 2003).

As ondas estacionárias ocorrem geralmente em superfícies paralelas (ver figura-9) e quando as fontes estão muito próximas à ela, por isso é possível haver maior prolongamento do tempo de reverberação, em razão da ocorrência de ondas estacionárias, que correspondem a superposição de ondas sonoras que se deslocam em direções opostas. (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006)

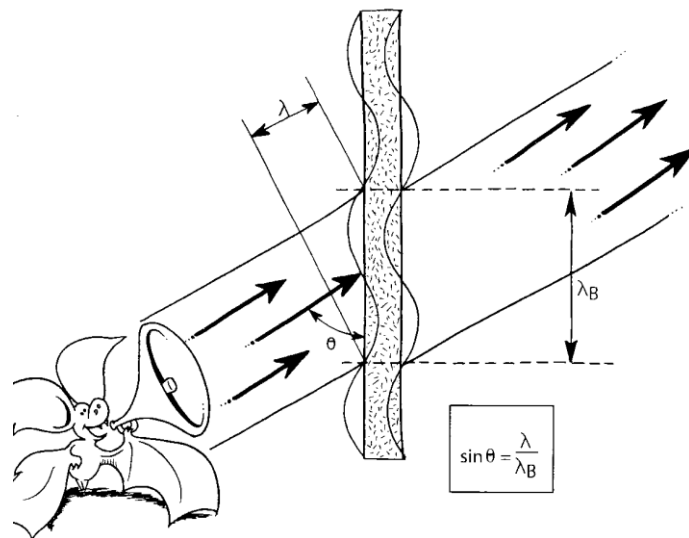


Figura 9-Efeito de Coincidência.
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.84)

Costa (2003, pg.41) contribui com um conceito técnico e claro sobre a ressonância na construção civil:

“Um corpo pode entrar em vibração quando recebe do meio circundantes vibrações elásticas, de modo que qualquer parede ou estrutura de uma construção pode, sob ação de uma onda sonora, oscilar.” (COSTA,2003, Pg.41)

d) Reverberação

A reverberação é resultante de reflexões sonoras sucessivas cuja sua duração garante uma determinada integridade do som, (ver figura-10). Para Carvalho (2010, pg.32) é o prolongamento necessário de um som produzido, a título de sua integridade em locais mais afastados da fonte produtora, ocorrendo apenas em ambientes fechados. Assim quanto maior for a distância ou volume entre a fonte e a recepção, maior o tempo de reverberação.

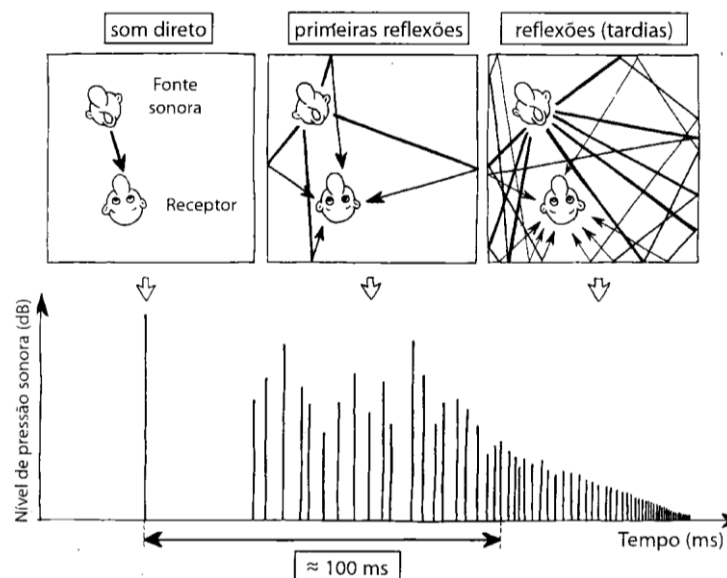


Figura 10-Prolongamento do som no ambiente .
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.84)

Para SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA (2006, pg.41) a reverberação ocorre quando ao cessar a fonte sonora, as sucessivas reflexões ainda podem ser percebidas como um prolongamento do som, fazendo com que sua extinção no ambiente não ocorra imediatamente, mas sim após um determinado intervalo de tempo. Por esse motivo cada ambiente terá seu próprio tempo de reverberação em função de seu volume e da composição de seus materiais (ver figura-10).

e) Eco

Segundo Costa (2003,pg.43) é o fenômeno pelo qual o som refletido ocasiona uma outra sensação auditiva em nosso ouvido, independente da ocasionada pelo som direto,

(ver figura-11). Acontece quando a diferença da distância percorrida pelo som refletido e o som direto é maior que 23 m, ou seja, em um intervalo $>1/15$ segundos. Para Carvalho (2010, pg.33) essa distância equivale à 17 metros e quando estamos a 22m do anteparo refletor que para Costa (2003,pg.43) esta equivale à 34 m.

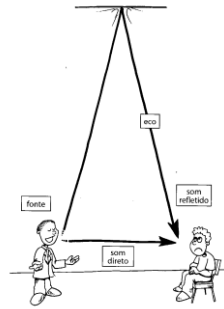


Figura 11-Produção de Eco.
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.117)

O eco deve ser evitado principalmente em ambientes de grandes volumes, pois o eco prejudica a integridade do som pela sua repetição.

f) Decibel e Percepção Auditiva

O Decibel (dB) é uma unidade de medições de níveis de ruídos (CARVALHO, 2010) que se utiliza de uma escala logarítmica tendo como valor de referência uma potência de som audível muito pequena (mínimo audível da ordem de 10^{-12} W), porém a faixa de pressão que provoca a sensação auditiva é larga, pois enquanto o limiar de audição corresponde a $0,00002$ N/m², o limiar da dor é considerado como 200 N/m². Além disso a audibilidade não é linear, pois dobrando-se o valor da pressão, o ouvido não irá perceber o som como sendo duas vezes mais intenso. (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006)

Assim em vez de se trabalhar com intensidade sonora ou pressão sonora, utiliza-se o decibel (ver figura-12) para medir o nível de intensidade sonora (NIS) e o nível de pressão sonora (NPS). (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006)

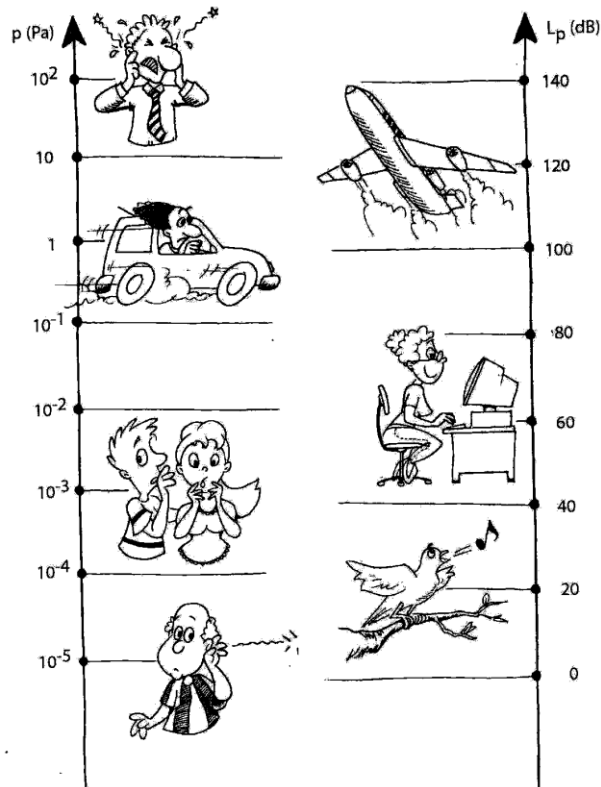


Figura 12-Intensidade sonora em Pa e dB.
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.30)

O ouvido humano (ver figura-13) não percebe sons de frequências diferentes de forma igual, a percepção varia de pessoa para pessoa entre 20 Hz e 20.000 Hz, tendo sua região mediana do ouvido uma percepção em 1.000Hz.(CARVALHO,2010).

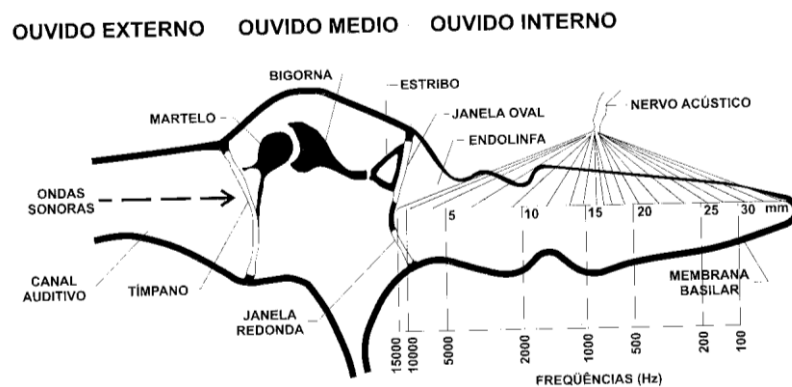


Figura 13-Percepção auditiva.
Fonte: (CARVALHO, 2010, p.36)

g) O ruído

O ruído como já foi mencionado, é qualquer fonte sonora que interfira na atividade de determinado ambiente interno ou externo. Porém, a partir dele são analisados todos os fatores que influenciam no condicionamento acústico de uma edificação, pois quando analisamos o ruído como parâmetro de projeto, verifica-se que não necessariamente precisaríamos extingui-lo, pela necessidade humana exigir do espaço um mínimo de ruído que garanta a inteligibilidade da palavra ou atividade de interesse, assim o ruído funciona como um mascarador do que costumamos chamar de ruídos intrusos.

Por isso na maioria das vezes o condicionamento do espaço acústico depende de um mínimo de ruído, que é caracterizado como ruído de fundo. Então os ruídos existentes em um ambiente podem decorrer de atividades externas ou internas à edificação, sendo assim, as fontes de ruído determinam conjuntamente um nível sonoro mínimo nos ambientes internos e externos, com isso a forma de tratamento para a redução de ruídos varia com o tipo de ruído considerado (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

De acordo com Carvalho (2010, pg.41) os ruídos são classificados em:

- Ruídos aéreos
- Ruídos de impactos

Os ruídos aéreos como o próprio nome define, é o ruído transmitido através do ar: vozes, buzinas, etc (CARVALHO, 2010), ou seja, o som tem origem no ar. Geralmente os ruídos mais frequentes quando fazemos referências a ruídos externos a edificação, são sons emitidos de atividades humanas, como o ruído de transportes rodoviários e aéreos, as indústrias e algumas atividades de recreação (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

Os ruídos de impactos são resultantes de forças impostas diretamente sobre estruturas que podem gerar vibrações em sólidos ou impactos (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006) como a queda de objetos, marteladas, passos, tambor, ou seja, sua origem está primeiro na vibração do corpo, cujo o meio principal de transmissão e a energia sonora é passada posteriormente para o ar. O impacto sobre uma laje, por exemplo, promove além do ruído decorrente da sua vibração, excitação do sistema estrutural do edifício e de suas paredes, gerando dessa forma fontes secundárias de ruído (CARVALHO, 2010).

Os ruídos geram no homem inúmeras implicações (físicas, psicológicas, fisiológicas), assim a exposição a sons de alta intensidade por longa duração pode causar danos irreversíveis, e isso varia de um indivíduo para outro, em função da maior ou menor

sensibilidade auditiva, daí a necessidade de se estabelecer níveis de ruídos aceitáveis por aferição instrumental (CARVALHO, 2010).

Então Costa (2003, pg.74) argumenta sobre a necessidade que os governos de vários países tiveram de estabelecer normas no sentido de controlar os níveis de ruídos exagerados nos diversos ambientes para evitar danos à saúde pública. No Brasil a normatização geral no estabelecimento de padrões para o meio ambiente equilibrado são feitos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), (OGASAWARA, 2006).

Segundo C.Fernandes e H.Gonçalves (2010, pg.6) a legislação do CONAMA tem validade em todo território nacional e sobre ruídos as suas principais resoluções são:

Resolução CONAMA n.º 1/90 – Estabelece critérios, padrões, diretrizes e normas reguladoras da poluição sonora. Em seus itens I e II a resolução que “são prejudiciais à saúde e ao sossego público, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 e que os níveis de ruídos gerados na comunidade não podem ultrapassar aos limites previstos na norma NBR 10.152.

- **Resolução CONAMA n.º 2/90** – Estabelece normas de ruído visando o bem estar das pessoas. Cria o Programa SILÊNCIO, coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

- **Resolução CONAMA n.º 1/93** – Estabelece limites de ruído para veículos automotores nacionais ou importados, exceto motocicletas.

- **Resolução CONAMA n.º 2/93** – Estabelece limites de ruído para motocicletas e assemelhados.

- **Resolução CONAMA n.º 8/93** – Estabelece limites de ruído para veículos automotores Diesel.

- **Resolução CONAMA n.º 20/94** – Institui o Programa “Selo Ruído” para controlar o ruído em eletrodomésticos.

- **Resolução CONAMA n.º 252/99** – Cria a inspeção obrigatória e fiscalização do ruído dos veículos em uso no Brasil.

O órgão responsável por estabelecer normas técnicas específicas de padrões é a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, que estabelece a norma NBR – 10151 (2000) níveis de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, e na NBR – 10152 (1987) níveis sonoros para conforto e os níveis sonoros aceitáveis para diversos ambientes internos (COSTA, 2003).

Para Ogasawara (2006, pg.13) no Brasil a maioria das normas existentes, relacionadas a acústica, se refere a poluição sonora e ao ruído ambiental. Outra norma de interesse é a NBR- 12179 (1992) – para tratamento acústico em recintos fechados que fixa critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos, fornecendo tabelas com valores de isolamento acústico e coeficientes de absorção de diversos materiais, além de um gráfico com o tempo ótimo de reverberação para diversos usos (OGASAWARA, 2006).

Compete aos Estados e Municípios também elaborarem normas locais de acordo com a realidade de suas áreas, elaborando mapas de ruídos para através de zoneamento controlar a qualidade ambiental referente ao controle do ruído urbano. Em Macapá existe uma legislação específica, através do código ambiental da Prefeitura Municipal de Macapá (PMM) pela lei nº 498/98 –PMM, Lei de Proteção, Controle, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente, que estabelece diretrizes específicas também referente a acústica urbana, níveis de ruídos e horários pré-estabelecidos conforme a Quadro 2 abaixo:

Quadro 2-Níveis máximos de som permissíveis, medidos em decibéis dB, onde se dá o incômodo pressuposto.

ZONAS DE USO DE OCUPAÇÃO DO SOLO	HORÁRIO		
	07:00 às 19:00 h	19:00 às 22:00 h	22:00 às 07:00 h
ZONA DE LAZER (ZL)	65	60	60
ZONA BAIXA (ZB)	55	50	50
ZONA CENTRAL (ZC)	55	50	50
ZH1 – ZH2 – ZH3 – ZH4	55	50	50
ÁREA COMERCIAL	65	60	60

Fonte: Lei de Proteção, Controle, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente nº498/98 do Município de Macapá.

Costa (2003, pg.78) afirma que na prática na avaliação dos ruídos devemos considerar em síntese aspectos como:

- A presença de ruídos com características impulsivas ou de impacto.
- A existência de componentes tonais.
- O caso de ruídos intermitentes.
- Os diversos horários do dia.

- O ambiente interno ou externo.
- O zoneamento.
- A presença de ruídos próprios do ambiente (ruídos de fundo)

Então para determinamos o tipo de tratamento e os materiais utilizados na construção, os arquitetos deverão estar cientes de todos esses fatores já citados além da atividade que predominará no ambiente, garantindo assim pelo tempo ótimo de reverberação a boa qualidade sonora ou integridade auditiva. Por isso toda questão legislativa influirá no projeto, trata-se na verdade de um instrumento que, quando bem elaborado e cumprido, pode, até certo ponto, direcionar a qualidade ambiental (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg.69).

2.6 A geometria e a onda sonora

Na acústica arquitetônica quando se fala em geometria das ondas sonoras, é entendido como condicionamento acústico do ambiente, ou seja, o som assume determinada característica dependendo não somente das propriedades físicas dos materiais como já foi mencionado, mas também da forma do ambiente, que envolve superfícies e volumes.

Então, partindo deste princípio a análise da forma das superfícies do ambiente é feita através de duas características básicas do som, primeiro a reflexão sonora, ou seja, “a vibração sonora que chega ao receptor é a composição do som direto e suas reflexões” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.69) e segundo admite-se que na reflexão regular o ângulo de incidência seja igual ao ângulo de reflexão (COSTA, 2003, p.46).

Partindo destes pressupostos, para superfícies côncavas (ver figura-14) as reflexões sonoras apresentam uma concentração ou focalização das reflexões em um mesmo ponto, podendo acarretar no eco, dependendo da posição da superfície, por exemplo, se a fonte e o receptor estiverem afastados da projeção do círculo que contém a superfície côncava, a reflexão dessa superfície é acusticamente aceitável e pode agir como dispersora do som (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.38).

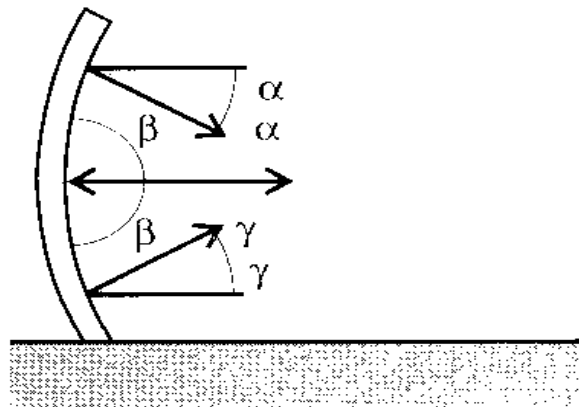


Figura 14-Comportamento do som em superfícies côncavas.
Fonte: (CARVALHO, 2010, p.36)

A reflexão assume características opostas, quando analisadas para superfícies convexas (ver figura-15), pois estas apresentam como difusoras das reflexões sonoras. A difusão corresponde ao espalhamento dos raios sonoros, de forma que a área de abrangência dos raios refletidos é maior que aquela promovida por uma superfície plana (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.39).

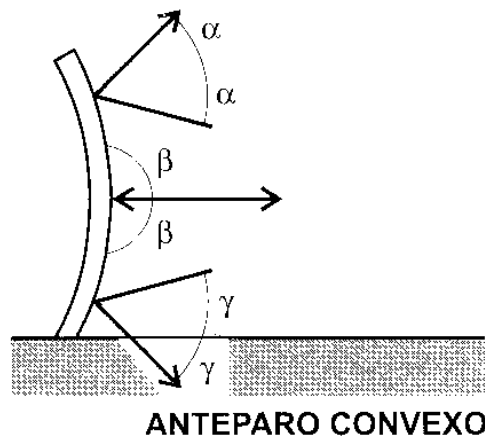


Figura 15-Comportamento do som em superfícies convexas.
Fonte: (CARVALHO, 2010, p.36)

Na junção de superfícies, ou seja, em arestas que formam ângulos retos e agudos também apresentam pontos de grande superposição sonora (ver figura-16), e uma forma de serem evitadas essas reflexões é a promoção de ângulos obtusos (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.116).

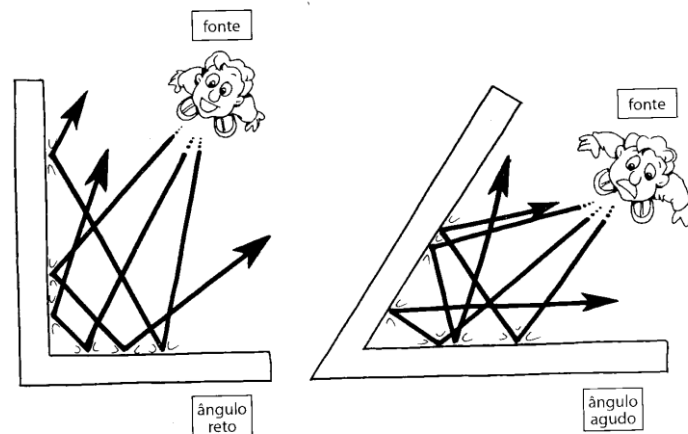


Figura 16-Sobreposição sonora em superfícies de ângulos retos e agudos.
Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.116)

Deve-se evitar também o paralelismo de paredes, pisos e teto, pois pode gerar ondas estacionárias. Assim elementos difusores e a diferenciação das paredes por pequenas inclinações podem solucionar o problema (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.115).

Portanto, para o arquiteto a análise da forma e disposições dos ambientes é de suma importância, pois a forma do ambiente é que determina a propagação dos raios sonoros. Por isso mesmo, a forma é tão importante para o campo sonoro gerado quanto o tempo de reverberação, além disso, a principal função da forma na acústica arquitetônica é evitar o desenvolvimento dos erros acústicos, como ecos, ondas estacionárias e pontos de intensidades sonoras insuficientes (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.114).

2.7 Tratamento acústico

Para Carvalho (2010, p.87) tratar acusticamente um ambiente consiste basicamente em observar os seguintes quesitos:

- Dar-lhes boas condições de audibilidade, seja através das absorções acústicas dos revestimentos internos (pisos, paredes, tetos e outros componentes) e/ou em função da geometria interna (direcionamento das reflexões internas);
- Bloquear os ruídos externos que porventura possam vir a perturbar a boa audibilidade do recinto;
- Bloquear os possíveis ruídos produzidos no recinto de tal sorte que não perturbem o entorno.

O tratamento acústico depende de todas as variáveis aqui mencionadas, porém existem duas formas de se tratar acusticamente o ambiente (interno e externo), através do isolamento e isolação do ambiente ou através da absorção acústica dos ambientes. Geralmente o tratamento pode ser na fonte sonora, no meio de propagação ou no receptor.

a) Isolação e Isolamento acústico

Isolar um ambiente (externo e interno) é impedir que os ruídos provenientes das atividades externas ou internas, interfiram em outras atividades. O termo Isolação geralmente é utilizado para o tratamento da redução sonora de ruídos de impactos (vibrações ou fricção) e o termo Isolamento é utilizado para a atenuação de ruídos aéreos.

