FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE

CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

BRUNNA CRUZ BARROS

CONFORTO ACÚSTICO EM AMBIENTES CULTURAIS, UMA PROPOSTA DE TEATRO ESCOLA PARA FACULDADE FANESE EM ARACAJU-SE

Aracaju - SE
2022.1

BRUNNA CRUZ BARROS

CONFORTO ACÚSTICO EM AMBIENTES CULTURAIS UMA PROPOSTA DE TEATRO ESCOLA PARA FACULDADE FANESE EM ARACAJU-SE

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Mestre Elso de Freitas Moisinho Filho

Aracaju - SE
2022.1

BARROS, Brunna Cruz

B277c Conforto acústico em ambientes culturais, uma proposta de teatro escola para faculdade fanese em aracaju-se / Brunna Cruz Barros. - Aracaju, 2022. 97 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Coordenação de Arquitetura e Urbanismo.

Orientador(a): Prof. Me. Elso de Freitas Moisinho Filho

1. Arquitetura 2. Projeto 3. Teatro 4. Acústica I. Título

CDU 72 (043.2)

Elaborada pela Bibliotecária Edla de Fatima S. Evangelista CRB-5/1029

FANESE

PORTARIA Nº 19, DE 18 DE FEVEREIRO DE 2022

ANEXO V

ATA DA BANCA DE AVALIAÇÃO DE TCC

Aos 23 dias do mês de junho do ano de 2022, às 19horas, foi convocada e formada a banca examinadora, composta de três autoridades docentes, presidida por: Elso de Freitas Moisinho Filho, e as abaixonominadas, para a avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso – TCC e sua apresentação oral, elaborado pelo(a) discente **Brunna Cruz Barros** cujo título é **Conforto Acústico em Ambientes Culturais, Uma Proposta de Teatro Escola para a Faculdade Fanese em Aracaju-SE**. Foi concedido o tempo máximo de 20 minutos para o discente fazer a exposição oral do trabalho, atribuindo-se outros 10 minutos para arguições. Após a apresentação, foram feitos os questionamentos ao discente, visando à atribuição de nota na disciplina. Concluídos os trabalhos, a banca passou à deliberação sobre a avaliação, considerandoos critérios constantes na Ficha de Avaliação de TCC – Banca Examinadora. Após a deliberação, encerrada a presente banca, o(a) discente obteve as seguintes avaliações: **APROVADA**

Aracaju, de

Elso de F. Moisinho Filho

Arq. Me. Elso de Freitas Moisinho Filho
Presidente da Banca

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIO NOVAIS DANTAS
Data: 27/06/2022 00:34:09-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Arq. Esp. Flávio Novais Dantas
Membro da Banca interno (A)

Arq. Rui Carvalho de Almeida
Membro da Banca externo (B)

Elso de F. Moisinho Filho

Assinatura do Coordenador do Curso

Brunna Cruz Barros

Assinatura do Aluno(a)

Versão do CopySpider: 2.1.1
Relatório gerado por: brunnacruzbarros@gmail.com
Modo: web / normal

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
TCC _BRUNNA CRUZ BARROS_ARQUITETURA E URBANISMO 2022.1.docx X https://myclappy.com/teatro/4081/teatro-tobias-barreto	8	0,08
TCC _BRUNNA CRUZ BARROS_ARQUITETURA E URBANISMO 2022.1.docx X https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8572/6/Fachadas TCC I Bruna Feldhaus.pdf	2	0,02
TCC _BRUNNA CRUZ BARROS_ARQUITETURA E URBANISMO 2022.1.docx X https://issuu.com/sescsp/docs/2010_julho_revista_e_ano_17_n_1	1	0,01
TCC _BRUNNA CRUZ BARROS_ARQUITETURA E URBANISMO 2022.1.docx X http://www.google.com.br/url?esrc=s	0	0,00
Arquivos com problema de download		
https://br.linkedin.com/in/d%C3%A9bora-barreto-009619a2	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece haver uma restrição de acesso para esse arquivo. HTTP response code: 999 - Server returned HTTP response code: 999 for URL: https://br.linkedin.com/in/d%C3%A9bora-barreto-009619a2	
https://www.escavador.com/sobre/4965368/debora-miranda-barretto	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece que o documento não existe ou não pode ser acessado. HTTP response code: 403 - Server returned HTTP response code: 403 for URL: https://www.escavador.com/sobre/4965368/debora-miranda-barretto	
https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/241197/001143230.pdf%3Fsequence%3D1	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece que o documento foi removido do site ou nunca existiu. HTTP response code: 404 - https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/241197/001143230.pdf%3Fsequence%3D1	
https://issuu.com/tccnota10arquitetura/docs/barbara_ormeneze_tcc_arquitetura/s/12554548	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece haver uma restrição de acesso para esse arquivo. HTTP response code: 301404 - https://issuu.com/404	

BRUNNA CRUZ BARROS

CONFORTO ACÚSTICO EM AMBIENTES CULTURAIS, UMA PROPOSTA DE TEATRO ESCOLA PARA FACULDADE FANESE EM ARACAJU-SE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em: _____/_____/_____

Banca examinadora

Prof. Ma. Elso de Freitas Moisinho Filho (Orientador)

Prof. Me. Flávio Novais Dantas (Membro Interno)

Rui Carvalho de Almeida (Membro Externo)

A minha família, pai mãe e irmãos: Breno, Bárbara e Lennon, ao meu companheiro Matheus e meu filho Pedro Expedito. Arquitetura é forma, é função, é materialização da arte presente na história do homem.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vêm por tudo que me circunda, o caminho que criei para chegar até o dia de hoje são de uma trajetória de escolhas feitas por mim, a força maior que me motiva e movimenta todos os dias é Deus, minha fé, minha crença de que posso ser melhor e mais forte todos os dias, desde criança em oração peço sempre o dom da sabedoria, assim sigo meu caminho nesse processo evolutivo da vida.