Os ruídos aéreos podem ser atenuados de duas formas, pelo distanciamento entre a fonte e o receptor ou pela utilização de barreiras acústicas. Como forma de atenuação entre o distanciamento entre a fonte e o receptor, “o zoneamento das áreas do projeto pode corresponder a uma proposta de distribuição, em função de sua classificação quanto a capacidade de geração de ruídos das atividades e quanto à sensibilidade ao ruído, para o desenvolvimento apropriado das atividades” (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.114), daí a importância da utilização dos mapas de ruído da cidade, para a identificação e zoneamentos das atividades segundo seus graus de ruídos.

As barreiras acústicas são todo e qualquer elemento arquitetônico que promova a queda de intensidade sonora e conseqüentemente o isolamento dos ruídos aéreos que podem ser promovidas por elementos como, muros, paredes, taludes ou qualquer elemento até mesmo da topografia que seja capaz de diminuir a intensidade do ruído externo que chega ao ouvinte (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.72).

Uma característica importante que influencia na escolha do material adequado para a redução de ruídos aéreos, é o índice de atenuação, que é a capacidade própria de reduzir a intensidade sonora que todo material possui, então se o índice de atenuação sonora de um material é de 48 db isso implica dizer, que quando uma onda sonora incidir no material, esta tende a sofrer uma redução em sua intensidade no mesmo valor (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.82) , é importante salientar que o índice de atenuação varia em função da frequência, ou seja, para cada tipo de frequência há um determinado índice de atenuação.

Quanto a questão da redução dos ruídos aéreos vale ressaltar que assim como nas barreiras acústicas o bom isolamento depende, da massa, inflexibilidade e de sua capacidade

de amortecimento das ondas sonoras (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.84). Quanto à redução pela massa, quanto maior a massa menor a capacidade de vibração de um corpo, ou seja, que diz respeito a lei de massa, “a quando se dobra a massa de um determinado corpo há uma redução de 6 db na intensidade sonora”. Essa lei é válida apenas para frequências altas, pois sons de baixas frequências são mais difíceis de serem isolados (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.85).

A lei de massa em alguns casos não compensa, pois se exige muito espaço e material para determinada solução de barreiras acústicas, na realidade, na construção civil, as paredes sólidas necessitam de maior espessura para possuir uma redução acústica satisfatória, e neste caso, há uma perda econômica e espacial, soluções mais satisfatórias foram verificadas através da utilização de paredes duplas entre ar ou com utilização de algum material absorvente no seu interior. Na redução de ruídos aéreos, os materiais absorventes podem ser utilizados como controladores do tempo de reverberação e redutores de ruídos de fundo (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.88).

Essa característica de isolar acusticamente através de sistemas de materiais com espaços vazios em seu interior, esse efeito é conhecido como massa/mola/massa (CARVALHO, 2010, p.62). Carvalho aponta duas características importantes:

- Quanto maior a massa da mola, maior a capacidade de isolamento acústico do sistema;
- Quanto maior o afastamento entre as placas externas, melhor o isolamento acústico obtido às baixas frequências.

Outra característica importante no isolamento de ruídos aéreos é a homogeneidade do material, propriedade física que garante um maior isolamento do que uma superfície heterogênea como, por exemplo, uma parede sem janelas ou portas tem uma maior capacidade de isolar ruídos aéreos do que uma parede que contenha aberturas (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.88).

b) Absorção acústica

Absorção acústica é muito utilizada em ambientes internos, onde se pretende controlar o tempo de reverberação do ambiente, mas como já foi mencionado, o controle de ruído através da absorção está ligado ao processo chamado isolamento, pois os ruídos são de impactos e fricções nas estruturas de uma edificação.

A isolação das vibrações envolve a utilização de materiais resilientes e descontinuidade de estruturas (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.98), nas construções geralmente pisos e tetos, tubulações estão mais sujeitos a ruídos de impactos, e as paredes à ruídos aéreos. Para que haja isolação de ruídos de impactos todas as junções devem estar unidas por materiais resilientes e vínculos flexíveis.

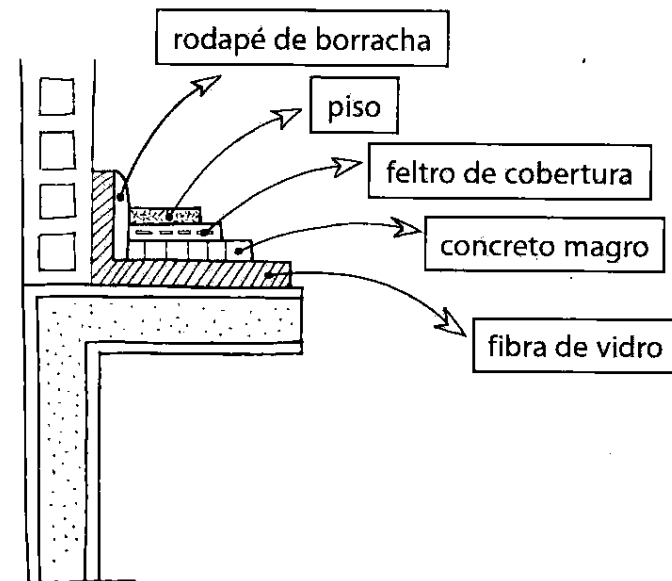


Figura 17-Laje Flutuante .

Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p.98)

Nas estruturas das edificações um exemplo bastante utilizado para evitar ruídos de impactos são as lajes flutuantes (ver figura 17), onde não há nenhum contato entre as estruturas, a laje simplesmente é apoiada em todos os seus vínculos, as junções estão apoiadas em materiais resilientes (borracha) que possuem capacidade de amortecimento e flexibilidade, e também é utilizado no piso como forma de complemento do amortecimento o carpete, pois as lajes flutuantes isolam os ambientes abaixo dos ruídos, os ambientes superiores estarão sujeitos aos ruídos.

A absorção acústica dos materiais é explicada em função das formas e dimensões dos poros ou das fibras desses materiais que se explica também a variação de suas absorções acústicas em função das faixas de frequências, por isso materiais absorvedores são mais

eficazes em altas frequências do que para baixas frequências que possuem comprimentos de ondas altos. (CARVALHO, 2010, p.63)

CAPÍTULO 3- Estudo de Caso

3.1 Templo Sede da Igreja Assembléia de Deus a Pioneira.

3.1.1 Levantamento histórico e iconográfico.

Referente a data de construção do templo da assembléia de Deus em Macapá (RODRIGUES, 2007, p. 17) afirma “ *quando falamos em **templo**, falamos em construção de alvenaria e em sede de trabalho. Na época dos pastores Flávio Monteiro e João Alves foi construída uma casa de oração não de alvenaria.*” Assim o templo propriamente dito em alvenaria ainda não existia, os cultos eram realizados no local onde o templo atualmente existe porém em instalações provisórias de madeira.

A construção do templo antigo em alvenaria data em 21.08.1958 onde foi realizada uma festa de comemoração com a presença de representantes da igreja de outras regiões (RODRIGUES, 2007, p. 17). É importante ressaltar que a construção do templo não representa o período de atuação da igreja em Macapá, pois as atividades religiosas foram implantadas antes, se analisarmos quando o Estado do Amapá ainda pertencia ao Pará.

“No Pará, em Belém, a Assembléia de Deus já funcionava há seis anos e especificamente neste (1917) conseguiu sua primeira propriedade no Brasil, onde mais tarde, seria edificado o primeiro templo da Igreja no país.

O Amapá, neste mesmo ano, fazia parte do **Estado do Pará**, que tinha como governador Lauro Sodré. “(RODRIGUES, 2007, p. 12)

Atualmente a igreja está sendo reconstruída e assumindo uma nova tipologia arquitetônica (ver figura 18), o projeto contempla duas etapas de construção. Na primeira etapa que está em fase de conclusão, contempla um mini-templo (ver figura 19) onde serão realizados os cultos provisoriamente somente para membros da igreja central.

Este mini-templo possui 3 pavimentos destinados a administração, 1 pavimento destinado ao culto litúrgico e 1 subsolo destinado a serviços gerais e 1 terraço para eventos comemorativos. As atividades litúrgicas estão funcionando normalmente, pois os principais pavimentos (naves da igreja) da construção foram concluídos.



Figura 18-Projeto do Mini-Templo.
Fonte: Acervo da Igreja Assembléia de Deus a
Pioneira



Figura 19-Foto do Templo em Fase de Conclusão.
Foto: Kleyton de Sena Silva

Na segunda etapa o templo antigo (ver figura 20) em alvenaria será destruído para a construção do templo sede propriamente dito (ver figura 21). Este templo maior será para o encontro e festas que contemplam todas as congregações (filiais) ligadas à igreja sede.



Figura 20-Foto do Templo antigo de alvenaria .
Foto: Kleyton de Sena Silva



Figura 21-Templo Principal .
Fonte: Acervo da Igreja Assembléia de Deus

A avaliação acústica abordará apenas o mini-templo e seus respectivos ambientes, levando em consideração os fatores externos e internos que influenciam na audibilidade da palavra.

3.1.2 A influência dos aspectos urbanos do entorno da igreja.

A igreja Assembléia de Deus a Pioneira está localizada no bairro central (ver figura 22) da cidade de Macapá, caracterizado segundo o PDM (Plano Diretor de Macapá) na zona urbana do município que se enquadra na subzona de ocupação prioritária- SOP regidas pelo o instrumento da outorga onerosa do direito de construir. A Subzona de Ocupação Prioritária é caracterizada por um coeficiente de aproveitamento do terreno alto e verticalização média e baixa.

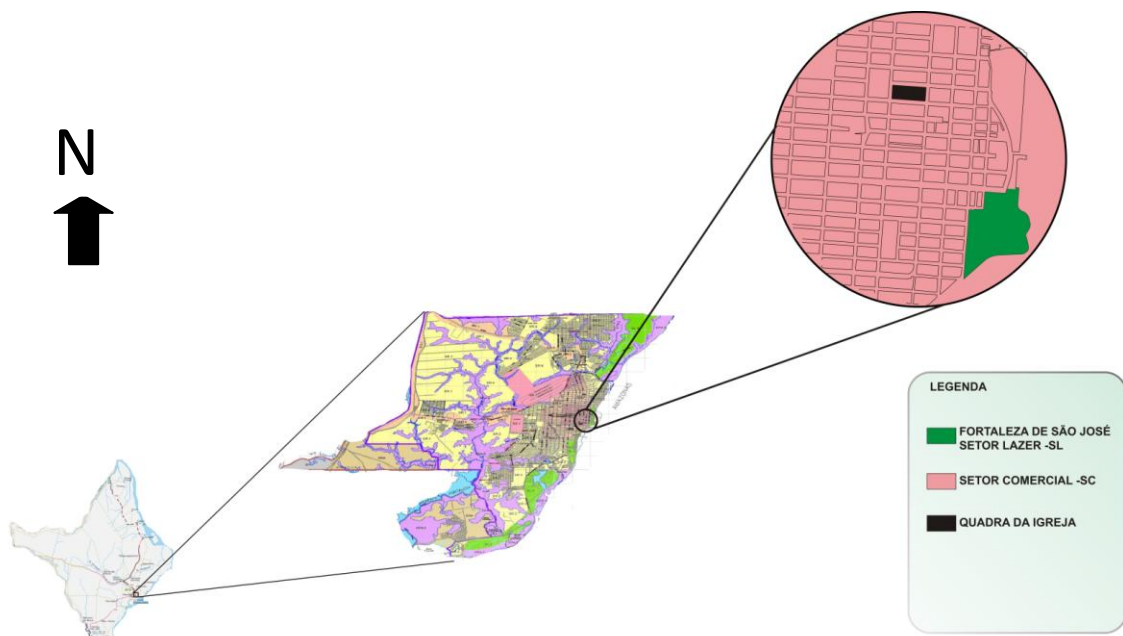


Figura 22-Localização da área de estudo .
Fonte: Autoria própria,2010

O principal ponto marcante que tomamos como referência para nos se situarmos no Centro de Macapá é a Fortaleza de São José de Macapá, a maior fortificação erigida pelos portugueses no período colonial.

O que torna a fortaleza um marco da memória urbana é fato de ter importante participação na delimitação e orientação da malha e do crescimento urbano de Macapá, Tostes (2006, p 38.) afirma:

“É importante salientar que a Fortaleza foi a referência fundamental para a projeção da cidade de Macapá, pois a partir do centro geométrico desta fortificação, expandiu-se para o eixo norte e sul da cidade o processo de crescimento e desenvolvimento da cidade.”(TOSTES, 2006, p 38.)

A quadra do lote está entre as duas principais ruas de sentido único e intenso fluxo de veículos e pedestres. Este bairro é caracterizado também por pontos marcantes que representam uma memória para cidade, pois o bairro Central é o primeiro bairro de formação da morfologia urbana da cidade de Macapá.

O lote está setorizado conforme o Quadro 3, caracterizado pelo grande adensamento do uso do solo, o uso excessivamente comercial e como consequência tem um intenso fluxo de pessoas e veículos, isto porque o bairro está ligado à evolução urbana e à imagem da cidade.

“O *bairro* torna-se, pois, um momento, um setor da forma da cidade, intimamente ligado à sua evolução e à sua natureza, constituído por partes e à sua imagem.” (ROSSI, 2001, p 70)

Quadro 3-Intensidade de Ocupação.

SETOR	DIRETRIZES PARA INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO	PARÂMETROS PARA OCUPAÇÃO DO SOLO					
		CAT máximo	Altura Máxima da Edificação	Taxa de Ocupação Máxima	Taxa de Permeabilização Mínima	Afastamentos Mínimos	
						Frontal	Lateral e Fundos
Comercial- SC	Alta densidade	1,2 (a) ou	14	80%	Isento até 250 m ²	3,0	1,5 ou
	Verticalização Baixa e Média	1,5 (b) ou			15% acima de 250m ²		2,5 (e) ou
		2,0 (c)					0,3 x H (d)

Fonte: Lei complementar 029/2004 - do uso e ocupação do solo do município de Macapá

Notas:

(*) condicionada à implantação de instalações coletivas de saneamento básico

(a) CAT básico, conforme previsto no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

(b) CAT máximo com aplicação da outorga onerosa do direito de construir, conforme previsto no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

(c) CAT máximo com aplicação da transferência do direito de construir para lote receptor do potencial construtivo, conforme previsto no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

(d) H = altura da edificação

(e) para ocupação horizontal encostada em 1 (uma) das divisas

As vias que circundam a quadra da Igreja da Assembléia de Deus (área de estudo) são vias caracterizadas como coletoras que escoam o fluxo de veículos para o Norte (Rua General Rondon) e Sul (Rua Tiradentes) e são os canais de circulação (ver figura-23) ao longo dos quais o observador se locomove de modo habitual ou potencial (LYNCH, 1997, p52) de modo que ao se passar por elas o observador tem uma visão serial, pois cada passo uniforme revela uma sucessão de ponto de vistas estabelecendo um contraste entre as edificações. (CULLEN, 2008, p19)

As barreiras visuais são os principais motivos da visão serial nas vias do bairro central, geralmente são árvores com copas grandes que impedem a visão total das edificações e dos elementos urbanos como semáforos, poste de iluminação, e placas de sinalização de trânsito.

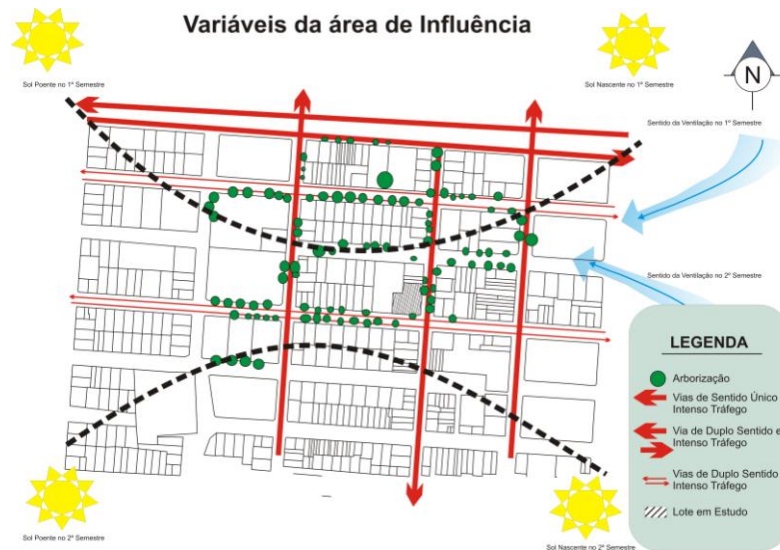


Figura 23-Variáveis de influência .
Fonte: Kleyton de Sena Silva

O uso do solo influencia de forma significativa nas variáveis arquitetônicas quanto ao projeto das edificações, pois grande parte das edificações no centro do município possui uma taxa de ocupação máxima dos lotes, implicando em lotes impermeáveis, prejudicando no escoamento das águas pluviais, além da valorização da verticalização, que junto com o uso excessivo do solo impede a canalização da ventilação, aumentando também a troca térmica entre as edificações.

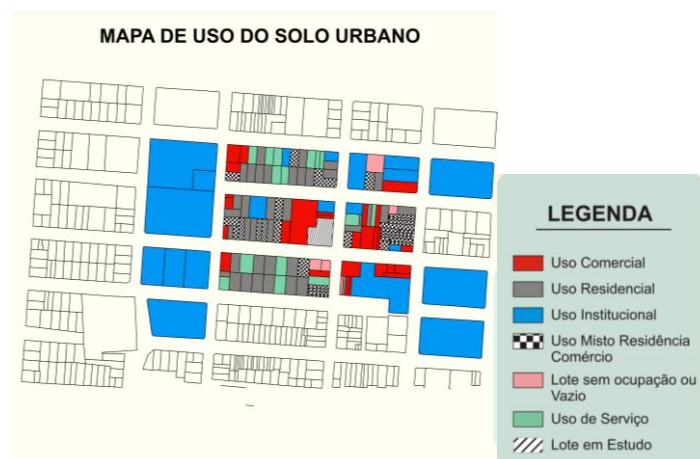


Figura 24-Uso do solo.
Fonte: Autoria própria, 2010.

O recorte do entorno da quadra da igreja evidencia uma variação do uso do solo, contudo a maioria das edificações possui uso Residencial em primeiro lugar seguido de uso Misto- Residência/Comércio e uso institucional respectivamente, porém este com maior área conforme Figura 24.

3.1.3 Análise do conforto acústico.

a) Acústica Urbana

Quanto ao conforto acústico, especificamente a acústica urbana, é influenciada pelas diretrizes urbanas, pois, o lote da Igreja está localizado em uma área de uso comercial, (porém o que prevalece no seu entorno é o uso Misto- Residência/Comércio de forma mais ampla), a própria diretriz de taxa de ocupação alta, permite que a edificação use aproximadamente 80% do terreno, traz aumento significativo na transmissão de ruídos do interior da edificação para as adjacências.

O traçado urbano e o relevo também contribuem com essa transmissibilidade sonora, pois o traçado ortogonal com vias largas aproxima os lotes das vias e torna as vias mais trafegáveis e aumenta a velocidade dos veículos e conseqüentemente a produção de ruídos para as edificações que ficam com as fachadas próximas as vias. A topografia geralmente é retilínea e contribui para a distribuição sonora, pois o som não encontra obstáculos para diminuir sua propagação.

Portanto o uso do solo contribui significativamente na produção dos ruídos no entorno da igreja conforme o Quadro 4, sendo fácil identificar as principais atividades e fontes de ruídos do entorno da igreja Assembléia de Deus a Pioneira.

Quadro 4-Identificação das fontes e ruídos.

Fonte	Ruído dB(A)
Vias – Coletoras	970 veículos/ Hora – 90 dB(A)
Pessoas – Pedestres conversação normal	50 dB(A)
Buzina de automóvel na direção do microfone a uma distância de 10 m	90 dB(A)

Fonte: Adaptado de Costa, 2003, p. 73-74

Foi identificada a predominância de automóveis como sendo a principal fonte de ruído para o interior da edificação da Igreja conforme tabela 1 e 2, que servirá de base de cálculo para o nível de isolamento da fachada. A mensuração da fonte sonora foi realizada segundo a norma NBR – 10151 para avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, esta norma introduz diretrizes de como proceder na avaliação de desempenho acústico de ambientes. Então de acordo com a Norma NBR – 10151 as medições foram feitas no exterior respeitando as diretrizes da mesma.

As medidas foram realizadas durante dois dias úteis (Terça e Quinta-feira) da semana onde ocorrem os cultos principais e maior movimentação de pessoas, nos horários de 1 em 1 hora, das 9h as 19h nos quais os horários de culto estão incluídos. A medida tinha uma duração de 2 minutos em média, e no final foi utilizado o maior valor mensurado.

Tabela 1-Medição de ruído da área externa a igreja A Pioneira.

Dia	Fontes			Horários	Tempo	Pontos de Amostragens (vide croqui)	Laeq (dB)
	Nº.Carros	NºÔnibus	Nº Caminhões				
30/11/2010 (Terça- feira)	17	5	0	09 h :00 min	2 min	Ponto1	86
	12	3	0	10 h :00 min	2 min	Ponto1	83
	27	5	0	11 h :00 min	2 min	Ponto1	89
	35	3	0	12 h :00 min	2 min	Ponto1	87
	25	2	0	13 h :00 min	2 min	Ponto1	84
	17	2	0	14 h :00 min	2 min	Ponto1	82
	20	3	2	15 h :00 min	2 min	Ponto1	81
	23	1	1	16 h :00 min	2 min	Ponto1	80
	23	3	1	17 h :00 min	2 min	Ponto1	85
	18	3	2	18 h :00 min	2 min	Ponto1	88
15	5	0	19 h :00 min	3 min	Ponto1	89	

Fonte: Autoria própria, 2010

Tabela 2-Medição de ruído da área externa a igreja A Pioneira.

Dia	Fontes			Horários	Tempo	Pontos de Amostragens (vide croqui)	Laeq (dB)
	Nº.Carros	NºÔnibus	Nº Caminhões				
1/12/2010 (Quinta-Feira)	20	4	0	09 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	84
	26	2	0	10 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	87
	30	3	0	11 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	89
	45	3	0	12 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	83
	20	2	0	13 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	83
	18	2	0	14 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	85
	18	3	1	15 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	79
	20	2	1	16 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	80
	20	4	1	17 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	85
	15	2	1	18 h: 00 min.	2 min.	Ponto1	82
	12	7	0	19 h: 00 min.	3 min.	Ponto1	85

Fonte: Autoria própria, 2010

Durante a mensuração da intensidade sonora, foi contado o nº de veículos segundo sua tipologia e a Laeq (nível sonoro equivalente) para os veículos foi o maior mensurado, considerando que são fontes lineares. Conforme os gráficos 1 e 2 verificam-se em síntese a variação em função do tempo, o nível de intensidade sonora e a quantidade de veículos de acordo com suas tipologias.

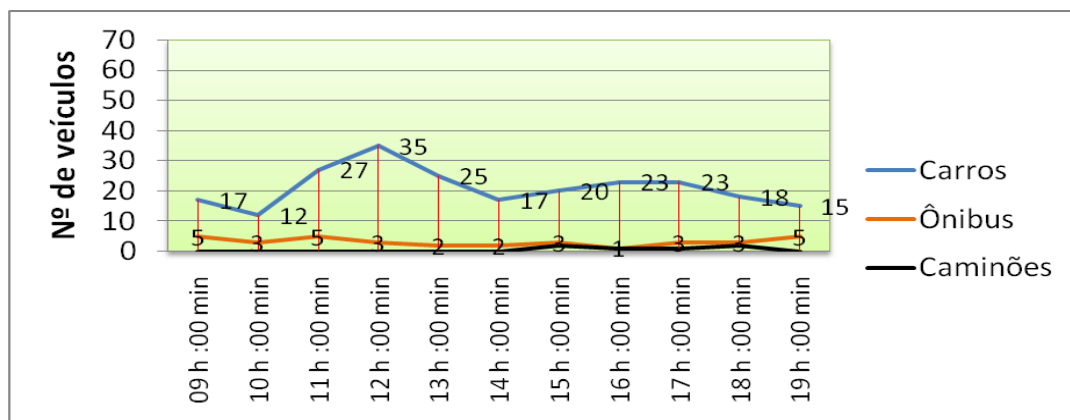


Gráfico 1-Nº de veículos em função do horário na Terça-Feira.

Fonte: Autoria própria, 2010

O número de carros conforme o gráfico 1, na Terça-Feira foi maior durante as 12h, isto é explicado porque é um horário de pico, onde as pessoas estão voltando para suas residências, já o número de ônibus também foi maior durante o período próximo ao horário de pico entorno da 11h da manhã. A quantidade total de carros foi maior seguido dos ônibus e caminhões, respectivamente.

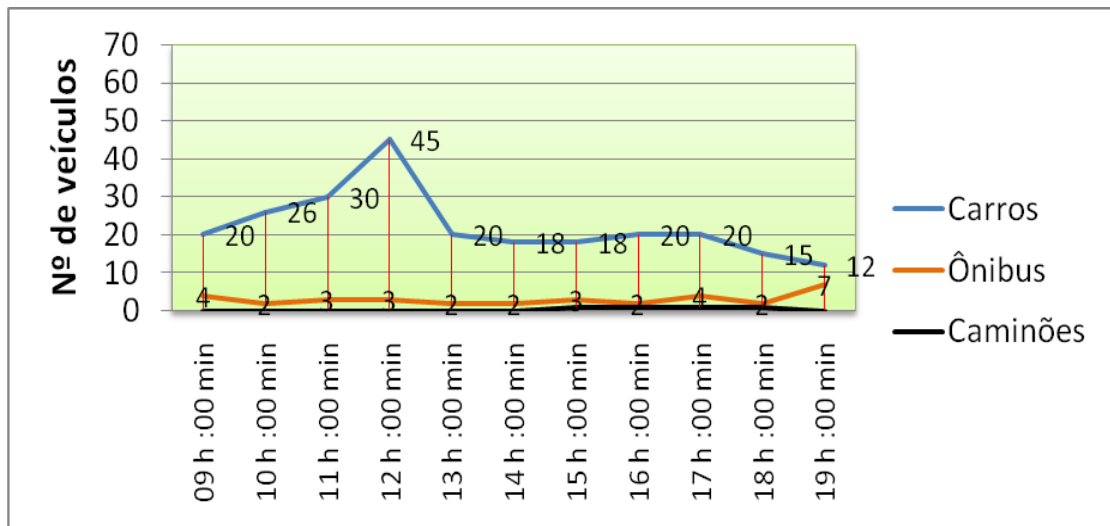


Gráfico 2-N° de veículos em função do horário na Quinta-Feira.
Fonte: Autoria própria, 2010

O número de carros conforme o gráfico 2, na Quinta-Feira foi maior durante as 12h, e maior que na Terça-Feira, já o número de ônibus foi maior 19h da noite. A quantidade total de carros foi maior seguido dos ônibus e caminhões, respectivamente. O gráfico 3 ilustra e faz uma comparação das medidas das Intensidades sonoras nos dois dias da semana.

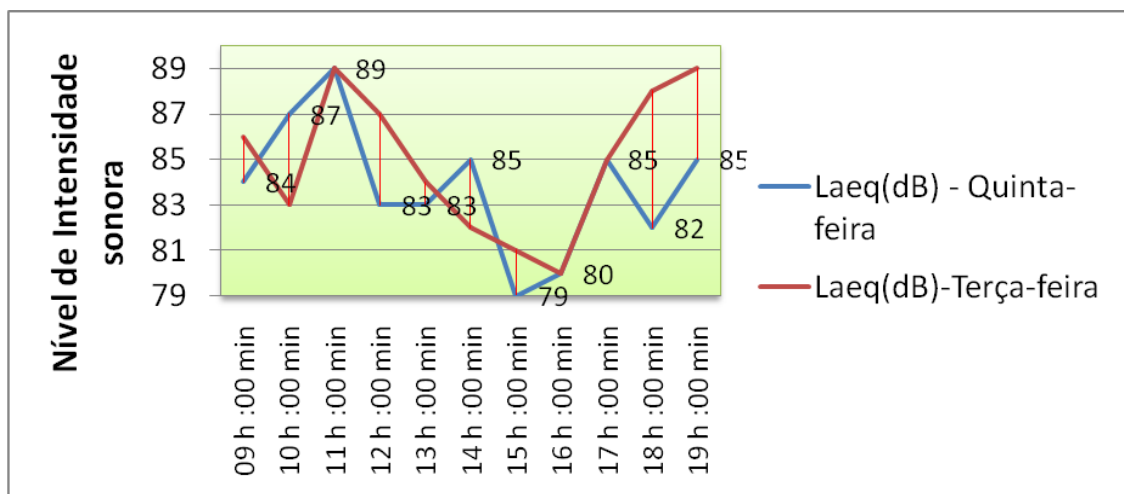


Gráfico 3-Laeq (dB) na área externa da Igreja em função do horário na Terça e Quinta-Feira.
Fonte: Autoria própria, 2010

O gráfico confirma que durante os períodos de pico como às 11h e nas 18h e 19h a intensidade sonora é maior devido à quantidade significativa de veículos que trafegam nestes horários. Apesar do número de carros ser maior que o de ônibus, a quantidade de carros por minuto provoca um ruído cuja intensidade média chega a 76 dB (A) enquanto que um ônibus por minuto atinge uma intensidade média de 84 dB (A), conforme a Quadro 5, ou seja, os ônibus são as fontes que mais produzem ruído.

Quadro 5-Laeq (dB) dos veículos em função da quantidade na Terça e Quinta-Feira.

	Quantidade/ minuto em média	Laeq dB(A) em média
Carros	21/ min.	76
Ônibus	3/min.	84

Fonte: Autoria própria, 2010

A quantidade de veículos por minuto é resultado das aferições feitas de 1/1h e duas vezes na semana no mês de novembro, dos resultados parciais é tirado uma média aritmética dos valores de intensidade sonora e do número de veículos, calculando assim o número de veículos durante um minuto.

b) Acústica da Edificação

Analisar a acústica de um edifício implicar verificar duas variáveis básicas, as fontes e os receptores. A principal fonte externa identificada como já foi mencionado, foi o fluxo de automóveis, que foi medido no exterior da edificação, e analisar a edificação implica em conhecer os materiais utilizados na sua construção e sua aplicação, para calcularmos o quanto de energia sonora chegará do exterior para o interior da edificação, através do cálculo do isolamento da fachada.

Para o cálculo do isolamento foi utilizada a fórmula $RR= 10\log (1/t)$ onde segundo Carvalho (2010, p.88):

- RR- é o nível de redução de ruído
- t – é a transmissividade média

O resultado obtido foi de uma Redução de Ruído de 10,39 dB (A) na fachada, este resultado foi corrigido pela fórmula de Josse $L_i = L_e - R + 10 \log (S/A)$ (JOSSE, 1975) para achar o nível de ruído que chega ao ouvido humano, onde:

- L_i – o nível de intensidade sonora que chega no interior da edificação
- L_e - é o nível de intensidade sonora externo mensurado
- R – é o isolamento da fachada
- S – é a área do material por onde entra o ruído
 - utiliza a área da fachada se esta for cega
 - utiliza a área da janela se esta estiver fechada
 - área de ventilação se a janela estiver aberta
- A – equivale a $\sum (\alpha \times S)$, ou seja, a absorção total do ruído

O resultado obtido pela equação foi uma intensidade de $L_i = 79,86$ dB (A) que chega ao interior do recinto da igreja, conforme tabela 3. Portanto, é evidente que praticamente todo ruído produzido no exterior da igreja está sendo ouvido pelas pessoas principalmente próximo as janelas e porta da fachada principal.

Tabela 3-Isolamento dos materiais da igreja pra a freqüência de 500 hz.

Material	Isolamento do material(IA)dB	Transmissividade(ti)	Área do material(Si)m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção(α)	A	
Porta de Vidro	5	0.316	6.25	1.98			0.04	0.25	
alvenaria concencional	50	0.00001	15.35	0.00015			1.04	15.96	
			$\sum(Si)$	21.6				$\sum(A)$	16.21
				$\sum(Si \times ti)$	1.98				
					T=	0.092			
						RR=	10.39		
						Li=	79.86		

Fonte: Autoria própria, 2010

Foi medido também o quanto a igreja produz de ruído interno durante o culto e o quanto de intensidade sonora é audível do exterior para o interior da igreja sem culto conforme a tabela 4 e 5 respectivamente.

Tabela 4-Medição de ruído interno com as fontes em questão.

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (db)
Orador E Coral	19:45 As 19:55	Média De 2 Minutos	86

Fonte: Autoria própria, 2010

Tabela 5-Medição De Ruído Interno Sem As Fontes Em Questão.

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (db)
Nenhuma Fonte	10:00 As 10:10	Média De 2 Minutos	54

Fonte: Autoria própria, 2010

Se compararmos com o nível de ruído interno produzido pela igreja menos o RR da igreja temos aproximadamente 76 dB (A) sendo transmitido para seu exterior. Essa transmissão não atende o que estabelece a NBR- 10151 da ABNT conforme o Quadro 6.

Quadro 6-Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A).

Tipo de área	Diurno	Noturno
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60 dB (A)	55 dB(A)

Fonte: NBR-10151, 2000

Porém quando analisamos os resultados obtidos da aferição da intensidade sonora na ausência das fontes internas na igreja com o cálculo $L_i=79, 86$ dB, ou seja, o quanto a pessoa ouviria das fontes externas nas proximidades da fachada, verificamos uma discrepância nos valores, pois, o valor de $L_{aeq}=54$ dB foi a média aritmética da aferição de três pontos em diferentes posições na igreja da intensidade sonora conforme figura 25.

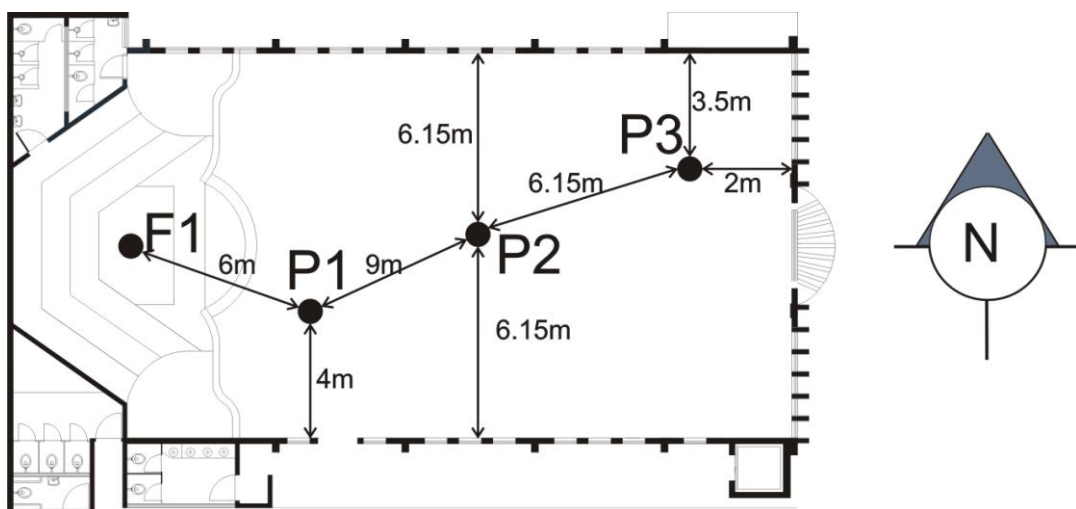


Figura 25-Localização dos pontos de aferição de intensidade sonora.

Fonte: Autoria própria, 2010

d) Tempo de Reverberação do Recinto

Outra característica importante no condicionamento do som no ambiente é o cálculo do tempo de reverberação que devido o uso varia a duração do som no ambiente. Assim para o cálculo foi utilizado a fórmula de Sabine $TR = \frac{0,162 \times V}{\sum(\alpha \times A)}$, onde:

$$\sum(\alpha \times A)$$

V= Volume do ambiente.

α = coeficiente de absorção sonora dos materiais.

A= área dos materiais.

O cálculo é feito conhecendo os materiais e suas características físicas, como coeficiente de absorção e absorção total do ambiente. Calculou-se o TR para as três principais frequências em com taxas de ocupação de 100% e 50% de pessoas conforme a tabela 6.

Tabela 6-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m³): 1054.45			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m² pess/obj	α_i	Si x α_i	α_i	Si x α_i	α_i	Si x α_i
1	Pisos em granito polido	338.8	0.010	3.388	0.010	3.388	0.020	6.776
2	Piscina Batismal	9.51	0.008	0.076	0.0013	0.012	0.020	0.190
3	janelas em vidro comum 4mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	104.43	0.300	31.329	0.100	10.443	0.050	5.2215
4	colunas em gesso comum sobre alvenaria	9	0.013	0.117	0.020	0.180	0.040	0.360
5	Portas em vidro temperado	6.25	0.180	1.125	0.040	0.25	0.020	0.125
6	Portas em alumínio e vidro	8.4	0.140	1.176	0.060	0.504	0.100	0.84
7	Forro 1 na platéia- em gesso acartonado tipo ondas do mar 1cm	295.785	0.290	85.78	0.050	14.79	0.070	20.705
8	Forro 2 em gesso acartaonado de 1cm	33.87	0.290	9.8223	0.050	1.6935	0.070	2.3709
9	Forro 3 holl de entrada- gesso acartonado de 1cm Continua.....	16.55	0.290	4.800	0.050	0.828	0.070	1.159
10	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada e com pintura acrílica	110.16	0.020	2.203	0.020	2.203	0.030	3.305
11	Paredes 3 de fundo- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	39.97	0.020	0.799	0.020	0.799	0.030	1.199

12	Parede 4 do holl de entrada- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	40.5	0.020	0.810	0.020	0.810	0.030	1.215
13	Pessoas nas poltronas	484	0.300	145.2	0.420	203.28	0.480	232.32
14	Mobiliário- poltronas com espuma injetado de pluretano com tecido de poliéster	0	0.280	0	0.280	0	0.340	0
	somatório das áreas	1,013.23						
	absorção total calculada			286.623		239.180		275.786
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal			101.051		141.47		141.47
	tempo de reverberação (tr) calculado(em segundos)			0.569		0.682		0.592
	tempo ótimo de reverberação (tor) (em segundos)			1.68		1.2		1.2
	diferença percentual tr/tor			-66.12%		-43.16%		-51%
	volume per capita			2.18		2.18		2.18

Fonte: Autoria própria, 2010

Para sabermos se o resultado do calculo do tempo de reverberação é adequado para o ambiente, primeiramente são definidos os valores ideais de absorção acústica e tempo ótimo de reverberação (tror) para o volume existente. Através do gráfico da NBR-10151, basta sabermos atividade e o volume do ambiente para encontrarmos o tempo ótimo de reverberação, conseqüentemente a absorção ideal, calculados também pela formula de Sabine.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o tempo de reverberação do ambiente está muito abaixo do tempo ótimo de reverberação para uma igreja com um volume de 1054 m³ e taxa de ocupação de 100%, com destaque para a diferença percentual entre TR/TRo de -66,12% para 125 Hz, -43,16% para 500 Hz e -51% para 2.000 Hz.

Um das justificativas é o fato de a igreja possuir um volume 2,18 m³ per capita incompatível com o uso do recinto conforme a Quadro 7 . Carvalho (2010, p.99)

Quadro 7-Volume per capita em função da destinação do recinto.

Ambiente	V mínimo	V bom	V máximo
Igrejas Católicas	5,1 m ³	8,5 m ³	12,0 m ³
Outras Igrejas	5,1 m ³	7,2 m ³	9,1 m ³

Fonte: (CARVALHO, 2010, p.99)

O ambiente necessita de eletroacústico (sonorização ambiente), devido a distância do púlpito para as duas últimas fileiras ser de 20m, como o som decai a cada vez que se dobra a distância, a 18m o som da voz de uma pessoa cessaria, considerando a fala de 50 dB(A) e também a geometria interna ser retangular com um público bastante grande, absorveria todo som antes que chegasse na metade do caminho de seu percurso.

O cálculo também foi feito para uma taxa de ocupação de 50%, fica evidente que mesmo reduzindo o público pela metade, ou seja, diminuindo a absorção sonora e aumentando a reflexão sonora, o Volume per capita não consegue atingir o mínimo necessário para o uso do local, havendo pouca mudança no tempo de reverberação do local, continuando ainda muito abaixo do $\pm 10\%$ do tempo ótimo de reverberação que é a diferença percentual aceita, conforme a tabela 7 abaixo.

Tabela 7-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.

V(m ³): 1054.45		125 Hz		500 Hz		2.000 Hz		
item	especificação	área:m ² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em granito polido	302.14	0.010	3.021	0.010	3.021	0.020	6.043
	Piscina Batismal	9.51	0.008	0.076	0.0013	0.012	0.020	0.190
2	janelas em vidro comum 4mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	104.43	0.300	31.329	0.100	10.443	0.050	5.2215
3	colunas em gesso comum sobre alvenaria	9	0.013	0.117	0.020	0.180	0.040	0.360
4	Portas em vidro temperado	6.25	0.180	1.125	0.040	0.25	0.020	0.125
5	Portas em alumínio e vidro	8.4	0.140	1.176	0.060	0.504	0.100	0.84
6	Forro 1 na platéia- em gesso acartonado tipo ondas do mar 1cm	295.785	0.290	85.78	0.050	14.79	0.070	20.705
7	Forro 2 em gesso acartonado de 1cm	33.87	0.290	9.8223	0.050	1.6935	0.070	2.3709
8	Forro 3 holl de entrada- gesso acartonado de 1cm	16.55	0.290	4.800	0.050	0.828	0.070	1.159
9	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada e com pintura acrílica	110.16	0.020	2.203	0.020	2.203	0.030	3.305
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	39.97	0.020	0.799	0.020	0.799	0.030	1.199
11	Parede 4 do holl de entrada- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	40.5	0.020	0.810	0.020	0.810	0.030	1.215
	Pessoas em poltronas	242	0.300	72.6	0.420	101.64	0.480	116.16

Mobiliário- poltronas com espuma injetado de pluretano com tecido de poliéster com 12 pessoas	242	0.280	67.76	0.280	67.76	0.340	82.28
somatório das áreas	976.57						
absorção total calculada			281.417		204.934		241.173
coeficiente médio de absorção acústica							
absorção ideal			101.051		141.47		141.47
tempo de reverberação (tr) calculado			0.559		0.767		0.652
tempo ótimo de reverberação (tor)			1.68		1.2		1.2
diferença percentual tr/tor			-66.74%		-36.07%		-46%
volume per capita			4.36		4.36		4.36

Fonte: Autoria própria, 2010

e) Proposta de Intervenção

Como proposta para combater os ruídos provenientes de fontes externas optou-se pela sugestão da construção de uma antecâmara, formando um hall de entrada para o interior do recinto e diminuindo a transmissividade do ruído externo, e atenuando o som produzido na antecâmara devido as reflexões internas, conforme figura 26.

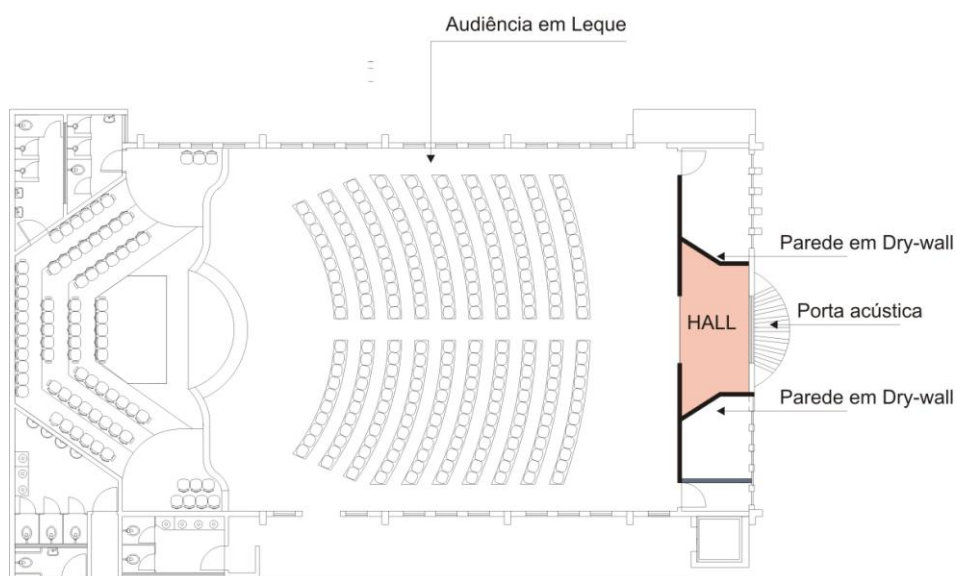


Figura 26-Isolamento da fachada.
Fonte: Autoria própria, 2010

Para que a redução do som das fontes externas fosse suficiente, foram utilizados portas acústicas e materiais absorvedores nas paredes internas conforme o cálculo do isolamento da fachada, tabela 8, e a elevação do forro para que o ambiente alcançasse um volume compatível com o mínimo exigido para a finalidade conforme figura 27.