Aos professores, que não posso citar nomes por que irei esquecer de algum certamente, seria injustiça de minha parte, vocês contribuíram dia após dia nesse longo projeto que é a graduação em Arquitetura e Urbanismo, sintam-se abraçados e saibam que há um sentimento de gratidão inimaginável dentro de mim.

A minha base de amor, minha família, ela é meu apoio, meu porto, onde posso estender a mão e ser amparada, mãe, pai, irmãos, avós. A família que construí nesse meio tempo, meu namorado e agora marido, hoje estamos com nosso filho. Ser mãe me trouxe mais certeza que esse projeto deveria ser concluído, não mais só por mim, mas também por esse ser. que amo com todas as minhas forças.

O que falar dos amigos, amigos de trabalho e amigos clientes, que me proporcionaram condições financeiras para realizar esse sonho, amigos da faculdade e da vida, obrigada.

Obstáculos temos todos os dias, mas penso sempre que posso contorna-los e seguir, nunca estive sozinha, todos vocês são rede de apoio, que me levam e conduzem para a história que construí aqui, a vida.

RESUMO

O presente trabalho trata do projeto arquitetônico elaborado para um Teatro Escola para a instituição da FANESE, tendo como base fundamental o conforto acústico como ferramenta necessária para uma melhor interação e consequentemente ampliação da cultura em uma perspectiva universitária. Para tanto foi realizada uma revisão bibliográfica calculada em livros, artigos científicos, jornais, publicações digitais, recomendações e etc., para contextualizar a arquitetura cultural teatral e as condicionantes pertinentes a acústica, também foi realizado estudos de casos de salas de auditórios feitos através de método walkthrough e visita guiada por arquiteto especializado na área, tendo olhar crítico para a edificação e materiais que os tornam acusticamente funcionais. A proposta tem por finalidade levar uma pequena contribuição a pesquisa científica arquitetônica de teatros, e as propriedades do som necessárias no processo de projeto desses recintos.

Palavras-chaves: projeto, teatro, acústica, som, tempo de reverberação.

ABSTRACT

The present work deals with an architectural project designed for a Theater School for the institution of FANESE, having as a fundamental basis acoustic comfort as a necessary tool for better interaction and consequently expansion of culture within a university perspective. In order to do so, a bibliographic review was carried out calculated in books, scientific articles, newspapers, digital publications, recommendations, etc. walkthrough method and guided tour by an architect specialized in the area, having a critical look at the building and materials that make them acoustically functional. The proposal aims to make a small contribution to the architectural scientific research of theaters, and the sound properties needed in the design process of these venues.

Keywords: design, theater, acoustics, sound, reverberation time.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Curvas de avaliação de ruído recomendadas e A- ponderados correspondentes. 45
Tabela 2: Tabela de índice médio de redução sonora para alguns materiais. ...46
Tabela 3: Tabela de índice médio de absorção sonora para alguns materiais. .47
Tabela 5: Intensidade sonora de algumas fontes e seu impacto 80
Tabela 6: Tabela de coeficiente de isolamento acústico com Índices de Nível de Redução Sonora Ponderada (Rw). 81
Tabela 7 – Comportamento acústico entre piso através de máquina de ensaio 82
Tabela 7: Tabela com levantamento de dados do projeto para sala de teatro...84
Tabela 8: Materiais escolhido para superfícies do teatro para alcançar o tempo ótimo de reverberação do som.....84
Tabela 9: cálculo do tempo ótimo de reverberação para sala do Teatro FANESE:.....84

LISTA DE EQUAÇÕES

Eq. 1- Coeficiente de absorção 47
Eq. 2 Tempo de reverberação 49

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Cenas no Templo de Tebas- encenações 19
Figura 2- Teatro Grego, divisões 20
Figura 3- Teatro Grego, ruínas 20
Figura 4- Teatro Herodes e Teatro de Pompeia 55ª.C - Roma 21
Figura 5- Ruínas teatro romano em Pamukkale 22
Figura 6- Estrutura teatro Romano 22
Figura 7- Efeito da focalização sonora em espaços com cúpulas 23
Figura 8- Arco ogival em igrejas góticas, efeito do eco 23
Figura 9 – Reconstrução em 3D do teatro da Academia Olímpica 24
Figura 10 –Teatro Olímpico Vicenza, Itália 25
Figura 11–Esboço do The Globe e como encontra-se atualmente 26
Figura 12- Teatro Wuxi - Jiangsu China. 27
Figura 13- Teatro Casa da Ópera – Vila Rica/MT 28
Figura 14- SESC Pompéia-SP 29
Figura 15- Teatro Elisabetano 30
Figura 16- The Globe, localizado em Londres 30
Figura 17- Teatro Arena ou Anfiteatro 31
Figura 18- Teatro Arena localizado em Ribeirão Preto 31
Figura 19- Teatro tipo Italiano 32
Figura 20- Teatro tipo Italiano 32
Figura 21- Teatro múltiplo 32
Figura 22- Teatro CCBB localizado em Belo Horizonte 33
Figura 23- Corte com setorização do Teatro da Guarda-Portugal 34
Figura 24- Fluxograma de um teatro 35
Figura 25- Representação da amplitude do som. 37
Figura 26 – Gráfico de curvas isofônicas 38
Figura 27 – Setores que estudam a acústica 39
Figura 28 - Som incidindo em uma superfície 40
Figura 29 – Reflexão Especular 41
Figura 30 – Reflexão Difusa 41
Figura 31 – Lã de vidro (Mecanismo Resistivo) 42
Figura 32 – Ressonadores acústicos em madeira 42

Figura 33 - Som incidindo em na superfície e contornando obstáculos 43
Figura 34 – Painéis acústicos refletores 44
Figura 35 – Gráfico do tempo de reverberação e seu diferente usos 49
Figura 36 – Fachada Teatro Tobias Barreto 52
Figura 37 – Vista auditório Teatro Tobias Barreto 53
Figura 38 – Vista proscênio, linha delimitadora do fosso da orquestra 54
Figura 39 – Vista subpalco 55
Figura 40 – Parede lateral com painéis de madeira difusores 55
Figura 41 – Forro inclinado criando espelhos acústicos 56
Figura 42 – Parede do auditório espaçada 57
Figura 43 – Planta plateia/palco, Tobias Barreto. 58
Figura 44 – Planta pavimento térreo, Tobias Barreto. 58
Figura 45 – Corte longitudinal, Tobias Barreto. 59
Figura 46 – Fachada Teatro Atheneu 60
Figura 47 – Vista do colégio estadual Atheneu Sergipense 61
Figura 48 – Auditório do colégio estadual Atheneu Sergipense 61
Figura 49 – Sala teatro Atheneu 62
Figura 50 – Auditório do Museu da Gente Sergipana 63
Figura 51 –Área do auditório 64
Figura 52 – Planta auditório 65
Figura 53 – Imagem do forro e painéis que isolam as janelas 65
Figura 54 – Bairro de intervenção 67
Figura 55 – Localização do terreno para intervenção 67
Figura 56 – Mapa de uso e ocupação 68
Figura 57 – Mapa de tráfego 68
Figura 58 – Av. João Ribeiro, Aracaju/SE 69
Figura 59 – Vista fachada FANESE e Travessa Sargento Duque 70
Figura 60 – Implantação volumétrica 71
Figura 61 – Perspectiva fachada 72
Figura 62 – Perspectiva fachada 72
Figura 63 – Estudo solar 73
Figura 64 – Croqui corte longitudinal 74
Figura 65 – Planta térreo 74
Figura 66 – Planta 1º piso 75

Figura 67 – Fluxograma setorização Teatro Escola FANESE 76
Figura 68 – Croqui espelho acústico 78
Figura 69 – Resultado do espelho acústico corte e perspectiva 78
Figura 70 – Gráfico do tempo de reverberação e seu diferente usos 83
Figura 71 – Relação campo de visão auditório 86
Figura 72 – Relação campo de visão auditório 87
Figura 73 – Ângulo de visão em teatros para P.C.R 87
Figura 74 – FACHADA 91
Figura 75 – FACHADA 91
Figura 75 – FACHADA 92
Figura 76 – FACHADA 92

SUMÁRIO

JUSTIFICATIVA 17

1.1 TEMA 17

1.2 OBJETIVOS GERAIS.....18

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

2. REVISÃO HISTÓRICA DO TEATRO 18

2.1 DEFINIÇÃO.....18

2.2 ORIGEM DO TEATRO.....19

2.3 EVOLUÇÃO DO TEATRO.....24

3. O TEATRO NO BRASIL.....27

4. REVISÃO TIPOLÓGICA DO TEATRO.....29

5. SETORIZAÇÃO DO TEATRO.....33

6 PARÂMETROS ACÚSTICOS 36

6.1 CONCEITO DA ACÚSTICA 36

6.2 REFLEXÃO, ABSORÇÃO, DIFRAÇÃO.....39

6.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO 44

6.4 REVERBERAÇÃO SONORA.....48

7. NORMAS TÉCNICAS 50

8. ESTUDO DE CASO 51

8.1 TEATRO TOBIAS BARRETO 51

8.2 TEATRO ATHENEU.....59

8.3 AUDITÓRIO DO MUSEU DA GENTE SERGIPANA 63

9. ANALISE PROJETUAL 66

9.2 PARTIDO ARQUITETÔNICO.....70

9.3 PROJETO 71

9.4 FLUXOGRAMA 76

9.5 PROJETO E ACÚSTICA.....77

9.5.1 GEOMETRIA ACÚSTICA.....77

9.5.2 ISOLAMENTO SONORO 79

9.5.3 CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM 82

9.6. DEMAIS CONSIDERAÇÕES 85

9.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 88

REFERÊNCIAS.....89

ANEXOS 91

JUSTIFICATIVA

1.1 Tema

O presente trabalho traz a particularidade da inserção do projeto arquitetônico de um teatro para Faculdade FANESE em Aracaju, propondo um local adequado para diversas apresentações com espaços interativos para usos distintos.

No contexto histórico da humanidade encontramos o termo ágora[1] concebido na antiga Grécia como espaço destinado a reuniões gerais da população, eram espaços urbanos abertos e democráticos, mas vitais na vida política e social dos gregos, e é nesse contexto que surge o teatro, a princípio em locais abertos com temáticas ritualísticas, se difundiu pela Europa, essas áreas ganham formatos diversos para atender as demandas do espetáculo, e dentro dessas demandas está a preocupação com o som e sua inteligibilidade da fala, o bom desempenho acústico se insere como fator primordial desses espaços.

Hoje o significado da ágora pode ser encontrado dentro de universidades, instrumento enriquecedor e difusor do conhecimento científico. A proposta de um teatro na Faculdade FANESE vem para fomentar a arte e a cultura, devido à escassez de espaços com essa finalidade em Aracaju, e criar apoio físico a faculdade, que poderá fazer uso de ambientes específicos com sala expositora, sala de auditórios, sala de oficinas, entre outras. Tornando-se um veículo de relevância para a instituição e sociedade, o edifício foi pensado para garantir um bom desempenho atendendo as normas que qualificam o espaço.

Segundo Lopes (2019) a acústica nos auditórios é essencial na qualidade da comunicação trazendo o bom entendimento da plateia evitando-se interferências sonoras, que independente de sua origem traz prejuízo, distração e mal entendimento da mensagem.