Figura 27- Corte Longitudinal.
Fonte: Autoria própria, 2010

É importante ressaltar que na proposta inicial do arquiteto da igreja, existia a sugestão de uma antecâmara, porém a idéia foi recusada para aumentar o número de lugares, percebendo-se que a audibilidade não foi levada em conta.

Tabela 8- Isolamento dos materiais da igreja pra a frequência de 500 hz .

Material	Isolamento do material (IA) dB	Transmissividade (ti)	Área do material (Si) m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção (α)	A	
Porta acústica em madeira dupla-preenchida com lã mineral	52	0.000063	6.25	0.0000394			0.36	2.25	
revestimento em espuma absorvedora	11	0.0794328	42.79	3.3989305			0.97	41.51	
Parede em dry wall de gesso-acartonado	66	0.000003	21.75	0.0000055			0.36	7.83	
Porta acústica em madeira dupla-preenchida com lã mineral	52	0.000063	6.25	0.0000394			0.36	2.25	
Parede de alvenaria convencional	50	0.0000100	15.08	0.0001508			0.03	0.45	
			$\Sigma(Si)$	92.12				$\Sigma(A)$	54.29
				$\Sigma(Si \times ti)$	3.399165649				
					T=	0.036899323			
						RR=	14.33		
						Li	28.97		

Fonte: Autoria própria, 2010

Para adequação do tempo de reverberação foi necessário também a diminuição da intensa absorção sonora pelo público, através da redução de acentos de 484 para 270 lugares,

uma redução de 50% da capacidade e organização dos lugares em forma de leque para uma melhor distribuição sonora no ambiente. A proposta de aumentar o Pé-direito da edificação, faz com que aumente também a área de reflexão do som, conforme o cálculo do tempo de reverberação na tabela 9, porém os sons em excesso são combatidos pelo material absorvedor na parede de dry-wall acústico, no hall de entrada.

Tabela 9-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m ³): 1054.45		125 Hz		500 Hz		2.000 Hz		
item	especificação	área:m ² pess/obj	α_i	$\Sigma \alpha_i$	α_i	$\Sigma \alpha_i$	α_i	$\Sigma \alpha_i$
1	Pisos em granito polido	302.14	0.010	3.021	0.010	3.021	0.020	6.043
	Piscina Batismal	9.51	0.008	0.076	0.001	0.012	0.020	0.190
2	janelas em vidro 6mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	114.47	0.100	11.447	0.040	4.5788	0.020	2.2894
4	Porta acústica	12.50	0.180	2.25	0.360	4.5	0.020	0.25
5	Portas em alumínio e vidro	8.4	0.140	1.176	0.060	0.504	0.100	0.84
6	Forro 1 na platéia- acústico	392.900	0.020	7.86	0.020	7.86	0.020	7.858
	Revestimento em azulejo cerâmico	58.640	0.010	0.59	0.010	0.59	0.010	0.586
9	Paredes 1 e 2-laterais em alvenaria rebocada	195.76	0.020	3.915	0.020	3.915	0.030	5.873
	Painel absoverdor-chapa de lã de madeira sobre parede rígida	10.08	0.040	0.403	0.520	5.242	0.610	6.149
	Parede drywall	17.55	0.740	12.987	0.360	6.318	0.300	5.265
10	Paredes 3 de fundo- em azulejo cerâmico	42	0.010	0.420	0.010	0.420	0.010	0.420
	Pessoas nas poltronas	270	0.300	81	0.420	113.4	0.480	129.6
	Mobiliário- cadeiras estofadas chatas, revestida com tecido/sem pessoas	0	0.130	0	0.200	0	0.250	0
	somatório das áreas	1163.95						
	absorção total calculada			125.140		150.356		165.363
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal							
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.497		1.246		1.133
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.68		1.2		1.2
	diferença percentual tr/tor			-10.86%		3.86%		-6%
	volume per capita			4.31		4.31		4.31

Fonte: Autoria própria, 2010

Fica evidente que estas alterações acarretaram em mudanças significativas para o tempo de reverberação no ambiente com taxa de ocupação máxima, que está entre os $\pm 10\%$ necessários para a audibilidade do som da fala (CARVALHO, 2010), através também do aumento do volume per capita em função da diminuição do número de lugares.

O cálculo para a taxa de ocupação de 50% acarreta em melhoras significativas conforme tabela 10, apesar de o Volume per capita de 8,6 m³ próximo do ideal, o tempo de

reverberação não correspondeu a expectativa ficando ideal apenas em 125 hz e ultrapassando os +10 % aceitos nas frequências 500 hz e 2.000 hz, porém adotou-se como o cálculo ideal o 100% de ocupação pois além de ser a alternativa mais eficaz no momento, atende a realidade das igrejas evangélicas de ocuparem 100% o local.

Tabela 10-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.

V(m³): 1054.45			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em granito polido	302.14	0.010	3.021	0.010	3.021	0.020	6.043
	Piscina Batismal	9.51	0.008	0.076	0.001	0.012	0.020	0.190
2	janelas em vidro 6mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	114.47	0.100	11.447	0.040	4.5788	0.020	2.2894
4	Porta acústica	12.50	0.180	2.25	0.360	4.5	0.020	0.25
5	Portas em alumínio e vidro	8.4	0.140	1.176	0.060	0.504	0.100	0.84
6	Forro 1 na platéia- acústico	392.900	0.020	7.86	0.020	7.86	0.020	7.858
	Revestimento em azulejo cerâmico	58.640	0.010	0.59	0.010	0.59	0.010	0.586
9	Paredes 1 e 2-laterais em alvenaria rebocada	195.76	0.020	3.915	0.020	3.915	0.030	5.873
	Painel absoverdor-chapa de lã de madeira sobre parede rígida	10.08	0.040	0.403	0.520	5.242	0.610	6.149
	Parede drywall	17.55	0.740	12.987	0.360	6.318	0.300	5.265
10	Paredes 3 de fundo- em ajuleijo cerâmico	42	0.010	0.420	0.010	0.420	0.010	0.420
	Pessoas nas poltronas	135	0.300	40.5	0.420	56.7	0.480	64.8
	Mobiliário- cadeiras estofadas chatas, revestida com tecido/sem pessoas	135	0.130	17.55	0.200	27	0.250	33.75
	somatório das áreas	1163.95						
	absorção total calculada			102.190		120.656		134.313
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal							
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.834		1.553		1.395
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.68		1.2		1.2
	diferença percentual tr/tor			9.15%		29.43%		16%
	volume per capita			8.62		8.62		8.62

Fonte: Autoria própria, 2010

É importante ressaltar que quando a acústica não é levada em consideração, a adequação do ambiente depois de construído sempre acarreta em custos onerosos em relação

CAPÍTULO 3 – Estudo de Caso.

ao preço total da obra, pois ou se tenta controlar a excessiva reflexão sonora através de materiais absorvedores, ou se tenta controlar a excessiva absorção com o emprego de materiais reflexivos. Para mais especificações quanto aos materiais empregados e detalhes construtivos ver em anexo (Projeto arquitetônico).

No capítulo seguinte será abordado o diagnóstico acústico da Congregação Sonho de Jacó da Assembléia de Deus A pioneira, este diagnóstico contemplará aspectos urbanos e históricos que influenciaram no projeto da igreja.

3.2 Estudo de caso do templo da igreja Assembléia de Deus congregação- Sonho de Jacó

3.2.1 Levantamento histórico e iconográfico.

3.2.2 A influência dos aspectos urbanos do entorno da igreja.

A igreja está localizada segundo o PDM- na zona urbana de Macapá na região Noroeste do município conforme figura 28. Dentro do macrozoneamento urbano está na SEU - Subzona de Estruturação Urbana, são subzonas que deverão ser integradas à malha urbana através da infra-estrutura, equipamentos e serviços urbanos e pela ocupação de glebas.



Figura 28-Localização do lote da Igreja.
Fonte: Autoria própria, 2010

Pela lei complementar nº 29/2004 de uso e ocupação do solo o lote está dentro do setor SM1- Setor Misto 1, com o seguinte quadro de intensidade de ocupação:

Quadro 8-Intensidade de ocupação Para Igreja Sonho de Jacó.

SETOR	DIRETRIZES PARA INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO	PARÂMETROS PARA OCUPAÇÃO DO SOLO					
		CAT máximo	Altura Máxima da Edificação	Taxa de Ocupação Máxima	Taxa de Permeabilizaçã o Mínima	Afastamentos Mínimos	
						Frontal	Lateral e Fundos
Misto 1- SM1	Baixa densidade ocupação horizontal	1,0 (a)	8	50%	20%	5,0	2,5

Fonte: Lei complementar 029/2004 - do uso e ocupação do solo do município de Macapá

Como podemos identificar no quadro 8, o lote está em uma região com coeficientes de aproveitamento do terreno restrito, e ocupação horizontal e respeito a faixa de proteção da rodovia e da ferrovia.

Outra característica importante é o fato de o lote está próxima a rodovia Duca Serra no km13, e através do mapa de uso do solo do local podemos avaliar que existe pouco adensamento do solo, com uso essencialmente variado e lotes de dimensões que variam em grande proporção, ou seja, existem muitos sítios e áreas ociosas.



Figura 29-Localização do lote da Igreja da Igreja Sonho de Jacó.

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2004

O mapa de uso do solo conforme figura 29, ratifica a afirmação, a igreja está localizada em uma área de grande especulação imobiliária, de uso essencialmente variado, pois a região está sendo ocupada paulatinamente.

3.2.3 Análise do conforto acústico.

a) Acústica Urbana

Como o lote da Igreja está localizado em uma área de uso Misto 1, (porém o que prevalece no seu entorno é o uso variado de forma mais ampla), a própria diretriz de taxa de ocupação baixa, permite que a edificação use aproximadamente 50% do terreno, contribui para diminuir a transmissão de ruídos do interior da edificação para as adjacentes.

O traçado urbano e o relevo também contribuem com essa redução de transmissibilidade sonora, o traçado ortogonal com vias largas e a diretriz da lei complementar (lei de uso e ocupação do solo) através da faixa de proteção da rodovia distancia os lotes da Rodovia, e contribui assim para a redução de transmissão de ruídos.

Por a única via de acesso ser a rodovia, que interliga municípios do estado é considerada como sendo arterial e torna o tráfego mais intenso e aumenta à velocidade dos veículos e conseqüentemente a produção de ruídos para as edificações que ficam com as fachadas de frente para as vias apesar de o lote respeitar a faixa de proteção.

A topografia geralmente é retilínea e contribui para a distribuição sonora, pois o som não encontra obstáculos para diminuir sua propagação, porém existem muitas árvores que servem como barreiras visuais e acústicas inibindo ainda mais a área de abrangência do som.

Portanto o uso do solo contribui significativamente na produção dos ruídos no entorno da igreja conforme o Quadro 9 sendo fácil identificar as principais atividades e fontes de ruídos do entorno da igreja Assembléia de Deus Sonho de Jacó.

Quadro 9-Identificação das fontes e ruídos.

Fonte	Ruído dB(A)
Vias – Arterial	1220 veículos/ Hora – 94 dB(A)
Buzina de automóvel na direção do microfone a uma distância de 10 m	90 dB(A)

Fonte: Adaptado de Costa, 2003, p. 73-74

Foi identificada a predominância de automóveis como sendo a principal fonte de ruído para o interior da edificação da Igreja conforme tabela 10 e 11, que servirá de base de cálculo para o nível de isolamento da fachada. A mensuração da fonte sonora foi realizada

segundo a norma NBR – 10151 para avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, esta norma introduz diretrizes de como proceder na avaliação de desempenho acústico de ambientes. Então de acordo com a Norma NBR – 10151 as medições foram feitas no exterior respeitando as diretrizes da mesma.

As medidas foram realizadas durante dois dias úteis (Terça e Quinta-feira) da semana onde ocorrem os cultos principais e maior movimentação de pessoas, nos horários de 1/hora, das 9h as 19h nos quais os horários de culto estão incluídos. A medida tinha uma duração de 2 minutos em média, e no final foi utilizado o maior valor mensurado.

Tabela 11-Medição de ruído da área externa a igreja Sonho de Jacó.

Dia	Fontes			Horários	Tempo	Pontos de Amostragens (vide croqui)	Laeq (dB)
	Nº.Carros	NºÔnibus	Nº Caminhões				
7/12/2010 (Terça-Feira)	25	0	4	09 h :00 min	2 min	Ponto1	87
	8	1	3	10 h :00 min	2 min	Ponto1	94
	15	2	4	11 h :00 min	2 min	Ponto1	83
	18	2	3	12 h :00 min	2 min	Ponto1	85
	20	1	3	13 h :00 min	2 min	Ponto1	83
	16	1	6	14 h :00 min	2 min	Ponto1	84
	8	0	6	15 h :00 min	2 min	Ponto1	96
	22	0	8	16 h :00 min	2 min	Ponto1	97
	15	0	7	17 h :00 min	2 min	Ponto1	90
	31	2	12	18 h :00 min	2 min	Ponto1	98
	15	0	7	19 h :00 min	3 min	Ponto1	85

Fonte: Autoria própria, 2010

A tabela 11 expressa os valores das intensidades sonoras considerando as fontes como uniformes entre si. A tabela 12 também expressa os valores das intensidades sonoras porém em outro dia da semana.

Tabela 12-Medição de ruído da área externa a igreja Sonho de Jacó.

Dia	Fontes			Horários	Tempo	Pontos de Amostragens (vide croqui)	Laeq (dB)
	Nº.Carros	NºÔnibus	Nº Caminhões				
9/11/2010 (Quinta-Feira)	23	0	3	09 h :00 min	2 min	Ponto1	86
	5	2	5	10 h :00 min	2 min	Ponto1	98
	18	0	3	11 h :00 min	2 min	Ponto1	85
	20	3	3	12 h :00 min	2 min	Ponto1	87
	19	1	4	13 h :00 min	2 min	Ponto1	87
	15	1	3	14 h :00 min	2 min	Ponto1	84
	9	0	2	15 h :00 min	2 min	Ponto1	83
	23	1	5	16 h :00 min	2 min	Ponto1	86
	18	0	3	17 h :00 min	2 min	Ponto1	85
	28	3	10	18 h :00 min	2 min	Ponto1	95
	8	2	5	19 h :00 min	3 min	Ponto1	89

Fonte: Autoria própria, 2010

Durante a mensuração da intensidade sonora, foi contado o nº de veículos segundo sua tipologia e a Laeq (nível sonoro equivalente) para os veículos foi o maior mensurado, considerando que são fontes lineares. Conforme os gráficos 4 e 5 verificam-se em síntese a variação em função do tempo, o nível de intensidade sonora e a quantidade de veículos de acordo com suas tipologias.

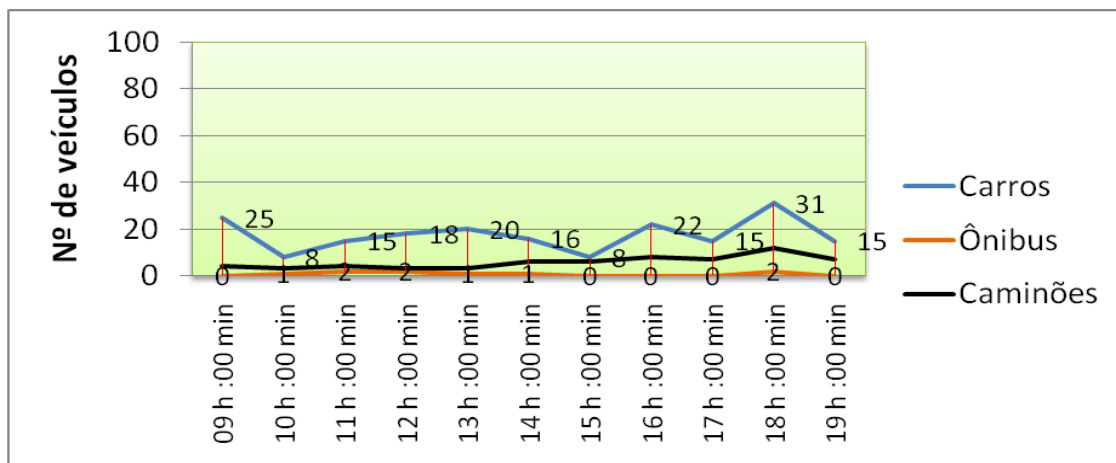


Gráfico 4-Tipos de fonte sonoras e quantidade de veículos e intensidade sonora na Terça-Feira .

Fonte: Autoria própria, 2010

O número de carros conforme o gráfico 4, na Terça-Feira foi maior durante as 18h, isto é explicado porque é um horário de pico, onde as pessoas estão voltando dos seus empregos, ou seja há um intenso fluxo de pessoas de Santana para Macapá neste horário. Já o número de ônibus também foi maior durante o período próximo ao horário de pico entorno da 11h e 12h da manhã, porém percebe-se que o nº de caminhões ultrapassa a quantidade de ônibus durante o período da tarde. A quantidade total de carros foi maior seguido de caminhões e dos ônibus respectivamente.

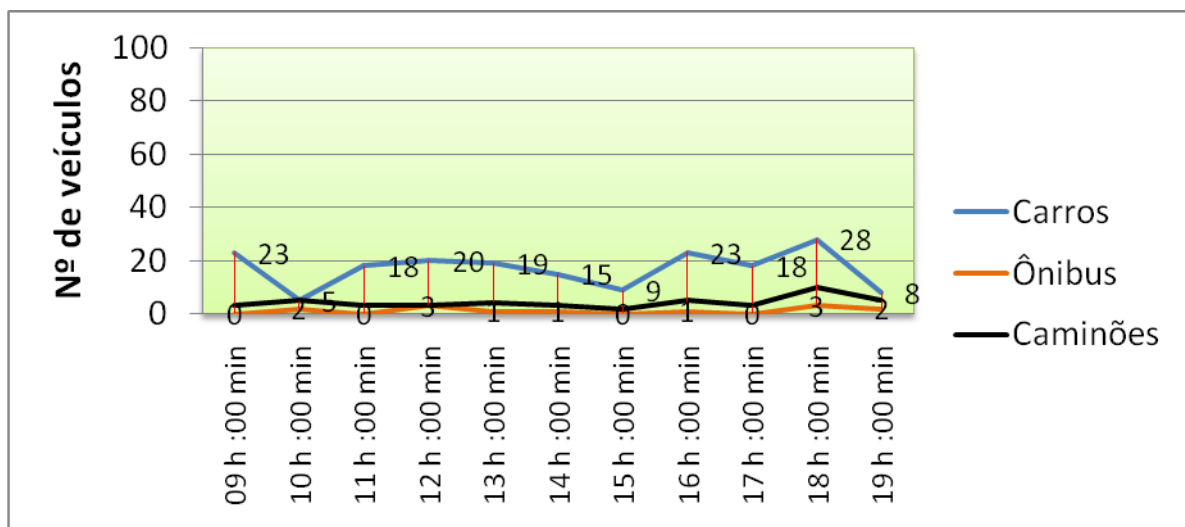


Gráfico 5-Tipos de fonte sonoras e quantidade de veículos e intensidade sonora na Quinta-Feira .
Fonte: Autoria própria, 2010

O número de carros conforme o gráfico 5, na Quinta-Feira foi maior durante as 18h, e menor que na Terça-Feira, já o número de ônibus foi maior nos horários de pico, 12h e 18h. A quantidade total de carros foi maior seguido de caminhões e dos ônibus respectivamente, percebe-se que manteve um padrão de picos e elevações e que diferentemente da Rua da Igreja Sede, a congregação Sonho de Jacó está situada próximo a uma rodovia de tráfego pesado. O gráfico 6 ilustra e faz uma comparação das medidas das Intensidades sonoras nos dois dias da semana.

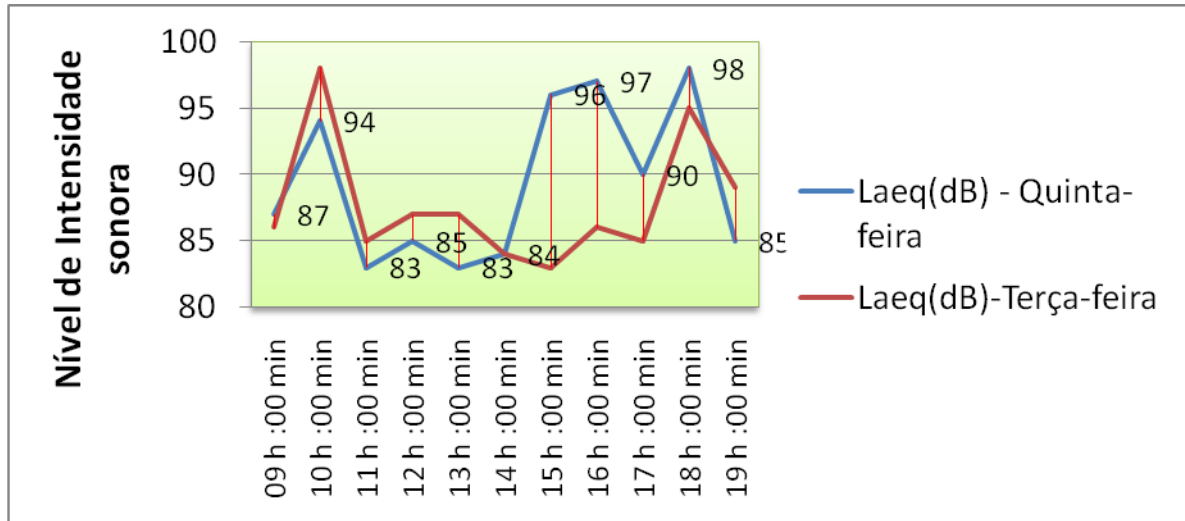


Gráfico 6-Laeq (dB) na área externa da Igreja em função do horário na Terça e Quinta-Feira.
Fonte: Autoria própria, 2010

O gráfico confirma que durante os períodos de pico como das 9h as 10h e durante o período da tarde a intensidade sonora é maior devido a quantidade significativa de veículos que trafegam nestes horários. Apesar de o número de carros serem maior que caminhões, a quantidade de carros por minuto chega a 76 dB (A) enquanto que um ônibus por minuto chega na média de 84 dB (A), conforme a quadro 10, ou seja, os ônibus são as fontes que mais produzem ruído.

Quadro 10-Laeq (dB) dos veículos em função da quantidade na Terça e Quinta-Feira.

	Quantidade/ minuto em média	Laeq dB(A) em média
Carros	25/ min.	76
Caminhões	5/min.	84

Fonte: Autoria própria, 2010

b) Acústica da Edificação

A principal fonte externa identificada como já foi mencionado, foi o fluxo de automóveis, que foi medido no exterior da edificação, e analisar a edificação implica em conhecer os materiais utilizados na sua construção e sua aplicação, para calcularmos o quanto

de energia sonora chegará do exterior para o interior da edificação, através do cálculo do isolamento da fachada.

Para o cálculo do isolamento foi utilizada a fórmula $RR= 10\log (1/t)$ onde segundo Carvalho (2010, p.88):

- RR- é o nível de redução de ruído
- t – é a transmissividade média

O resultado obtido foi de uma Redução de Ruído de 10,39 dB(A) na fachada, este resultado foi corrigido pela fórmula de Josse $Li=Le - R + 10\log (S/A)$ (JOSSE, 1975) para achar o nível de ruído que chega ao ouvido humano, onde:

- Li – o nível de intensidade sonora que chega no interior da edificação
- Le - é o nível de intensidade sonora externo mensurado pelo aparelho.
- R – é o isolamento da fachada
- S – é a área do material por onde entra o ruído
 - utiliza a área da fachada se esta for cega
 - utiliza a área da janela se esta estiver fechada
 - área de ventilação se a janela estiver aberta
- A – equivale a $\sum (\alpha \times S)$, ou seja, a absorção total do ruído

O resultado obtido pela equação foi uma intensidade de $Li = 88,86$ dB (A) que chega ao interior do recinto da igreja, para um $Le= 98$ dB(A) medido no exterior da Igreja, conforme tabela 13. Portanto, é evidente que praticamente todo ruído produzido no exterior da igreja está sendo ouvido pelas pessoas principalmente próximo às janelas e porta da fachada principal.

Tabela 13-Isolamento dos materiais da igreja pra a frequência de 500 Hz.

ISOLAMENTO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA IGREJA PARA FREQUÊNCIA DE 500 Hz								
Material	Isolamento do material (IA)dB	Transmissividade (ti)	Área do material (Si) m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção (α)	A
Porta de Vidro	5	0.316	6.25	1.98			0.04	0.25
alvenaria concencional	50	0.00001	15.35	0.00015			1.04	15.96
			$\sum(Si)$	21.6				$\sum(A)$
				$\sum(Si \times ti)$	1.98			
					T=	0.092		
						RR=	10.39	
						Li=	88.86	

Fonte: Autoria própria, 2010

Foi medido também o quanto a igreja produz de ruído interno durante o culto e o quanto de intensidade sonora é audível do exterior para o interior da igreja sem culto conforme as tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 14-Medição De Ruído Interno Com As Fontes Em Questão.

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (Db)
Orador E Coral	19:45 As 19:55	Média De 2 Minutos	96

Fonte: Autorial própria, 2010

Tabela 15-Medição De Ruído Interno Sem As Fontes Em Questão.

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (Db)
Nenhuma Fonte	10:00 As 10:10	Média De 2 Minutos	71

Fonte: Autorial própria, 2010

Se compararmos com o nível de ruído interno produzido pela igreja menos o RR da igreja temos aproximadamente 86 dB(A) sendo transmitido para seu exterior. Essa transmissão não atende o que estabelece a NBR- 10151 da ABNT conforme o quadro 11.

Quadro 11-Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A).

Tipo de área	Diurno	Noturno
Área de sítios e fazendas	40 dB (A)	35 dB(A)

Fonte: NBR-10151, 2000

Porém quando analisamos os resultados obtidos da aferição da intensidade sonora na ausência das fontes internas na igreja com o cálculo $L_i=88$, 86 dB, ou seja, o quanto a pessoa ouviria das fontes externas nas proximidades da fachada, verificamos uma diferença nos valores, pois, o valor de $L_{aeq}=71$ dB foi a média aritmética da aferição de três pontos em diferentes posições na igreja da intensidade sonora conforme figura 30.

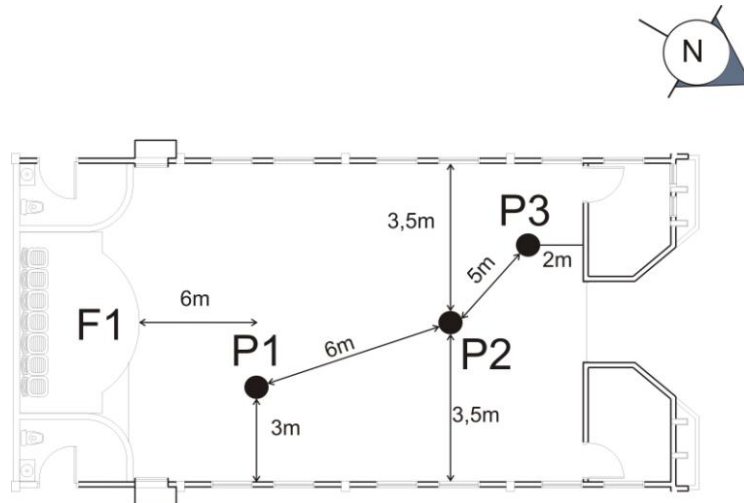


Figura 30-Localização dos pontos de aferição de intensidade sonora.
Fonte: Autoria própria, 2010

Através dos valores obtidos pela aferição *in loco*, podemos concluir que grande parte do som está sendo transmitido para o interior da igreja, a aferição foi realizada conforme a norma NBR-10151 e exposta no relatório em Anexo.

d) Tempo de Reverberação do Recinto

Outra característica importante no condicionamento do som no ambiente é o cálculo do tempo de reverberação que devido o uso varia a duração do som no ambiente. Assim para o cálculo foi utilizado a fórmula de Sabine $TR = \frac{0,162 \times V}{\sum(\alpha \times A)}$

$$\sum(\alpha \times A)$$

O cálculo é feito conhecendo os materiais e suas características físicas, como coeficiente de absorção e absorção total do ambiente. Calculou-se o TR para as três principais frequências com taxas de ocupação de 100% e 50% de pessoas conforme a tabela 16.

Tabela 16-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m³): 400.00		125 Hz		500 Hz		2.000 Hz		
item	especificação	área:m² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em cimento liso	97	0.010	0.970	0.012	1.164	0.012	1.164
2	janelas em vidro comum 4mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	28.30	0.300	8.49	0.100	2.83	0.050	1.415

4	Portas em vidro temperado	3.94	0.180	0.7092	0.040	0.1576	0.020	0.0788
5	Portas em alumínio e vidro	6.72	0.140	0.941	0.060	0.403	0.100	0.672
6	Forro em PVC de 10 cm cor branca	97.000	0.020	1.94	0.020	1.94	0.020	1.940
9	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada	94.34	0.020	1.887	0.020	1.887	0.030	2.830
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	18.48	0.020	0.370	0.020	0.370	0.030	0.554
11	Parede 4 do holl de entrada- em alvenaria revogada e com pintura acrílica	27.35	0.020	0.547	0.020	0.547	0.030	0.8205
12	Mobiliário- cadeiras em madeira com pessoas	87	0.330	28.71	0.440	38.28	0.460	40.02
	somatório das áreas	373.13						
	absorção total calculada			44.563		47.578		49.495
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal			49.538		71.56		71.56
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.213		1.263		1.214
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.3		0.9		0.9
	diferença percentual tr/tor			-6.72%		40.29%		35%
	volume per capita			4.60		4.60		4.60

Fonte: Autoria própria, 2010

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o tempo de reverberação do ambiente está muito abaixo do tempo ótimo de reverberação para uma igreja com um volume de 400 m³ e taxa de ocupação de 100%, com destaque para a diferença percentual entre TR/TRo de -6,12% para 125 Hz, -40,29% para 500 Hz e -35% para 2.000 Hz, isto prova que o ambiente é muito reverberante para as principais freqüências de 500 Hz e 2000 Hz, considerando que as principais fontes são o coral e a palavra do orador.

Um das justificativas é o fato de a igreja possuir um volume 4,60 m³ per capita incompatível com o uso do recinto conforme o quadro 12, outro fato é o partido da igreja, pois o partido é retangular com paredes e forro paralelos o que provoca sucessivas reflexões sonoras, e também devido a própria característica dos materiais, utilizados na construção.

Quadro 12-Volume per capita em função da destinação do recinto.

Ambiente	V mínimo	V bom	V máximo
Igrejas Católicas	5,1 m ³	8,5 m ³	12,0 m ³
Outras Igrejas	5,1 m ³	7,2 m ³	9,1 m ³

Fonte: (CARVALHO, 2010, p.99)

O ambiente necessita de eletroacústico (sonorização ambiente) devido a atenuação do som pelo ruído de fundo da rodovia, considerando um esforço da fala de 70 dB(A). O cálculo do tempo de reverberação nos mostra que se de alguma forma fosse inibido os ruídos externos, a igreja não necessitaria de eletroacústica, devido seu volume ser aproximado do tempo ótimo, para um público de 87 pessoas.

O cálculo também foi feito para uma taxa de ocupação de 50%, fica evidente que quando o público é reduzido pela metade, ou seja, diminuindo a absorção sonora e aumentando a reflexão sonora, o Volume per capita ultrapassa o máximo necessário para o uso do local, havendo muita mudança no tempo de reverberação do local, ultrapassando dos \pm 10 % do tempo ótimo de reverberação que é a diferença percentual aceita, conforme a tabela 17 abaixo.

Tabela 17-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m ³): 400.00			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m ² pess/obj	ai	Si x ai	ai	Si x ai	ai	Si x ai
1	Pisos em cimento liso	97	0.010	0.970	0.012	1.164	0.012	1.164
2	janelas em vidro comum 4mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	28.30	0.300	8.49	0.100	2.83	0.050	1.415
4	Portas em vidro temperado	3.94	0.180	0.7092	0.040	0.1576	0.020	0.0788
5	Portas em alumínio e vidro	6.72	0.140	0.941	0.060	0.403	0.100	0.672
6	Forro em PVC de 10 cm cor branca	97.000	0.020	1.94	0.020	1.94	0.020	1.940
9	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada	94.34	0.020	1.887	0.020	1.887	0.030	2.830
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	18.48	0.020	0.370	0.020	0.370	0.030	0.554
11	Parede 4 do holl de entrada- em alvenaria revogada e com pintura acrílica	27.35	0.020	0.547	0.020	0.547	0.030	0.8205

Pessoas sentadas nas cadeiras	43.5	0.300	13.050	0.420	18.270	0.480	20.88
12 Mobiliário- cadeiras em madeira	43.5	0.100	4.35	0.050	2.175	0.040	1.74
somatório das áreas	373.13						
absorção total calculada			33.253		29.743		32.095
coeficiente médio de absorção acústica							
absorção ideal			49.538		71.56		71.56
tempo de reverberação (tr) calculado			1.213		2.020		1.872
tempo ótimo de reverberação (tor)			1.3		0.9		0.9
diferença percentual tr/tor			-6.72%		124.42%		108%
volume per capita			9.20		9.20		9.20

Fonte: Autoria própria, 2010

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o tempo de reverberação do ambiente está muito acima do tempo ótimo de reverberação para uma igreja com um volume de 400 m² e taxa de ocupação de 50%, com destaque para a diferença percentual entre TR/TRo de -6,72% para 125 Hz, 124,29% para 500 Hz e 108% para 2.000 Hz, isto prova que o ambiente é muito reverberante para as principais frequências de 500 Hz e 2000 Hz, considerando que as principais fontes são o coral e a palavra do orador.

e) Questionário Pós-ocupação

O questionário pós-ocupação analisou duas variáveis da acústica, a integridade da palavra e da música, além de possíveis ruídos externos que por ventura possam prejudicar na integridade da palavra e música na igreja. No quadro abaixo está sintetizado as questões respondidas pelos fiéis.

Quadro 13-Dados Brutos do questionário Pós-ocupação de Acústica .

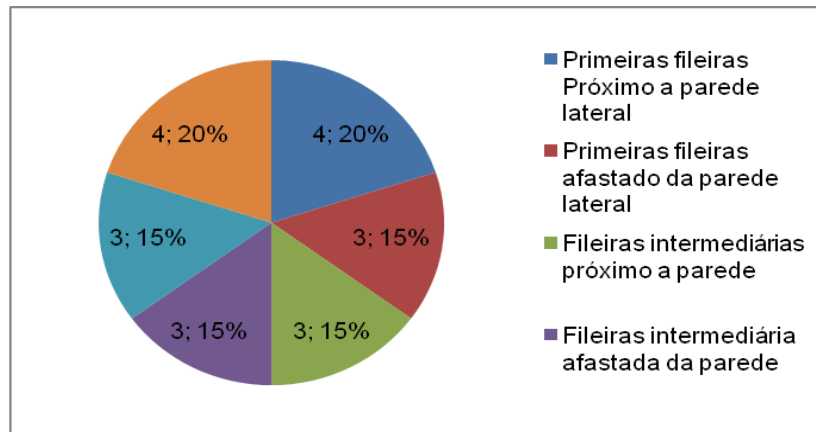
Grau de Integridade	entende parte com dificuldade/Música e Pregação	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	entende com dificuldade a Música	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	entende com dificuldade a Palavra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Não entende nada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		*	*	*	*																	

Local que está Sentado	Primeiras fileiras Próximo a parede lateral	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
	Primeiras fileiras afastado da parede lateral	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
	Fileiras intermediárias próximo a parede	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
	Fileiras intermediária afastada da parede	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
	última fileira próximo a parede	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	última fileria afastado da parede	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Possíveis Ruídos Externos		*	*	*	*																
	Sim	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
	Não	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	14
	Veículos	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	Buzina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Instrumento de Percussão	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	* Pessoas que identificaram ruídos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Pessoas																				

Fonte: Própria autoria,2010.

O questionário foi aplicado em 20 pessoas na igreja, realizado no culto de domingo das 19h as 21hs, distribuído uniformemente (conforme o gráfico 7) na audiência, as janelas e portas do ambiente estavam todas fechadas, os equipamentos utilizados no culto foram os instrumentos musicais (Percussão, teclado) e voz amplificada.

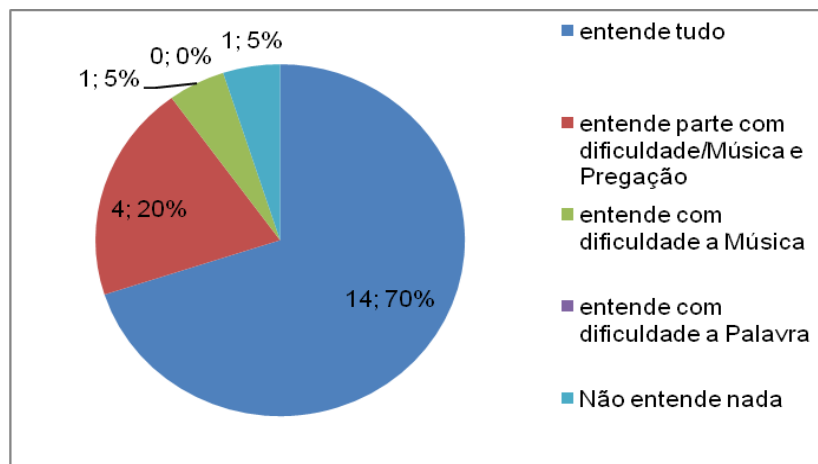
Gráfico 7-Distribuição uniforme dos Questionários.



Fonte: Autoria própria, 2010.

Quando analisado a variável integridade da fala e a música de forma geral, o público em sua maioria (70% que equivale a 14 pessoas) respondeu que entendia tudo com facilidade e uma parcela significativa (20% equivalente a 4 pessoas) responderam que entendiam parte com dificuldade a música e a palavra conforme o gráfico 8.

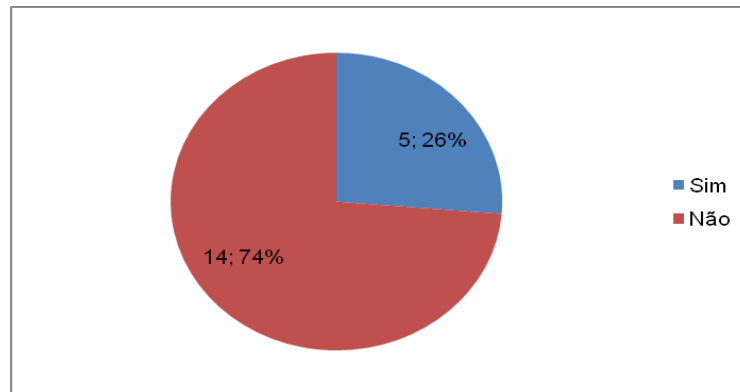
Gráfico 8-Integridade da fala e música.



Fonte: Autoria própria, 2010.

Quanto aos ruídos externos, das 20 (vinte) pessoas, 26% (equivale a 5 pessoas) responderam que existia ruídos (barulhos) externos que lhes incomodavam no culto, e o restante responderam que não existia algum ruído que lhes incomodassem, conforme gráfico 9.

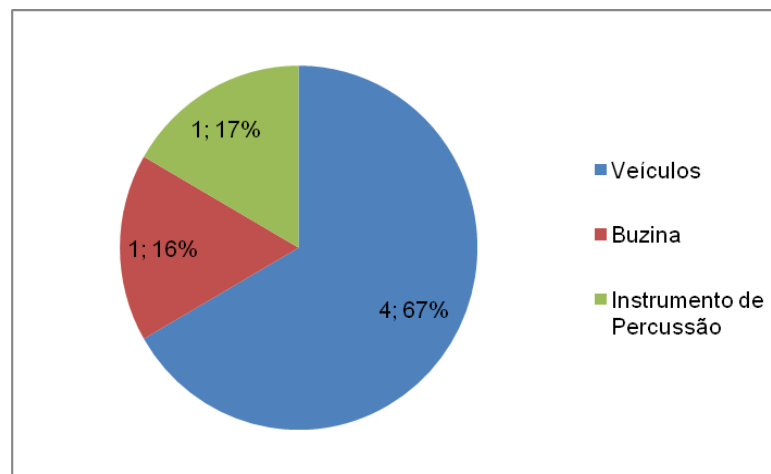
Gráfico 9-Existência de Ruídos Externos.



Fonte: Autoria própria,2010.

Porém, das 5 (cinco) pessoas que responderam que existia ruídos externos, 4 (quatro) pessoas responderam os veículos como sendo o ruído externo que mais lhe incomodavam, 1(uma) respondeu que a Buzina lhe incomodava, e essas pessoas estavam sentadas nas últimas fileiras da audiência (conforme o quadro inicial), ou seja, próximo as esquadrias que estão de frente para a rodovia. Das 14 (quatorze) pessoas que responderam que não existiam ruídos externos, 1 (uma) pessoa respondeu que o instrumento de percussão lhe incomodava, conforme gráfico 10.

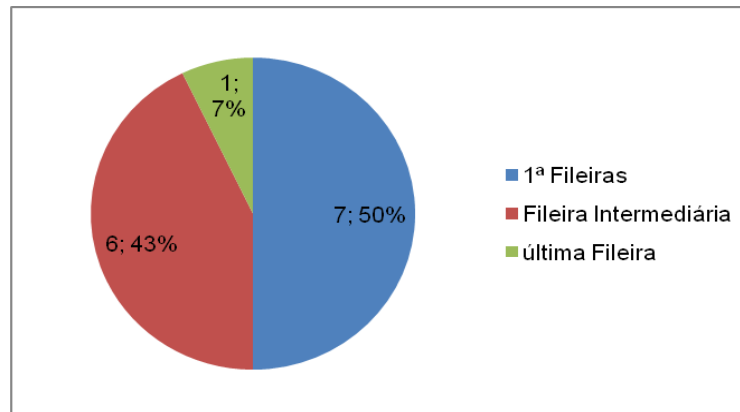
Gráfico 10-Tipos de ruídos Externos identificados pelos usuários.



Fonte:Autoria própria,2010.

Outra característica importante a ser analisada é que das 14 (quatorze) pessoas que responderam que entendiam tudo com facilidade 7 (sete) estavam sentadas nas primeiras fileiras, 6 (seis) em fileiras intermediárias e 1 (uma) na última fileira, conforme o gráfico 11.

Gráfico 11-Relação entre Integibilidade e Posicionamento.



Fonte: Autoria própria, 2010.

f) Proposta de Intervenção

Como proposta para esta igreja, optou-se pela adequação dos materiais e soluções arquitetônicas, em razão de que a igreja não está em conformidade com os padrões acústicos necessários para o conforto acústico levando em consideração todos os fatores estudados para acústica arquitetônica mencionados nos capítulos anteriores.