Portanto compreender os fundamentos de melhoria da acústica interna para qualificar o espaço arquitetônico do teatro se torna peça essencial do projeto, sendo

[1] A ágora é a praça principal da polis, a cidade grega da antiguidade. Seu espaço se delimita por mercados e feiras, não há um edifício destinado para seu uso. É nela que o cidadão grego discute sobre política e elabora as assembleias populares, é, portanto, o espaço da cidadania. (RAMOS, 2022).

assim, o trabalho levantará questões pertinentes para um projeto de teatro visando um bom desempenho acústico, o resultado desse trabalho é um edifício com ideais culturais que poderão atender demandas internas da FANESE e proporcionar eventos diversos para a sociedade.

1.2 Objetivos gerais

Desenvolver a proposta do projeto arquitetônico de um teatro como espaço para troca cultural, utilizando as condicionantes da acústica como importante meio para sua qualificação, abordando seu contexto histórico, tipologia e propriedades acústicas pertinentes ao edifício.

1.3 Objetivos específicos

- Apresentar uma sequência histórica, classificando as variações tipológicas e apontando os elementos e características que compõe um teatro;
- Especificar normas regulamentadoras para controle do ruído;
- Compreender o som e os parâmetros acústicos incidentes em sala de teatro;
- Propor um projeto arquitetônico de caráter cultural enfatizando a melhoria acústica do ambiente;

2. REVISÃO HISTÓRICA DO TEATRO

2.1 Definição

O teatro é um espaço social onde são desenvolvidas atividades cênicas para indivíduos, essas atividades podem ser apresentadas na rua, em uma igreja, ou no espaço destinado especificamente para este fim.
Segundo Souza (2006) a palavra teatro tem origem grega *theatron* e significa casa, um gênero de arte ou um edifício onde são apresentados vários espetáculos.

A maneira como os espetáculos eram apresentados junto com as condições e equipamentos sofreram diversas mudanças ao longo dos anos, ocasionando um processo natural, evolutivo e arquitetônico, seu caráter também se altera conforme a época, por vezes com viés ritualístico, outras religiosas e para entretenimento.

Segundo Souza (2006) os ambientes do teatro são como escolas, onde os povos aprendem ao máximo sobre política da moral, do amor, do zelo e da fidelidade.

Nesse cenário o teatro se consolida como instrumento do homem para expressar sentimentos, independentemente da época e modismo, seu valor social se mantém inabalável.

2.2 Origem do Teatro

Em sociedades primitivas há relatos de manifestações teatrais organizadas, acreditavam que danças eram propiciadoras de poderes sobrenaturais e que controlavam questões necessárias à sobrevivência (clima, sucesso, fertilidade da terra, batalhas, etc.), portanto seu caráter era ritualístico. Na Ásia ocidental e no Egito cronologicamente o teatro surge com viés ritualístico, a Índia começou a desenvolver o teatro cinco séculos antes da era cristã, com seus poemas épicos que serviu de base inspiratória para os primeiros dramaturgos indianos (SOUZA, 2006).

Figura 1- Cenas no Templo de Tebas- encenações

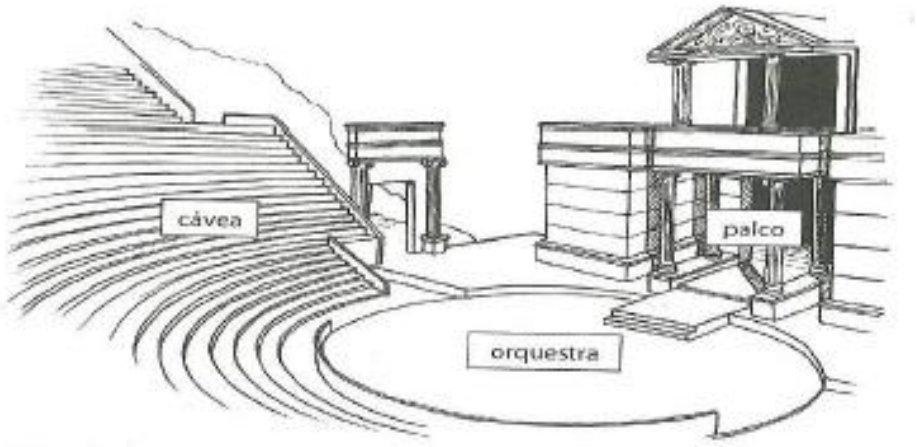
Fonte: AIDAR (2011)

Mas para a sociedade ocidental é na Grécia que se origina o teatro, sem entrar em questões acústicas, pois a priori os efeitos visuais nesses teatros nos trazem

reflexões que não devem ser esquecidas, para os gregos o teatro assume caráter dramático de entretenimento (SOUZA, 2006).

No teatro Grego parte de seu uso era de efeito religioso, acompanhado de corais, danças com rituais elaborados com uso de máscaras, normalmente era situado em um sítio inclinado, dividia-se basicamente por Cávea, Orquestra e Palco.

Figura 2- Teatro Grego, divisões



Fonte: Bragança et al. (2012, p 16)

Figura 3- Teatro Grego, ruínas

Fonte: AIDAR (2011)

Com seu formato semicircular a cávea é destinada aos espectadores, podemos destacar o Templo de Epidauro com 55 fileiras de assentos, com capacidade de até 14 mil espectadores, o teatro Megalopolis com acomodações para 20 mil