Para atender os níveis de ruído de fundo necessário e de acordo com a norma NBR- 10152 recomenda-se fazer um isolamento da fachada através da criação de uma parede em dry-waal formando um Hall de entrada (conforme figura 31) e conseqüentemente separando o ambiente da audiência dos ruídos externos da Rodovia, e também pela vedação de uma porta acústica de vidro duplo com câmara de ar, isolando boa parte do som produzido pelos veículos.

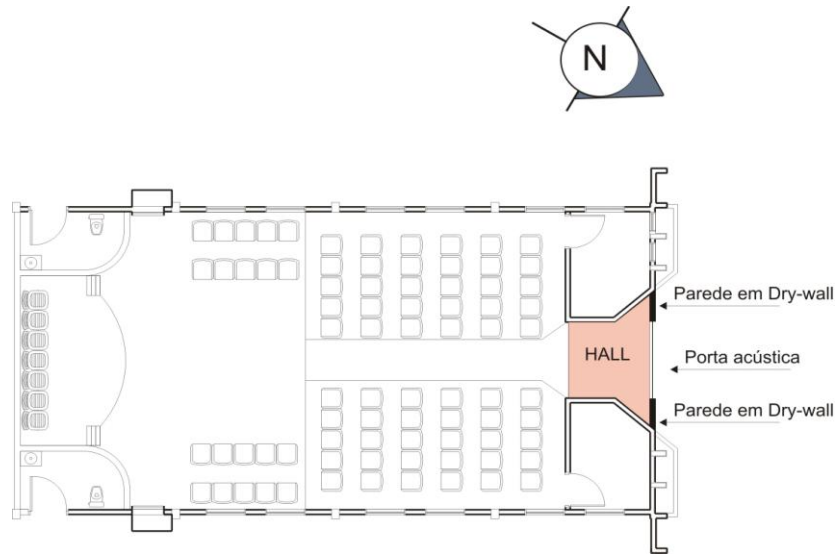


Figura 31-Planta baixa, com destaque para o Hall de entrada.
Fonte: Autoria própria,2010.

Para aferição dos resultados foi realizado o cálculo de isolamento utilizando a fórmula $RR = 10 \log (1/t)$ onde segundo Carvalho (2010, p.88):

- RR- é o nível de redução de ruído
- t – é a transmissividade média

O resultado obtido foi de uma Redução de Ruído de 55,10 dB(A) na fachada, este resultado foi corrigido pela fórmula de Josse $Li = Le - R + 10 \log (S/A)$ (JOSSE, 1975) para achar o nível de ruído que chega ao ouvido humano, onde:

- Li – o nível de intensidade sonora que chega no interior da edificação
- Le - é o nível de intensidade sonora externo mensurado pelo aparelho.
- R – é o isolamento da fachada
- S – é a área do material por onde entra o ruído
 - utiliza a área da fachada se esta for cega
 - utiliza a área da janela se esta estiver fechada
 - área de ventilação se a janela estiver aberta
- A – equivale a $\sum (\alpha \times S)$, ou seja, a absorção total do ruído

A tabela 18 expressa de forma sintética o cálculo do isolamento da Fachada considerando as variáveis citadas.

Tabela 18-Isolamento dos materiais da Fachada para frequência de 500Hz.

ISOLAMENTO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA IGREJA PARA FREQUÊNCIA DE 500 Hz								
Material	Isolamento do material(IA)dB	Transmissividade(ti)	Área do material(Si)m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção(αi)	A
Porta acústica em vidro duplo-preenchida com ar	52	0.0000063	6.25	0.0000394			0.36	2.25
			6.25					2.25
			Σ(Si)	12.5				
				Σ(Si x ti)	0.0000394			
					T=	3.15479E-06		
						RR=	55.01	
						Li	47.43	

Fonte: Autoria própria,2010.

O resultado obtido pela equação foi uma intensidade de $L_i = 47,43$ dB (A) que chega ao interior do recinto da igreja, para um $L_e = 98$ dB(A) medido no exterior da Igreja, conforme tabela 18. Portanto, é evidente que praticamente todo ruído produzido no exterior da igreja está sendo impedido de ser ouvido pelas pessoas principalmente próximo às janelas e porta da fachada principal, pois o nível ideal segundo a norma é de 50 dB(A).

Quanto ao condicionamento acústico, para melhor distribuição e adequação do volume a necessidade de sua função, optou-se por elevar o forro, ampliando assim a área de reverberação e como forma de compensar a reverberação utilizaram-se materiais absorventes do som nas paredes posteriores ao púlpito da igreja conforme figura 32

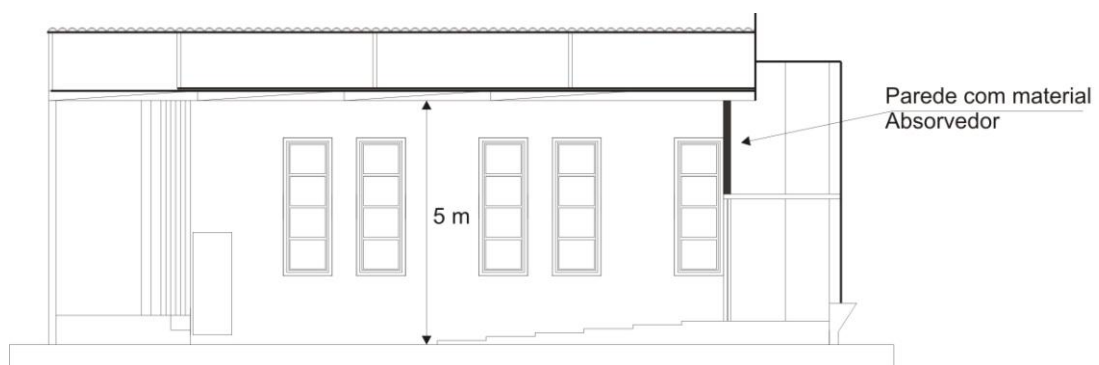


Figura 32-Corte longitudinal da Igreja, com destaque para a altura do forro.

Fonte: Autoria própria,2010.

Para ratificar o condicionamento acústico foi realizado o cálculo do tempo de reverberação do recinto, considerando todas as alterações sugeridas, conforme tabela 19.

Tabela 19-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m³): 400.00			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em cimento liso	97	0.010	0.970	0.012	1.164	0.012	1.164
2	janelas em vidro comum 4mm peliculado em alumínio de três folhas basculantes	28.30	0.300	8.49	0.100	2.83	0.050	1.415
4	Portas em vidro temperado	3.94	0.180	0.7092	0.040	0.1576	0.020	0.0788
5	Portas em alumínio e vidro	6.72	0.140	0.941	0.060	0.403	0.100	0.672
6	Forro em PVC de 10 cm cor branca	97.000	0.020	1.94	0.020	1.94	0.020	1.940
9	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada	94.34	0.020	1.887	0.020	1.887	0.030	2.830
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria rebocada e com pintura acrílica	18.48	0.020	0.370	0.020	0.370	0.030	0.554
	Parede 4 do holl de entrada- revestida com chapa leve de lã de madeira 25mm c/ espaço vazio de 2,4cm	28	0.060	1.680	0.660	18.480	0.720	20.160
11	Parede 4 do holl de entrada- em alvenaria revovada e com pintura acrílica	27.35	0.020	0.547	0.020	0.547	0.030	0.8205
12	Mobiliário- cadeiras em madeira com pessoas	87	0.330	28.71	0.440	38.28	0.460	40.02
	somatório das áreas	401.13						
	absorção total calculada			46.243		66.058		69.655
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal			49.538		71.56		71.56
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.304		0.978		0.927
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.3		0.9		0.9
	diferença percentual tr/tor			0.28%		8.63%		3%
	volume per capita			4.60		4.60		4.60

Fonte: Autoria própria, 2010.

O resultado do cálculo evidencia que as alterações sugeridas estão de acordo com as necessidades mínimas para o local, pois o tempo de reverberação real aproximou-se do tempo ótimo de reverberação para as três frequências principais, para uma taxa de ocupação de 100% do público. Para efeito de cálculo optou-se por utilizar uma taxa de ocupação máxima devido a necessidade principal da igreja Assembléia de Deus garantir constantemente através de festas e comemorações religiosas atrair fiéis de outras congregações. Quanto às

especificações dos materiais e detalhamento das propostas sugeridas ver em anexo projeto arquitetônico e memorial descritivo.

O capítulo seguinte abordará a Proposta da idealização de um Projeto novo para a congregação Sonho de Jacó, localizada no km13 na Rodovia Duca Serra, desconsiderando a igreja construída, considerando apenas o lote, e todas as variáveis de influência na acústica arquitetônica.

CAPÍTULO 4 – Projeto de uma Igreja Evangélica para a congregação Sonho de Jacó

Optou-se pela idealização de um projeto arquitetônico, levando em consideração todos os fatores estudados para acústica arquitetônica mencionados nos capítulos anteriores, além de considerar o conforto térmico devido o clima local.

A Igreja Sonho de Jacó foi escolhida por está localizada em uma área de expansão urbana e próximo a Rodovia Duca Serra caracterizada pelo seu intenso fluxo de veículos e por interligar os dois principais municípios do Estado, Macapá e Santana. Nesta área de interseção encontram-se muitas famílias de baixa renda que são o público alvo principalmente das igrejas Petencostais, garantindo assim sua demanda necessária.

4.1 Programa de Necessidades

O programa de necessidade também é um fator de relevância, pois as igrejas evangélicas necessitam no mínimo de:

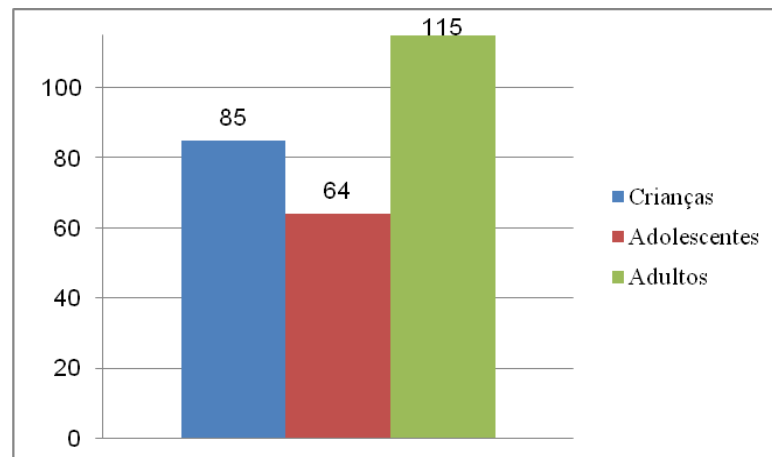
- Secretaria.
- Administração.
- Tesouraria.
- Lugares para a audiência, que dependem do Local.
- Púlpito
- Mini-orquestra
- Mini-Coral
- Central de Banheiros

Para identificar a demanda da igreja no local, foi elaborado e aplicado um questionário de demanda (em anexo), na comunidade próxima a igreja e na área no bairro do Coração e na população que moram nas áreas limítrofes a ferrovia.

O questionário foi aplicado em 60 residências no total, dividido pelas três áreas, ou seja, 20 residências por área, desconsiderando as pessoas que já freqüentavam a igreja da Assembléia de Deus, congregação sonho de Jacó.

Conforme o gráfico 12, podemos identificar que do número total de residências aplicado o questionário, a maioria da população é adulta, em seguida percebe-se que o número de criança foi maior que o de adolescente.

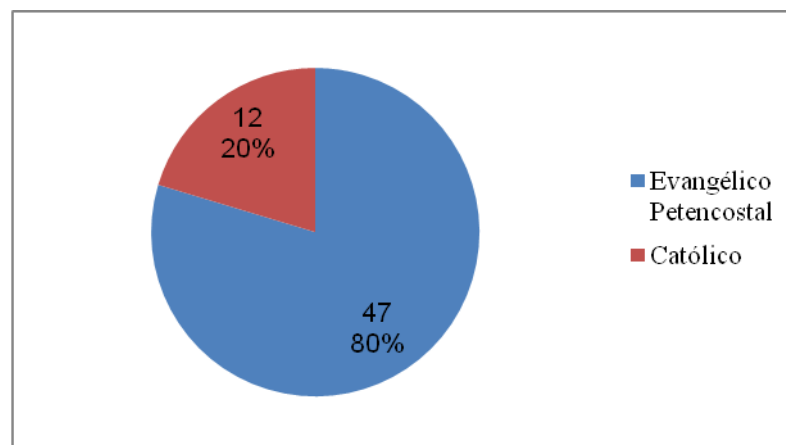
Gráfico 12- Caracterização da População local.



Fonte: Própria autoria.

A religião que predomina no local de acordo com a amostra foi a Evangélica Petencostal da Assembléia de Deus, seguido da religião católica, conforme o gráfico 13 abaixo.

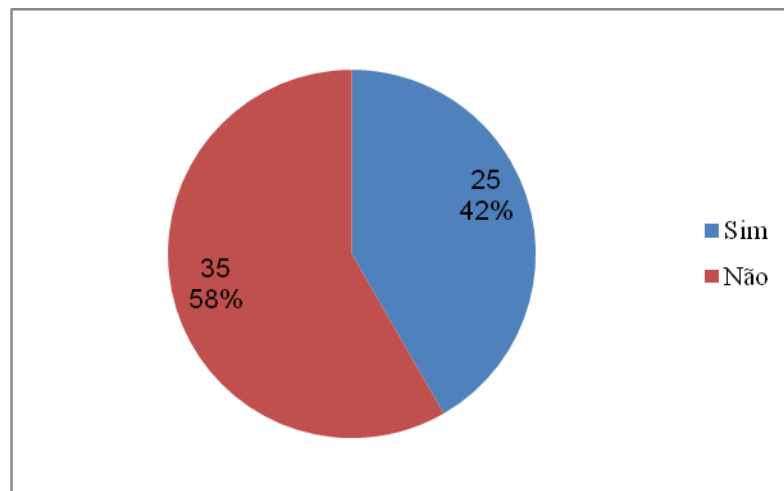
Gráfico 13- Caracterização da Religião Predominante.



Fonte: Própria autoria.

Quando perguntados se conheciam a Igreja da Assembléia de Deus a Pioneira, congregação sonho de Jacó, 58% das pessoas responderam que não conheciam, e 42% responderam que conheciam a igreja, podendo-se afirmar que existe um equilíbrio quanto a essa questão, conforme o gráfico 14, abaixo.

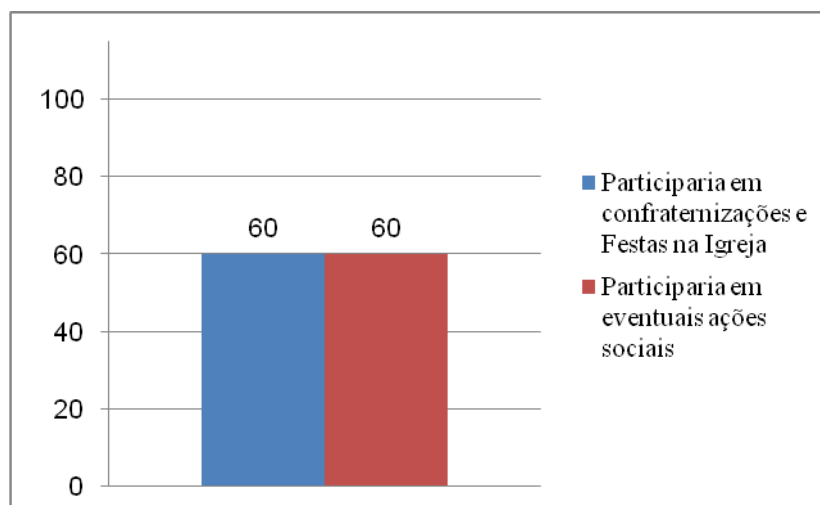
Gráfico 14-Grau de Conhecimento da população sobre a Igreja.



Fonte: Própria autoria.

Quando perguntados, se a igreja lhes convidassem a participar de cultos de confraternização ou festas e possíveis ações sociais que a igreja poderia realizar, todas as pessoas responderam que participariam, independentemente de sua religião, conforme o gráfico 15, abaixo.

Gráfico 15-Participação da População na Igreja.



Fonte: Própria autoria.

Como a igreja possui em média 60 fiéis, optou-se pelo estudo de demanda para sugestão de a igreja atrair a população do entorno com ações sociais e convites para participação de cultos comemorativos. Com os resultados obtidos pelo questionário projeta-se uma igreja para atender 120 pessoas, o dobro da quantidade existente, devido essa necessidade de adequação as novas manifestações da igreja no entorno e também como forma de integração ao crescimento em longo prazo da comunidade.

4.2 Partido Arquitetônico

A orientação do Partido no lote foi baseada em estudos das projeções solares das cartas da latitude 0 (zero) figura 33, cuja orientação do partido buscou-se aproveitar a ventilação natural e impedir a intensa radiação solar através do paisagismo e elementos construtivos nas fachadas como proteção desta intensa incidência solar nas fachadas mais afetadas.

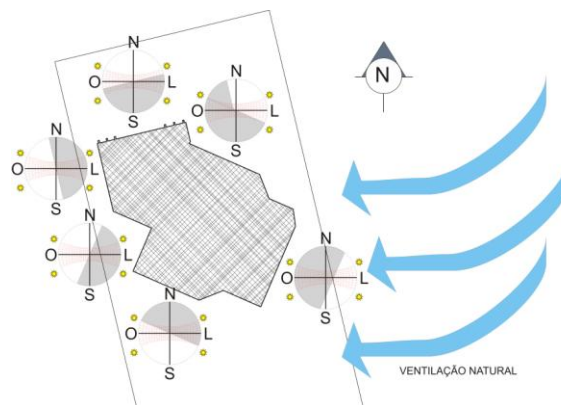


Figura 33-Insolação durante o ano das fachadas da Igreja.
Fonte: Autoria própria, 2010

A análise da insolação tem que ser feita para cada fachada da edificação, onde o centro da fachada é inserido no centro da carta solar e iguala-se o norte da carta solar ao norte verdadeiro do lote , conforme as figuras abaixo.

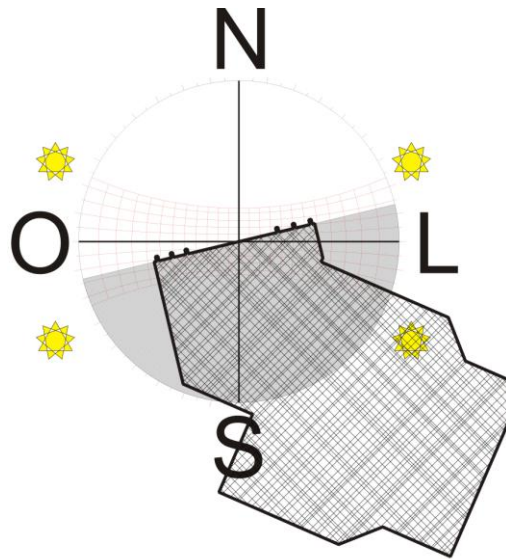


Figura 34-Insolação na Fachada Norte.
Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada NORTE (figura 34) receberá insolação no primeiro semestre em todo o dia das 6h às 18h de Maio a Junho. E no segundo semestre apenas de julho a outubro, porém apenas o mês de julho será das 6 às 18hs. No restante dos meses, ou seja, de agosto a outubro, não será o dia todo, a insolação, por exemplo, no dia 13 de agosto será das 9h 30 min. às 18h o dia de maior duração. E em outubro no dia 20 o de menor duração das 12h as 18h.

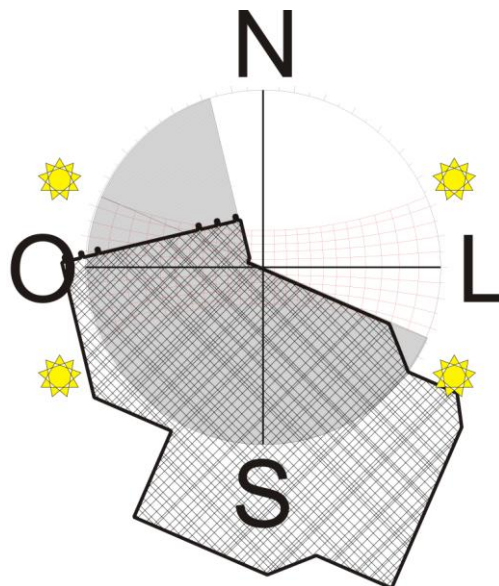


Figura 35-Insolação na Fachada Nordeste.

Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada NORDESTE (figura 35, acima) receberá toda incidência de raios solares pela manhã de Janeiro a Março, sendo que em janeiro dia 21 das 6 às 8 horas da manhã período de duração menor de insolação e em Março dia 21 das 6 as 12 h. No restante dos meses de Abril a Junho haverá insolação também durante a tarde. Em abril no dia 03 das 6 às 12h 50 min. Aproximadamente, e o dia 22 de Junho das 6 as 13h 50 min o período de maior insolação da fachada de todo ano.

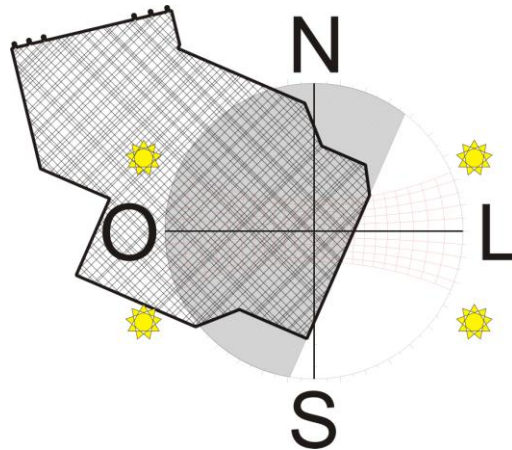


Figura 36-Insolação na Fachada Centro-Oeste.
Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada CENTRO-OESTE (conforme figura 36) receberá maior parte da insolação no primeiro semestre durante a manhã de janeiro a junho, sendo que em janeiro dia 21 das 6 às 10h 30mins da manhã e em junho dia 21 das 6 às 9h 15 min. aproximadamente. No segundo semestre apenas no mês de Dezembro das 6 às 10h 30 min.