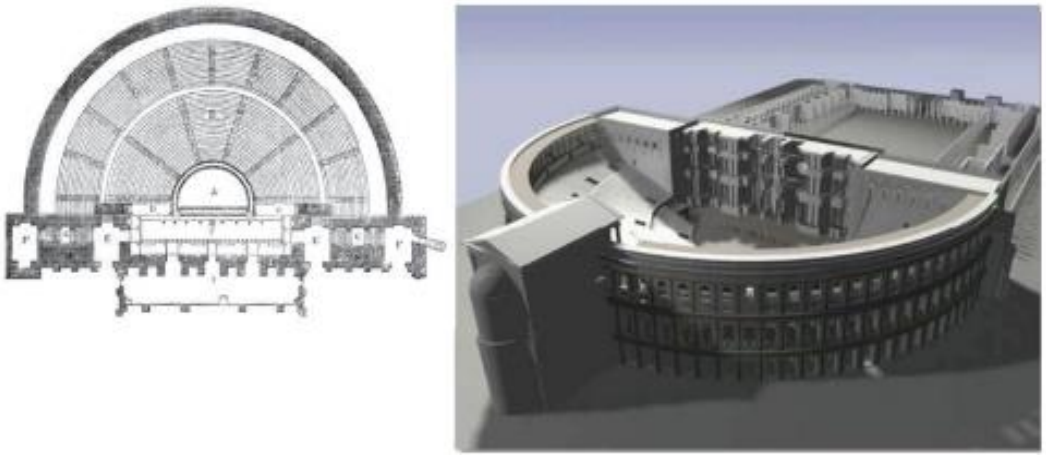
espectadores, essas obras constituem a primeira manifestação em grande escala da arquitetura Grega (SOUZA, 2006).

A Orquestra está localizada abaixo da cávea, é nela que as apresentações são realizadas, o palco está inserido entre uma construção posterior destinada a apoio dos atores e a orquestra.

Segundo Bragança et al. (2012, p. 16) com os gregos podemos aprender sobre a maneira como a plateia se distribui no formato semicircular, causando melhor captação sonora ao espectador, e assim há um aproveitamento de aproximação do público ao palco.

O teatro romano segue com muitas semelhanças do grego, mas para eles o declive do terreno já não tem mais importância, sobre o terreno plano passam a construir edifícios verticais com escadas e corredores que dão de encontro a arena de espetáculo, construíram o anfiteatro que possivelmente nasceu da união de dois teatros semicirculares (Bragança et al., p. 16, 2012).

Figura 4- Teatro Herodes e Teatro de Pompeia 55ª.C - Roma



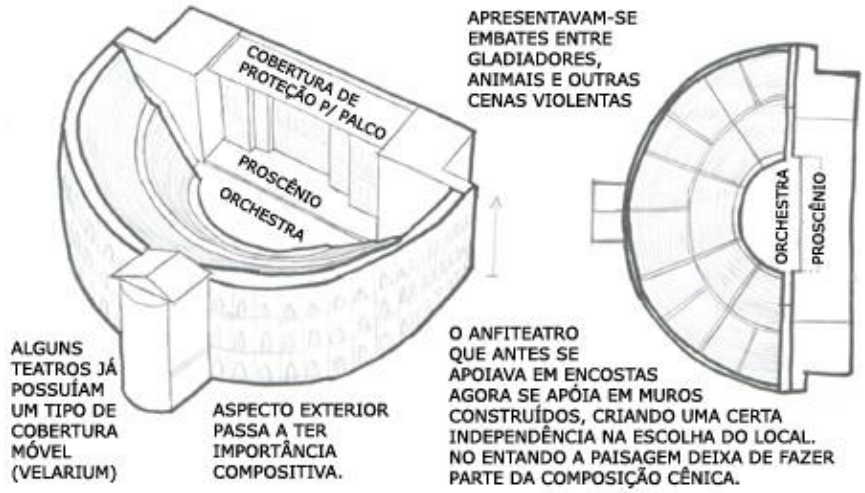
Fonte: URSSI (2016)

Figura 5- Ruínas teatro romano em Pamukkale

Fonte: URSC (2012)

Mantém-se basicamente a mesma configuração do Grego, cávea para o grande público, a orquestra passa a ser semicircular, e é local dos assentos dos nobres, entra o proscênio uma galeria localizada na frente do palco que aproxima o espectador, já que a orquestra é semicircular (figura 4).

Figura 6- Estrutura teatro Romano



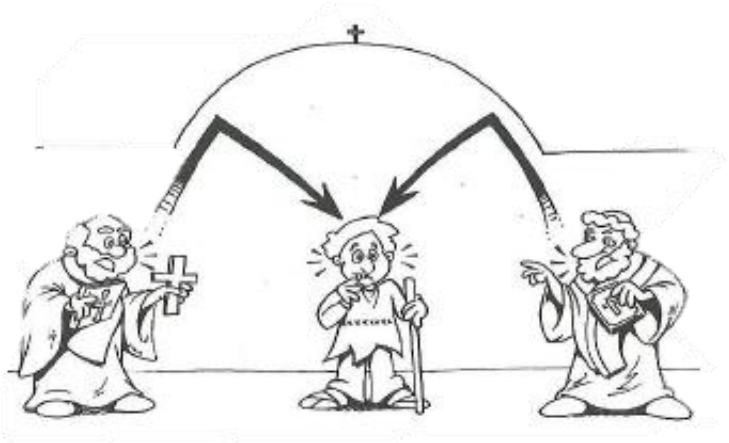
Fonte: URSC (2012)

Os romanos nos deixam a possibilidade do reforço sonoro, com o aumento das superfícies verticais da edificação construída atrás do palco e das reflexões laterais, hoje papel exercido pelas conchas acústicas (Bragança et al., p. 18, 2012).

Com a idade média (476 – 1453 d. C.) a ruptura do império romano leva à falência do teatro, o cristianismo está em alta, e o que passa a representá-lo junto com suas funções acústicas é a igreja.

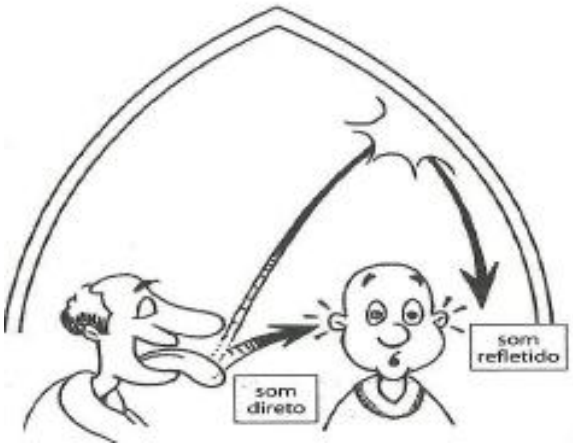
Os romanos deixam um legado de edifícios públicos, e a basílica que até então era usada para o comércio e a corte, passa a ser o espaço onde acontecem as manifestações da igreja.

Figura 7- Efeito da focalização sonora em espaços com cúpulas



Fonte: Bragança et al. (2012, p. 19)

Figura 8- Arco ogival em igrejas góticas, efeito do eco



Fonte: Bragança et al. (2012, p. 19)

O formato da cúpula utilizada nos edifícios bizantinos ocasiona no som um efeito centralizador trazendo a focalização sonora, posteriormente os arcos ogivais

usados na arquitetura gótica torna possível a construção cada vez mais alta nos edifícios, criando um fenômeno no som com efeitos excessivamente reflexivos chamado eco (Bragança e et al., p. 19, 2012).

2.3 Evolução do Teatro

É no renascimento que temos a volta do teatro enquanto espaço de entretenimento, as inspirações da nova tipologia vêm da arquitetura grega e romana.

A acústica passa a receber destaque nesse momento, as grandes reflexões sonoras promovidas dentro desses espaços fechados causadas pelos revestimentos passam a ser compensadas pelo numeroso público que estavam no local, sem eles o ambiente se torna altamente reverberante.

A exemplo temos o Teatro da Academia Olímpica [2](1580-1584) em Vicenza (Itália) do arquiteto Andrea Palladio, conhecido como primeiro teatro coberto, nele destaca-se a união do proscênio com o fundo do cenário e a arquibancada semi-elíptica. É no teatro renascentista que surge o espaço chamado Boca de Cena, ele divide o proscênio em duas áreas distintas (Bragança et al., p.20, 2012).

Figura 9 – Reconstrução em 3D do teatro da Academia Olímpica

Fonte: URSSI (2016)

[2] O Teatro Olímpico de Vicenza mostra o traço de Palladio e sua experiência em arquitetura teatral, considerado o primeiro edifício teatral permanente renascentista, pois só havia até então teatros temporários.

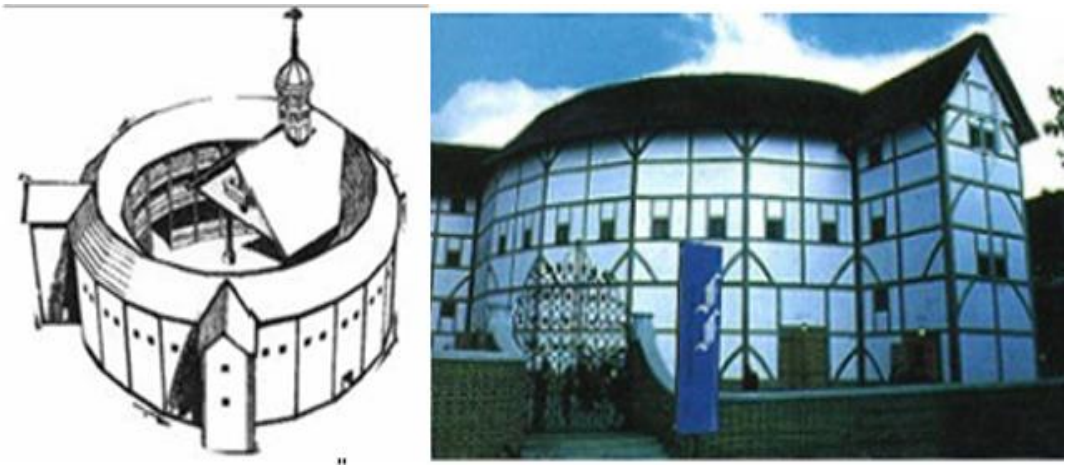
Figura 10 –Teatro Olímpico Vicenza, Itália

Fonte: UNIRIO (2006)

No reinado da rainha Elisabeth I (1558 a 1603) surge o teatro Elisabetano, ou teatro de Shakespeare, nesse período o teatro já era um espaço de entretenimento popular na Inglaterra.

As apresentações eram feitas de forma simples em praças e mercados. O edifício era a princípio construído com materiais simples de carpintaria, e sua formatação se dava de maneira que a plateia fica envolta por três lados normalmente em três andares, a estrutura da cena do palco fica toda exposta ao espectador, por não haver Boca de Cena e caixa cênica o palco podia vir com até três níveis, trazendo uma tradição medieval de cenas múltiplas, usavam a pintura para fazer acabamentos falso de materiais mais nobres como o mármore, segundo Mackintosh (1993, p. 7) o modelo de teatro Shakespeare é um antecessor do teatro ocidental.

Figura 11–Esboço do The Globe e como encontra-se atualmente



Fonte: COLE (2001)

O Barroco teve início em meados de 1600, nessa era tivemos o auge na sua procura para o entretenimento e convívio social. A inclusão da ópera leva a construção de um recinto específico para a orquestra, com isso cria-se mais um desafio acústico, a orquestra passa a marcar uma área excessivamente reflexiva, em contraste com o material absorsivo do palco (Bragança et al., p.21, 2012).