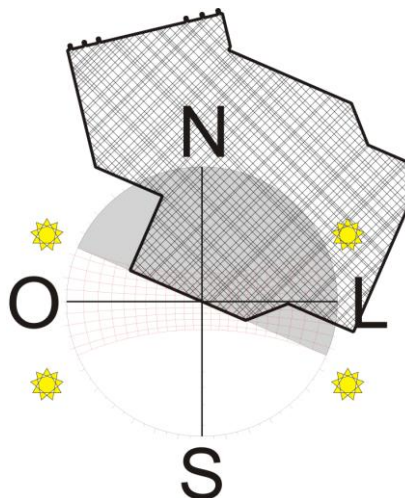


Figura 37-Insolação na Fachada Sul.
Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada SUL (conforme figura 37, acima) receberá insolação durante a tarde toda de Junho a Setembro, contudo em Junho o a duração será menor, das 16 h as 18h e em Setembro das 12h as 18hs o de maior duração deste período. No restante dos meses de outubro a Dezembro a duração será prolongada, passando pela manhã. Em outubro das 11h as 18hs e em Dezembro durante todo dia das 6h as 18hs.

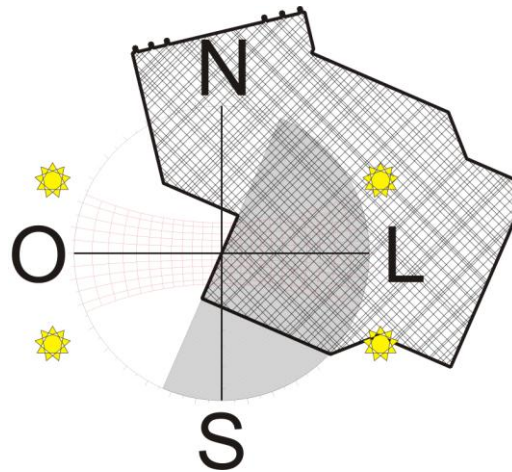


Figura 38-Insolação na Fachada Sudeste.

Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada SUDESTE (conforme figura 38) receberá insolação de Junho a Setembro durante toda tarde e durante parte da manhã, porém em Junho das 11h as 18h e em Setembro das 12h as 18h. Durante os meses de outubro a Dezembro durante toda tarde, contudo em Outubro das 12h 30min. As 18h e Dezembro das 12h 45 min. aproximadamente às 18h.

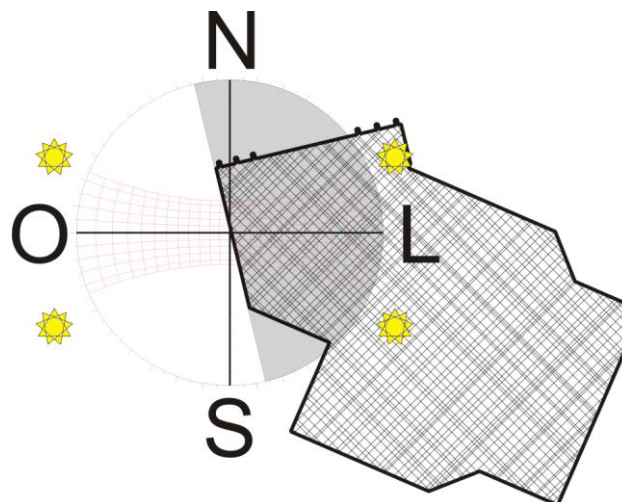


Figura 39-Insolação na Fachada Oeste.

Fonte: Autoria própria,2010.

A fachada OESTE (conforme figura 39) receberá insolação durante todo ano no período da tarde, porém no mês de junho no dia 22 a insolação será a de menor duração das 12h 30 min. à 18h 00, e no mês de Dezembro o de maior duração, a insolação será das 11h 30 min as 18h00.

Outro fator que é relativamente importante na decisão do partido foi a setorização dos espaços. A setorização levada em consideração no projeto da acústica, pôde inibir a transmissão sonora de ruídos externos pela distância conforme figura 40.

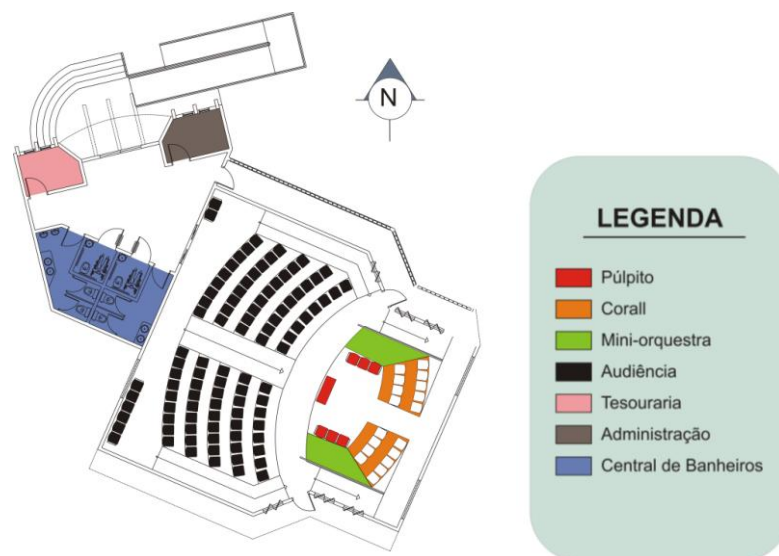


Figura 40-Setorização dos ambientes da Igreja.

Fonte: Autoria própria, 2010

A setorização segue uma hierarquia acústica, pois os ambientes que necessitavam de maior isolamento foram mais afastados para sul, longe das fontes de ruídos aéreos, como a audiência e púlpito e coral, de maneira a evitar privação do isolamento necessário para a função da igreja, conforme figura 40.

Para melhor aproveitamento da ventilação para interior do projeto, adotou-se uma orientação do Púlpito para a direção oeste, pois a ventilação incidia pela fachada leste do Projeto, assim existiria uma troca de ar por pressão, conforme as figuras 41 e 42, respectivamente.

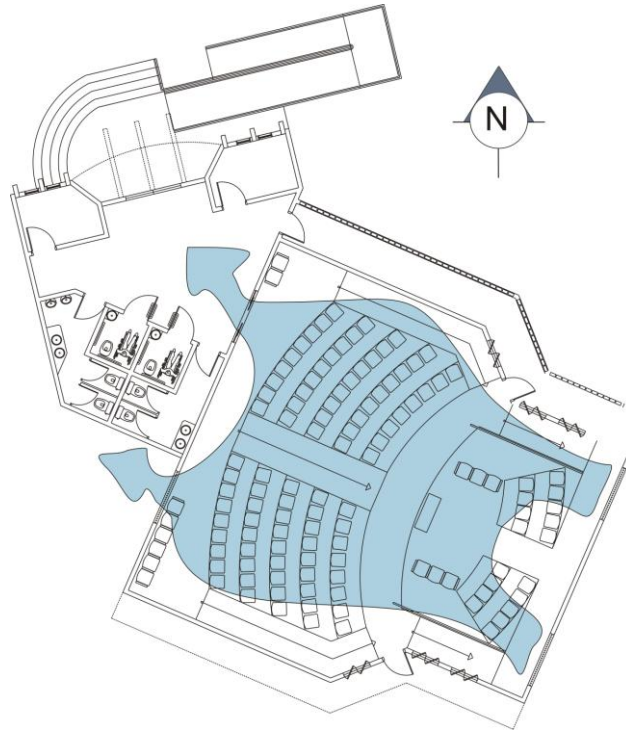


Figura 41-Planta Baixa, fluxo de ventilação natural.
Fonte: Autoria própria, 2010

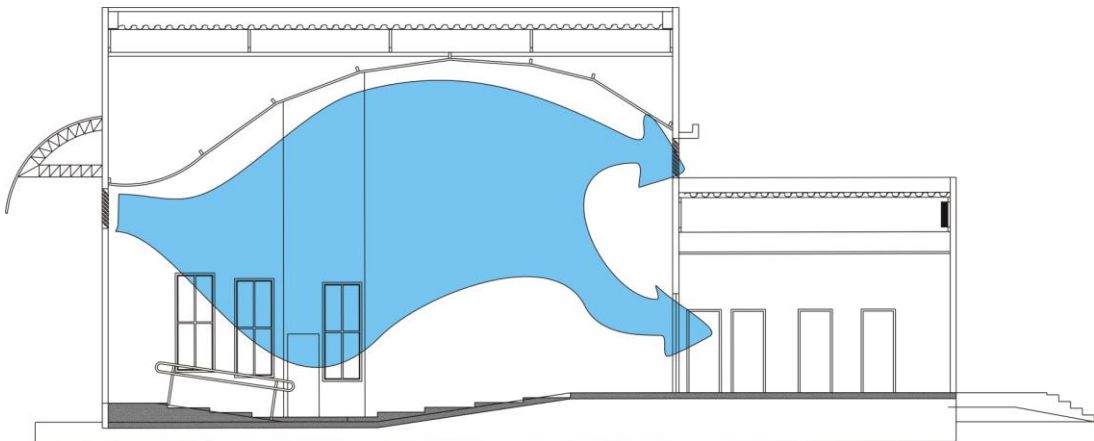


Figura 42-Corte longitudinal, fluxo de ventilação natural.
Fonte: Autoria própria, 2010

Quanto à acústica arquitetônica o partido em leque adotado possibilita distribuição uniforme das reflexões sonoras e aproxima a audiência do púlpito garantindo assim uma boa audibilidade da palavra. Além da utilização de forro como espelhos acústicos para melhor direcionamento e reforço do som na audiência (figura 43).

Os materiais utilizados também foram pensados de acordo com suas características térmicas de absorção e transmissão de calor, bem como suas características acústicas conforme memorial descritivo (anexo)

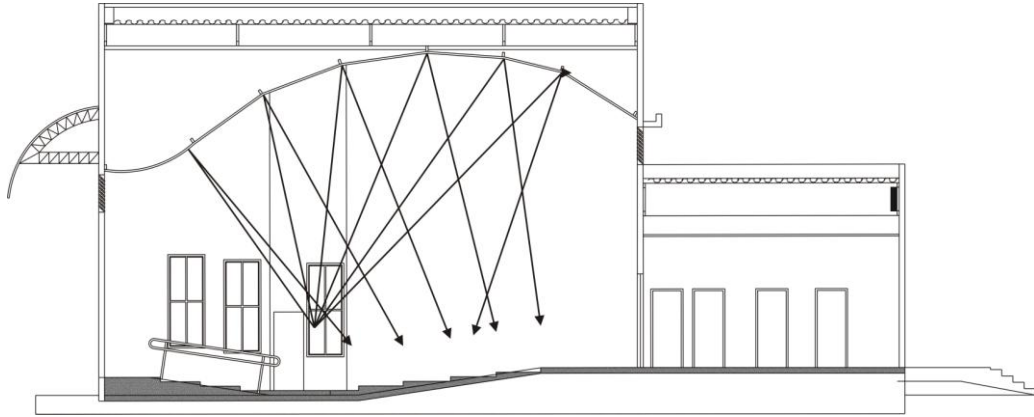


Figura 43-Corte longitudinal, reflexão sonora direcionada.
Fonte: Autoria própria, 2010

Todo o forro foi projetado para refletir o som (baseado na lei da reflexão da luz) em direção a audiência para reforçar o som direto e respeitando a diferença entre a distância das reflexões sonora com a distância do som direto menor que 17m para evitar ecos, conforme (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg.123).

Para o condicionamento acústico também foi feito estudo para o volume mínimo necessário per capita de acordo com o quadro 14, para um programa de necessidade levando em consideração um acréscimo de lugares de 87 para 120 pessoas, em razão do crescimento do número de evangélicos, atualmente a igreja possui 60 fiéis. Então para 120 pessoas o volume necessário é de 612 m³ interno no recinto, porem o projeto assumiu um volume de 654 m³.

Quadro 14-Volume per capita em função da destinação do recinto.

Ambiente	V mínimo	V bom	V máximo
Igrejas Católicas	5,1 m ³	8,5 m ³	12,0 m ³
Outras Igrejas	5,1 m ³	7,2 m ³	9,1 m ³

Fonte: Autoria própria, 2010

Para melhor condicionamento foi calculado também o tempo de reverberação da igreja com 654 o qual o tempo ótimo para frequência de 500 hz é de aproximadamente 1s (ver tabela 20), adotou-se materiais como, forro em lambri de madeira para reflexão sonora, piso em borracha, para isolamento de impactos, na parede posterior de fundos painéis absorvedores do som para evitar ecos.

Tabela 20-Recinto Com Taxa De Ocupação Máxima.

V(m³): 612.00			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em borracha	53.28	0.020	1.066	0.030	1.598	0.030	1.598
2	Pisos do Pulpito em cerâmica	73.5	0.010	0.735	0.010	0.735	0.020	1.470
3	Revestimento das rampas em borracha	28	0.020	0.560	0.030	0.840	0.030	0.840
4	janelas com vidros de 6mm peliculado em alumínio de duas folhas pivotante	30.00	0.100	3	0.020	0.6	0.020	0.6
5	Portas em vidro temperado	3.94	0.180	0.7092	0.040	0.1576	0.020	0.0788
6	Portas em alumínio e vidro	3.8	0.140	0.532	0.060	0.228	0.100	0.38
7	Forro em lambri de madeira	137.500	0.080	11.00	0.060	8.25	0.060	8.250
8	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada	186.2	0.020	3.724	0.020	3.724	0.030	5.586
9	Paredes 3 de fundo- em alvenaria pintada com tinta acrílica c/ cortina grossa	20.55	0.140	2.877	0.520	10.686	0.720	14.796
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria pintada com tinta acrílica	31.45	0.020	0.629	0.020	0.629	0.030	0.944
11	Parede de fundo do Hall de entrada revestida com plainel eucatex acústico c/ câmara de ar de 5cm	26.42	0.480	12.682	0.760	20.079	0.760	20.0792
12	Parede de fundo do Hall de entrada revestida reboco liso e pintado	59.68	0.020	1.194	0.020	1.194	0.030	1.7904
13	Mobiliário- cadeiras em madeira com pessoas	120	0.330	39.6	0.440	52.8	0.460	55.2
	somatório das áreas	654.32						
	absorção total calculada			78.307		101.521		111.612
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal			67.953		98.53		98.53
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.3		1.04		0.9
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.45		1.0		1.0
	diferença percentual tr/tor			-7.22%		3.77%		-6%

volume per capita

5.10

5.10

5.10

Fonte: Autoria própria, 2010

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o tempo de reverberação do ambiente está muito próximo do tempo ótimo de reverberação para uma igreja com um volume de 654 m³ e taxa de ocupação de 100%, com destaque para a diferença percentual entre TR/TRo de -7,22% para 125 Hz, 3,77% para 500 Hz e -6% para 2.000 Hz, isto prova que o ambiente está dentro dos padrões de tolerância de percentual de $\pm 10\%$ do tempo ótimo para as principais frequências de 125, 500 e 2000 Hz, considerando que as principais fontes são o coral e a palavra do orador.

Um das justificativas é o fato de a igreja possuir um volume 5,10 m³ per capita respeitando o volume necessário para o público total e com o uso do recinto conforme a tabela 20, outro fato é o partido da igreja, pois o partido é em leque, ou seja, as paredes não são paralelas entre si, com exceção das laterais, contudo esse paralelismo é anulado pela disposição da audiência em leque, anulando assim as ondas estacionárias.

Outra característica foi a utilização dos materiais adequados para ocasião, como paredes rebocadas e pintadas, forro com alta capacidade de reflexão sonora direcionados para audiência, pisos em borracha para impedir ruídos de impactos dentre outros materiais.

Para uma ocupação de 50%, o cálculo foi realizado, porém com intuito de correção e adequação para 100% de ocupação, ou seja, serve como referência na adequação dos materiais, conforme tabela 21.

Tabela 21-Recinto Com Taxa De Ocupação De 50%.

V(m ³): 612.00			125 Hz		500 Hz		2.000 Hz	
item	especificação	área:m ² pess/obj	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$	α_i	$S_i \times \alpha_i$
1	Pisos em granito na platéia	53.28	0.010	0.533	0.010	0.533	0.020	1.066
2	Pisos do Pulpito em cerâmica	73.5	0.010	0.735	0.010	0.735	0.020	1.470
3	Revestimento das rampas em borracha	28	0.020	0.560	0.030	0.840	0.030	0.840
4	janelas com vidros de 6mm peliculado em alumínio de duas folhas pivotante	30.00	0.100	3	0.020	0.6	0.020	0.6
5	Portas em vidro temperado	3.94	0.180	0.7092	0.040	0.1576	0.020	0.0788
6	Portas em alumínio e vidro	3.8	0.140	0.532	0.060	0.228	0.100	0.38
7	Forro em lambri de madeira	137.500	0.080	11.00	0.060	8.25	0.060	8.250
8	Paredes 1 e 2-laterais de alvenaria rebocada	186.2	0.020	3.724	0.020	3.724	0.030	5.586

9	Paredes 3 de fundo- em alvenaria pintada com tinta acrílica/ c cortina grossa toda fechada	52	0.140	7.280	0.520	27.040	0.700	36.400
10	Paredes 3 de fundo- em alvenaria pintada com tinta acrílica	0	0.020	0.000	0.020	0.000	0.030	0.000
11	Parede de fundo do Holl de entrada revestida com planel eucatex acústico c/ câmara de ar de 5cm	26.42	0.480	12.682	0.760	20.079	0.760	20.0792
12	Parede de fundo do Holl de entrada revestida reboco liso e pintado	59.68	0.020	1.194	0.020	1.194	0.030	1.7904
13	Mobiliário- cadeiras em madeira com pessoas	60	0.050	3	0.050	3	0.080	4.8
14	Mobiliário- cadeiras em madeira	60	0.330	19.8	0.440	26.4	0.460	27.6
	somatório das áreas	654.32						
	absorção total calculada			64.748		92.780		108.940
	coeficiente médio de absorção acústica							
	absorção ideal			67.953		98.53		98.53
	tempo de reverberação (tr) calculado			1.627		1.14		0.97
	tempo ótimo de reverberação (tor)			1.45		1.0		1.0
	diferença percentual tr/tor			12.21%		13.54%		-3%
	volume per capita			10.91		10.91		10.91

Fonte: Autoria própria, 2010

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o tempo de reverberação do ambiente não ficou o ideal, porém focou próximo do tempo ótimo de reverberação para uma igreja com um volume de 654 m³ e taxa de ocupação de 50%, com destaque para a diferença percentual entre TR/TRo de 12,21% para 125 Hz, 13,54% para 500 Hz e -3% para 2.000 Hz, isto prova que o ambiente está um pouco acima dos padrões de tolerância de percentual de \pm 10% do tempo ótimo para as principais frequências de 125, 500 e 2000 Hz, considerando que as principais fontes são o coral e a palavra do orador.

No entanto, pequenas mudanças nos materiais para adequação nesta faixa de ocupação acarretarão em mudanças significativas para a faixa de 100% de ocupação, e por conveniência optou-se por priorizar os resultados para faixa de 100% de ocupação.

Quanto ao isolamento dos ruídos aéreos das principais fontes foi realizado o cálculo de redução do ruído RR, considerando o ruído externo total de 98 dB(A) e as fachada principal como primeiro obstáculo, conforme tabela 22.

Tabela 22-Isolamento da Fachada.

ISOLAMENTO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA IGREJA PARA FREQUÊNCIA DE 500 Hz								
Material	Isolamento do material(IA)dB	Transmissividade(ti)	Área do material(Si)m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção(αi)	A
Porta acústica em madeira dupla-preenchida com lã mineral	52	0.0000063	6.25	0.0000394			0.36	2.25
			$\sum(Si)$	6.25				
				$\sum(Si \times ti)$	0.0000394			
					T=	6.30957E-06		
						RR=	52.00	
						Li	50.44	
considerando:								
Li=(Le-R)+10logS/A								
Le=98 dB								

Fonte: Autoria própria, 2010

Para o cálculo do Li no interior da audiência utilizou-se o resultado do Li da primeira fachada como fonte de ruído, assim a redução de ruído seria de 20 dB(A) garantindo um ruído de fundo entorno de 44.42 dB(A) dentro dos padrões da norma NBR-10151 conforme tabela 20, ou seja, isso foi favorável devido a setorização proposta no projeto, pois ambiente que necessitam de melhor conforto e isolamento de ruído externos, podem ser afastados da fonte reduzindo assim suas interferências.

Tabela 23-Correção do Isolamento da Fachada.

ISOLAMENTO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS DA IGREJA PARA FREQUÊNCIA DE 500 Hz								
Material	Isolamento do material(IA)dB	Transmissividade(ti)	Área do material(Si)m ²	(Si x ti)	Transmissividade Média (T)	Redução de Ruído (RR) Db	Coefficiente de absorção(αi)	A
Porta de vidro	20	0.0100000	6.25	0.0625000			0.04	0.25
								0.25
			$\sum(Si)$	6.25				
				$\sum(Si \times ti)$	0.0625000			
					T=	0.01		
						RR=	20.00	
						Li	44.42	
considerando:								
Li=(Le-R)+10logS/A								
Le=50.44 dB								

Fonte: Autoria própria, 2010

Considerando a redução total tem-se os resultados apresentados na tabela 21^a seguir:

Tabela 24-Atenuação total dos ruídos.

ISOLAMENTO ACÚSTICO DA FACHADA PRINCIPAL	23.34
ATENUAÇÃO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA	66
REDUÇÃO TOTAL DE RUÍDO	89.34

Fonte: Autoria própria, 2010

Os resultados obtidos indicam uma redução de 89,34 dB, assim comparados com a intensidade produzida pelas fontes identificadas na igreja 98 dB, existe uma diferença de 8,66 dB, que é o ruído de fundo no interior da igreja, aceitável, pois segundo a norma NBR-10152 é no mínimo de 50 dB.

Outro aspecto adotado na construção foi o paisagismo como forma de integração da construção ao entorno, pois o paisagismo através das vegetações garantem conforto térmico e proteção contra intensa radiação nas fachadas através das árvores, criando um micro clima na região, conforme figura 44.