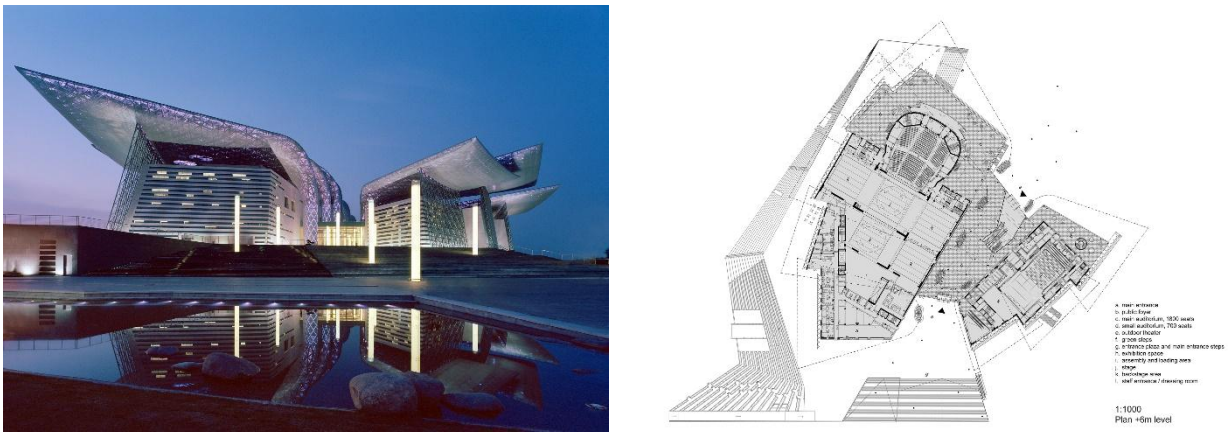
Fica evidente estudo mais profundo para ambientes onde o “ouvir” deve ser contemplado, onde toda hierarquia do público deve ter a mesma percepção sonora.

Início do séc. XX as formas retangulares dos auditórios trazem mais homogeneidade sonora, aliado a estudos de cálculo do tempo de reverberação, hoje graças a inúmeros tipos de materiais de construção e novas formas arquitetônicas sendo exploradas é possível criar ambientes com melhor aproveitamento de reflexões sonoras junto através da distribuição adequada do som (Bragança e et al., p.22, 2012).

O teatro contemporâneo hoje abrange a diversidade de uso, não é mais tido apenas para apresentações de espetáculos, eventos como formaturas, desfiles de moda, palestras, shows musicais, dentre outros, acontecem dentro desse espaço.

Sua tipologia pode se enquadrar em uso misto, o palco se molda às diversas modalidades. Segundo Souza (2006) se conseguíssemos distinguir um estilo para o teatro contemporâneo seria o auditório multiuso, espaço com flexibilidade e adaptável para vários tipos de apresentações.

Figura 12- Teatro Wuxi - Jiangsu China.



Fonte: (TIAINEN, 2012)

Mas foi graças às lições do passado, sobre o aproveitamento das reflexões sonoras que hoje conseguimos espaços mais homogêneos para o “ouvir”, independentemente da localização o espectador consegue ter boa percepção sonora, aliado a tecnologia e diversidade de materiais empregados hoje nas construções dos teatros.

3. O TEATRO NO BRASIL

No Brasil a história do teatro se dá de forma tardia, os padres jesuítas catequizaram os índios, e=dentro das atividades realizadas eles acabaram organizando apresentações teatrais em praias, igrejas e nos palácios, usando influências do estilo do teatro europeu, porém não existia um espaço ou edifício definido para esse fim.

É com a vinda da corte que gradativamente espaços físicos são destinados exclusivamente aos espetáculos teatrais, segundo Bréscia (2020) a primeira casa de espetáculo do Brasil é inaugurada em 1770, nomeada Casa de Ópera de Vila Rica.

Figura 13- Teatro Casa da Ópera – Vila Rica/MT

Fonte: (SOUZA, 2018)

Nesse período os elencos das peças eram formados por indígenas, escravos e comerciantes, a alta sociedade os consideravam inferiores e imorais, levando o espaço teatral a não ser bem visto pela sociedade colonial brasileira naquele momento. O começo da primeira guerra mundial, o declínio dos ciclos do ouro, da borracha e do café, e o início do cinema, aumentam a crise do teatro brasileiro.

Mas apesar das adversidades o teatro brasileiro se mantém vivo e continua em expansão, se difunde por todo território nacional e se consolida como meio de expressão do sentimento humano tendo até hoje grande valor social.

A tipologia mais empregada atualmente é o modelo Italiano [3] e Arena[4], podemos citar Lina Bo Bardi com o teatro arena do SESC Pompéia em São Paulo, inaugurado em 1982 ainda nesse ano projetou o novo Teatro Oficina em São Paulo junto com itens de cenografia, desenho do mobiliário, artes plásticas, entre outros.,

[3] No modelo teatro Italiano o palco tem um nível um pouco elevado, a plateia se posiciona em sua frente e o formato dos assentos se dá de forma mista como ferradura, retangular e semicircular, ver item no subtítulo 4.

[4] No modelo teatro Arena o palco está centralizado e toda a plateia o circunda, ver item no subtítulo 4.

hoje esses edifícios são considerados referência da arquitetônica nacional (ELITO, 2017).

Figura 14- SESC Pompéia-SP

Fonte: (KOK, 2013)

Durante a ditadura militar a linguagem sofreu perseguição e censura, inclusive na arquitetura, a montagem de espetáculos só conseguiu se realizar anos depois (AIDAR, 2007, p 1).

Hoje o teatro brasileiro segue padrões elevados e se enquadra na tipologia contemporânea, e ganhou destaque na cultura nacional, sendo reconhecido inclusive internacionalmente.

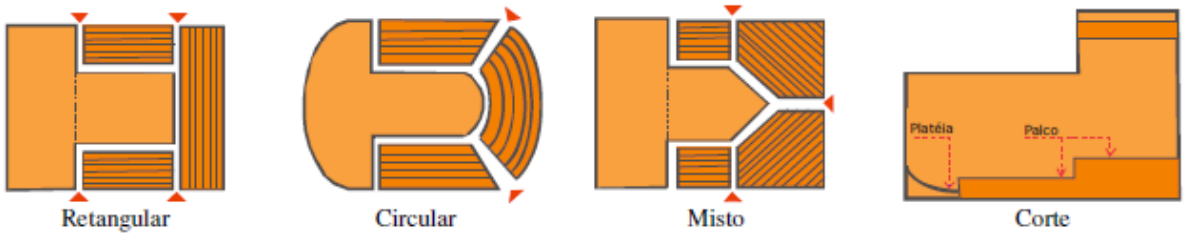
4. REVISÃO TIPOLÓGICA DO TEATRO

Em se tratando de tipos de edificações teatrais existem quatro formas consideradas as principais relacionadas a plateia e palco.