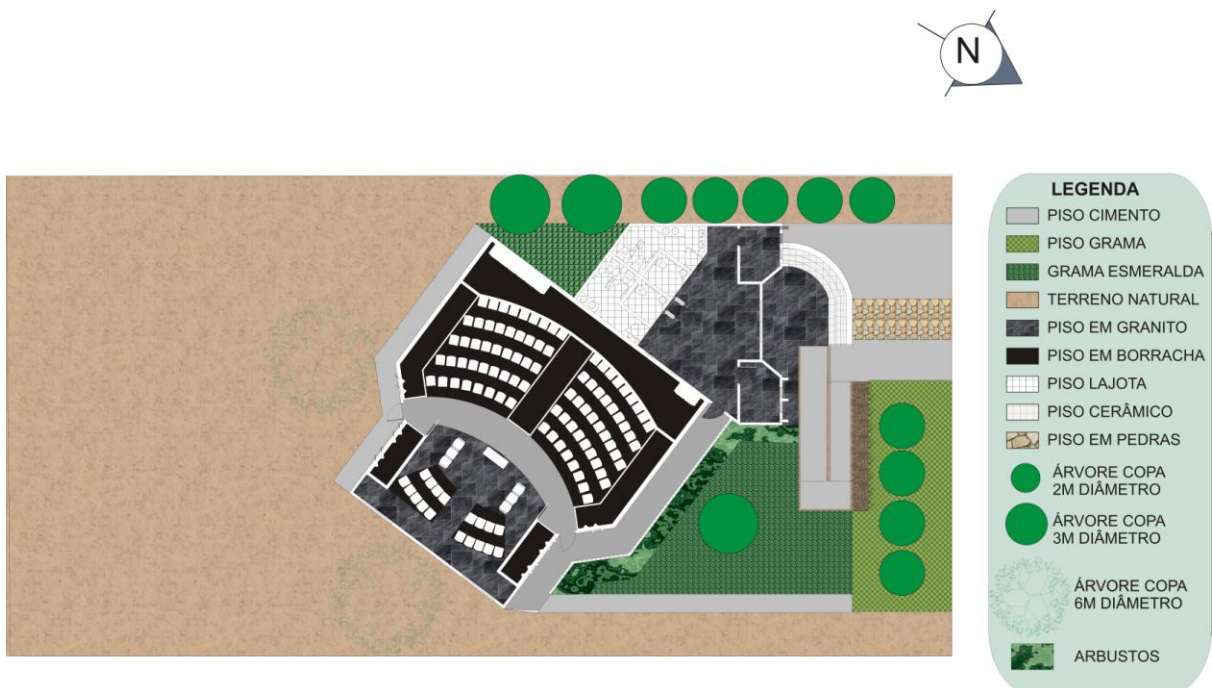


Figura 44-Planta de Paisagismo da Igreja.
Fonte: Autoria própria, 2010

A inserção de elementos como, vegetações de pequeno porte como gramados e piso grama no estacionamento e árvores, ajudam a permeabilização do solo das águas pluviais, além também de servirem como atenuadores dos ruídos provenientes da rodovia Duca serra.

A arquitetura da igreja apresentou o mesmo estilo exigido de padronização das igrejas evangélicas em Macapá, com planos seriados uniformemente distribuídos ao longo das fachadas. Os materiais, vidro e concreto característico do estilo modernista, foram amplamente utilizados nas vigas e pilares, que ficaram aparentes, expressando rigidez estrutural e impondo assim a idéia de proteção para seus usuários, conforme as figuras 45,46, 47 e 48, respectivamente.

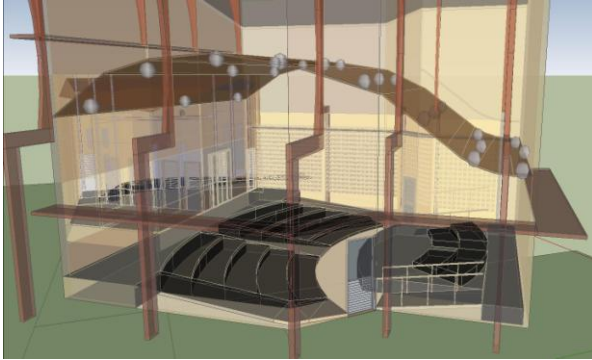


Figura 45- Disposição da audiência em leque

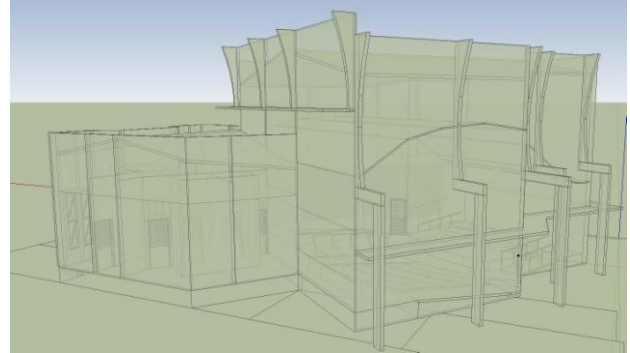


Figura 46- Detalhe dos planos em série

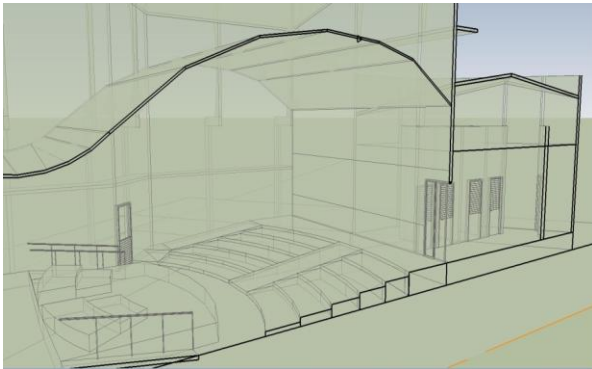


Figura 47- Detalhe do forro acústico



Figura 48- Perspectiva

CAPÍTULO 5 – Considerações Finais

5.1 Conclusões

Através dos resultados obtidos nos dois estudos de caso das igrejas evangélicas A Pioneira em Macapá, tanto o templo sede quanto a congregação estudada, não estavam de acordo com as características necessárias para o melhor aproveitamento do conforto acústico, visando à audibilidade da palavra.

Através das análises do entorno, das variáveis climáticas e acústicas principalmente, os resultados foram abaixo do esperado para o mínimo de audibilidade de conforto acústico, o templo sede, por exemplo, possuía um número significativo de pessoas incompatível com a forma e volume em m³ necessário para um bom condicionamento acústico do local, isso faz com que necessite de eletroacústica que neste caso de acordo com os materiais empregados causariam em um aumento significativo nas reflexões sonoras e conseqüentemente em um desconforto acústico.

A congregação Sonho de Jacó, possui um volume compatível com o número de pessoas, porém sua localização e locação da obra, e os materiais empregados não foram adequados para o condicionamento acústico, ocasionando um ambiente muito reverberante para as principais freqüências, as de 500 Hz e 2000 Hz.

Percebe-se que nas duas igrejas houve falta de comprometimento com a arquitetura em si, pois a arquitetura não é apenas um jogo de formas e volumes, não é apenas arte, não é apenas conforto ambiental, a arquitetura é forma, volume, arte e conforto, a arquitetura é arquitetura, quando atende ou tenta atender todos os requisitos necessários para sua finalidade.

5.2 Perspectivas de trabalhos futuros

Como trabalhos futuros sugere-se as pesquisas como:

- Elaboração de mapas de ruídos da cidade de Macapá pois a mesma não possui. O mapa de ruído é um instrumento imprescindível na setorização urbana, impedindo que funções distintas entrem em conflito, o exemplo clássico é a locação de um hospital em uma área essencialmente comercial.

- Pesquisas para avaliação das implicações dos ruídos urbanos e satisfação e motivação de pessoas que moram em residências uni e multifamiliares e em condomínios em Macapá.
- Estudos para avaliar o histórico de prédios que foram projetados para uma determinada função, porém assumem atualmente funções distintas e identificar suas implicações na acústica arquitetônica e conseqüentemente em seus usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Manuela G. ; SILVA, Sandra M. **Acústica**. Portugal: Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2005. Disponível em: < <http://www.scribd.com/doc/34821363/Sebenta-de-Acustica>>. Acessado em> 17 set 2010.

AZEVEDO, Mariane Brito. **Compatibilização do conforto acústico com o conforto térmico no ambiente construído**. Rio de Janeiro, 2007, 201 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo- Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://teses.ufrj.br/FAU_M/MarianeBritoAzevedo.pdf>. Acessado em: 9 set 2010

ARAÚJO, Bianca Carla D. **Proposta de elemento vazado acústico**. São Paulo, 2010, 197 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CB4QFjAB&url=http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01062010-102405/publico/tese_bianca_completa.pdf&rct=j&q=proposta%20de%20elemento%20vazado&ei=m5c4TcuPBYSBIAezk6nSBg&usq=AFQjCNG0SyoJ5VSQ0LNgAuUaNYJSHIJWlQ&cad=rja>. Acessado em: 17 set 2010.

BOTTAZZINI, Marcelo Carvalho. **Igrejas setecentistas mineiras: a influência das características arquitetônicas na qualidade acústica**. Campinas, São Paulo, 2007, 244 p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: < <http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/65770/igrejas-setecentistas-mineiras-a-influencia-das-caracteristicas-arquitetonicas-na-qualidade-acustica-.html>>. Acessado em: 17 set 2010.

BROWN, G.Z.; DEKAY, Mark. **Sol, Vento e Luz – estratégias para o projeto de arquitetura**. -trad. Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra- 2ª Ed. Porto Alegre, Editora-Bookman-2004

BRITO, Luiz Antônio Perrone .F . **Correções na determinação do nível de potência sonora obtido através da técnica da intensimetria**. Campinas, São Paulo, 2006, 182 p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: < <http://lakh.unm.edu/handle/10229/54336>>. Acessado em: 17 set 2010.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica arquitetônica:**

Qualidade sonora em salas de audição crítica. CNPQ. Disponível em <http://www.poli.usp.br/p/sylvio.bistafa/ACUSARQ/ACUSARQ_CNPq.pdf&rct=j&q=ac%C3%B4stica%20arquitet%C3%B4nica%20&ei=HC6VTMj7FYH78AaT4ZSSDA&usg=AFQjCNFTugbrDknRzXbKPvtZX821ciFvvg&cad=rja>. Acesso em: 18 setem 2010.

CARVALHO, Maria Luiza U. **Resíduos de poli (tereftalato de etileno) e de pneu na confecção de pisos flutuantes para o isolamento do ruído de impacto.** Goiânia, Goiás, 2009, 98 p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

CORBELLA, Oscar ; YANNAS, Simos. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos.** Editora-Revan, Rio de Janeiro, 2003.

CORREA, Conceição de Maria Pinheiro. **Conforto termo-acústico de uma habitação de baixo custo.** São Carlos, São Paulo, 2009, 95 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-08042009-165312/pt-br.php>>. Acessado em: 13 set 2010.

COSTA, Ennio Cruz. **Acústica Técnica.** São Paulo: Blucher, 2003. 127p.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica.** 2.ed. – Brasília: Thesaurus, 2010. 238p.

CULLEN, Gordon. **Paisagem Urbana.** Tradução Isabel Correia e de Carlos de Macedo – Portugal: Edições 70, LDA.

FROTA, Anesia Barros; SCHIFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto Térmico.** - 5ª Ed. São Paulo, Editora-Nobel-2001

GROTTA, Danubia de Lima. **Materiais e técnicas contemporâneas para controle de ruído aéreo em edifícios de escritórios: Subsídios para especificações.** São Carlos, São Paulo, 2009, 212 p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo. <<http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CCMQFjAB&url=http://ww>

w.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-26052009-112244/publico/Danubia.pdf&rct=j&q=Materiais%20e%20t%C3%A9nicas%20contempor%C3%A2neas%20para%20controle%20de%20ru%C3%ADdo%20a%C3%A9reo%20em%20edif%C3%ADcios%20de%20escrit%C3%B3rios:Subs%C3%ADdios%20para%20especifica%C3%A7%C3%B5es&ei=bZ04TenWDIWClAfc9cjyBg&usg=AFQjCNHgCev8UuFx6zH22jo8pw_8Fc7ujQ&cad=rja>. Acessado em 17 set 2010.

KUSAKAWA, Marisa Shimabukuro. **Análise do conforto acústico em shopping Center: um estudo de caso.** Florianópolis, Santa Catarina, 2002, 110 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=9&ved=0CEoQFjAI&url=http://www.gaama.ufsc.br/articles/dissertacao_cassio.pdf&rct=j&q=KUSAKAWA,%20Marisa%20Shimabukuro&ei=m584TbqdMMXflgfQoLDLbg&usg=AFQjCNFsMkEdcWH6B_8v>. Acessado em: 16 set 2010.

LYNCH, Kevin. **A imagem da Cidade.** Tradução Jefferson Luiz Camargo – São Paulo: Martins Fontes, 1997, 227 p.

LEMOS, Carlos A.C. **O que é arquitetura-** São Paulo: Brasiliense, 2003.

MUMFORD, Lewis. **A cidade na História:** suas origens, transformações e perspectivas; [tradução. Neil R. da Silva] – 4ª edição – São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Estudo de barreiras acústica ao ar livre.** Campinas, São Paulo, 2002, 126 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/3273183.html>. Acessado em: 16 set 2010

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais.** Campinas, São Paulo, 2009, 257 p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/111653/nivel-de-conforto-acustico-uma-proposta-para-edificios-residenciais.html>>. Acessado em: 13 set 2010.

OLGYAY, Victor. **Arquitetura y Clima.** Editora-Rubí – Barcelona-2004.

OGASAWARA, Ana Paula. **Avaliação acústica de oito salas destinadas a apresentações teatrais da cidade de Campinas, SP, através da técnica impulsiva**. Campinas, São Paulo, 2006, 251 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <
<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000424636>>. Disponível em: 13 set 2010.

OLIVEIRA, Nadia Freire. **Avaliação acústica de salas de aulas de dimensões reduzidas através da técnica impulsiva**. Campinas, São Paulo, 2006, 137 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <
<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000416314>>. Acessado em: 17 set 2010.

ROSSI, Aldo. **A arquitetura da Cidade**. Tradução Eduardo Brandão. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001, 309.

SANTOS, Maria Graça P. **A história da Arte**. 16ª edição. São Paulo: Editora ática.

SOUZA, Léa C. L.; ALMEIDA, Manuela G.; BRAGANÇA, Luís. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** – São Carlos: EdUFSCar, 2006 . 149p.

RODRIGUES, Besaliel de Oliveira. **História da Assembléia de Deus - A PIONEIRA - Estado do Amapá**. 2. ed. Macapá: Edições da Amazônia, 2007, 40 p.

SILVA, Ivanize Cláudia S. **Metodologia para análise de sistemas de iluminação visando o conforto visual e a eficiência energética em ambientes**. Belém, Pará, 2008, 86 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará.

VILLAR, Jorge Daniel. **O conforto pleno como referencial no processo de projeto arquitetônico**. Campinas, São Paulo, 2009, 415 p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <
<http://cutter.unicamp.br/document/?code=000471224>>. Acessado em: 17 set 2010.



APÊNDICE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ ARQUITETURA E URBANISMO

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO PÓS- OCUPAÇÃO

1. **SEXO:** () MASCULINO () FEMININO

2. **IDADE:** () ENTRE 14 A 18 ANOS () ENTRE 19 A 25 () ENTRE 26 A 50 () ACIMA DE 50

3. **PROFISSÃO OU OCUPAÇÃO:** _____

4. GRAU DE INTEGIBILIDADE

() OUVE E ENTENDE TUDO COM FACILIDADE (MÚSCIAS E PREGAÇÃO)

() OUVE E ENTENDE PARTE COM DIFICULDADE (MÚSICA E PREGAÇÃO)

() OUVE E ENTENDE PARTE COM DIFICULDADE (APENAS A MÚSICA)

() OUVE E ENTENDE PARTE COM DIFICULDADE (APENAS A PREGAÇÃO)

() OUVE MAS NÃO ENTENDE NADA

() NÃO OUVE

5. LOCAL EM QUE ESTÁ SENTADO NA IGREJA

() NAS PRIMEIRAS FILEIRAS PRÓXIMO A PAREDE LATERAL

() NAS PRIMEIRAS FILEIRAS AFASTADO DA PAREDE LATERAL

() NAS FILEIRAS INTERMEDIÁRIAS PRÓXIMO A PAREDE LATERAL

() NAS FILEIRAS INTERMEDIÁRIAS AFASTADO DA PAREDE LATERAL

() NAS ÚLTIMAS FILEIRAS PRÓXIMO A PAREDE LATERAL

() NAS ÚLTIMAS FILEIRAS AFASTADO DA PAREDE LATERAL

6. RUÍDOS EXTERNOS

VOCÊ CONSEGUE IDENTIFICAR ALGUM TIPO DE APARELHO QUE ATRAPALHE A SUA CONCENTRAÇÃO DURANTE O CULTO NA IGREJA?

() SIM

() NÃO

SE A RESPOSTA FOR SIM, QUAL (IS) BARULHO (OS) LHE INCOMODA(M)?

RESPOSTA: _____

FONTE: ADAPTADO DE FERREIRA NETO E BERTOLI 2008



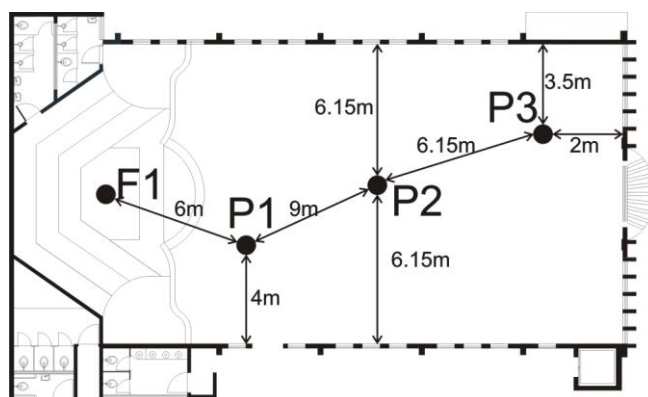
ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO**RELATÓRIO DE AFERIÇÃO DE RUÍDO CONFORME NBR -10151/2000 PARA A
IGREJA ASSEMBLÉIA DE DEUS A PIONEIRA –TEMPLO SEDE**

Equipamento utilizado: Medidor de intensidade sonora (decibelímetro) da marca INSTRUTHERM – modelo DEC-460/ SOUND LEVEL METER COM N° de série 10030405, site oficial da empresa <www.instrutherm.com.br>.

Data da última calibração: Equipamento com calibração interna.

Croqui esquemático sem escala dos pontos de aferição P1, P2 e P3, e da Fonte em questão F1.



MEDIÇÃO DE RUÍDO INTERNO COM AS FONTES EM QUESTÃO

FONTE	HORÁRIO	TEMPO DE DURAÇÃO DA FONTE	Laeq (Db)
ORADOR E CORAL	19:45 as 19:55	MÉDIA DE 2 MINUTOS	86

MEDIÇÃO DE RUÍDO INTERNO SEM AS FONTES EM QUESTÃO

FONTE	HORÁRIO	TEMPO DE DURAÇÃO DA FONTE	Laeq (Db)
NENHUMA FONTE	10:00 as 10:10	MÉDIA DE 2 MINUTOS	54

NCA :para Laeq 86 dB(A)= NC 70, para correção das frequências

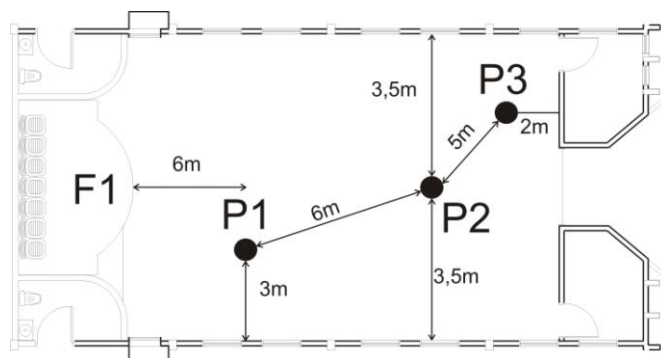
**ANEXO B**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO
**RELATÓRIO DE AFERIÇÃO DE RUÍDO CONFORME NBR -10151/2000 PARA A
IGREJA ASSEMBLÉIA DE DEUS A PIONEIRA – CONGREGAÇÃO SONHO DE JACÓ**

Equipamento utilizado: Medidor de intensidade sonora (decibelímetro) da marca INSTRUTHERM – modelo DEC-460/ SOUND LEVEL METER COM N° de série 10030405, site oficial da empresa <www.instrutherm.com.br>.

Data da última calibração: Equipamento com calibração interna.

Croqui esquemático sem escala dos pontos de aferição P1, P2 e P3, e da Fonte em questão F1.



Medição De Ruído Interno Com As Fontes Em Questão

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (Db)
Orador E Coral	19:45 As 19:55	Média De 2 Minutos	96

Medição De Ruído Interno Sem As Fontes Em Questão

Fonte	Horário	Tempo De Duração Da Fonte	Laeq (Db)
Nenhuma Fonte	10:00 As 10:10	Média De 2 Minutos	71

NCA :para Laeq 86 dB(A)= NC 70, para correção das frequências.



ANEXO C

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO**

MEMORIAL DESCRITIVO

MACAPÁ-AP

2010



ANEXO D

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO**

**ADEQUAÇÃO ACÚSTICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DA IGREJA
ASSEMBLÉIA DE DEUS A PIONEIRA TEMPLO SEDE**

SANTANA-AP

2011



ANEXO E

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO**

**ADEQUAÇÃO ACÚSTICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DA IGREJA
ASSEMBLÉIA DE DEUS CONGREGAÇÃO SONHO DE JACÓ**

SANTANA-AP

2011



ANEXO F

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
ARQUITETURA E URBANISMO**

**PROPOSTA DE UM PROJETO ARQUITETÔNICO PARA IGREJA ASSEMBLÉIA
DE DEUS A PIONEIRA CONGRAGAÇÃO SONHO DE JACÓ**

SANTANA-AP

2011