Segundo *Teatros do Brasil* (2001) são elas (1) Elisabetano, (2) teatro Arena ou Anfiteatro, (3) teatro de Proscênio ou Italiano, e (4) Espaço Múltiplo.

Elisabetano – O proscênio pode ser retangular ou circular, posteriormente temos o palco de forma mista, a plateia circula pelos três lados do palco. No Brasil essa tipologia não é muito usual, ela é mais popular em países europeus

Figura 15- Teatro Elisabetano



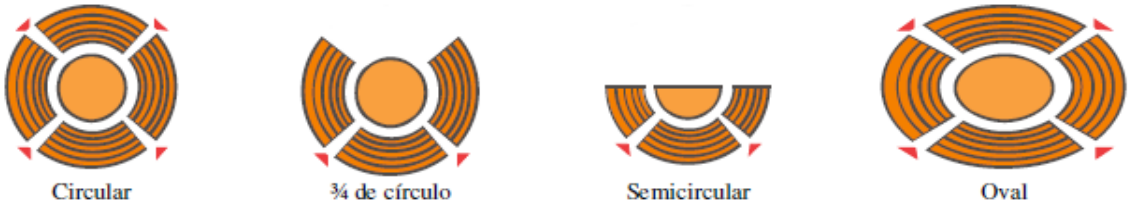
Fonte: (FUNARTE, 2004)

Figura 16- The Globe, localizado em Londres

Fonte: (LANON, 2020)

Teatro Arena ou Anfiteatro - O palco é inserido de maneira centralizada a plateia, onde essa está disposta ao seu contorno, tem formato circular, quadrado, trapezoidal ou ovalado, 3/4 do círculo. Por estarem habitualmente instalados ao ar livre deve-se levar em conta as árvores ou montanhas e ventos dominantes, pois são elementos que definem a acústica do espaço (RIBEIRO, 2018).

Figura 17- Teatro Arena ou Anfiteatro



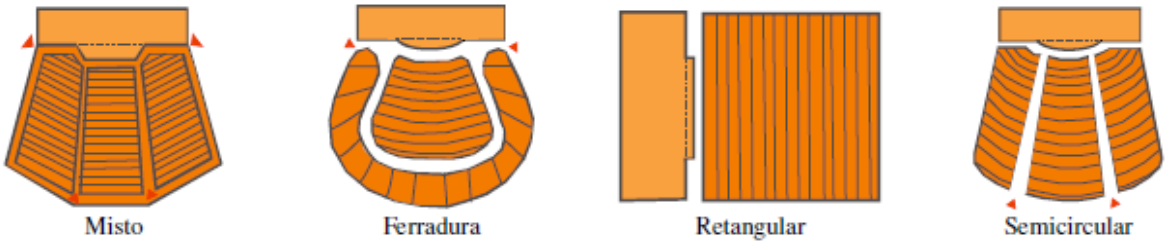
Fonte: (FUNARTE, 2004)

Figura 18- Teatro Arena localizado em Ribeirão Preto

Fonte: (SOUZA, 2015)

Teatro Italiano - Vem da a evolução do teatro Elizabetano, ele é o modelo hoje mais utilizado dentro das tipologias apresentadas atualmente, a plateia fica posicionada de forma frontal ao palco que se mantém a cerca de 1.10 de altura dela. O palco apresenta formato retangular, quadrado, semicircular, em ferradura ou mista, a caixa é fechada nos três lados e aberta na quarta parede, circundando a Boca de Cena que está em frente a plateia (RIBEIRO, 2018).

Figura 19- Teatro tipo Italiano



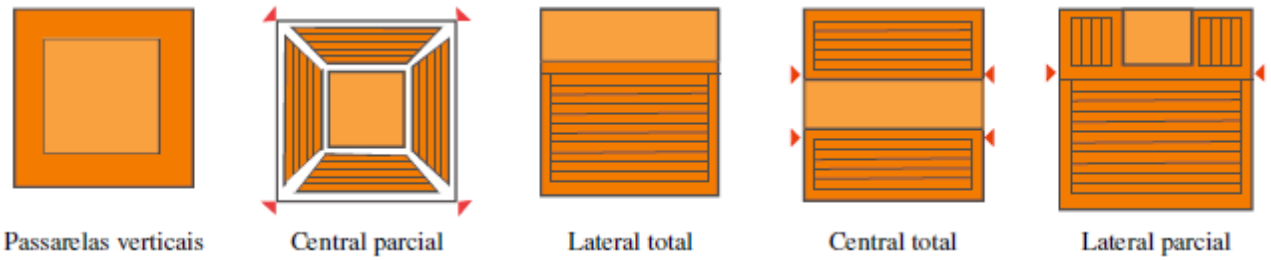
Fonte: (FUNARTE, 2004)

Figura 20- Teatro tipo Italiano

Fonte: (HEE, Carlos 2015)

Espaço Múltiplo – Não necessariamente precisa ser coberto, pode ser aberto onde toda a estrutura com iluminação e varas ficam expostas ao espectador, o palco pode ser inserido em várias posições adaptando-se ao uso.

Figura 21- Teatro múltiplo



Fonte: (FUNARTE, 2004)

Figura 22- Teatro CCBB localizado em Belo Horizonte

Fonte: (LAZÚLI, 2013)

5. SETORIZAÇÃO DO TEATRO

A estrutura arquitetônica do teatro se divide em alguns elementos básicos para seu funcionamento, independente do uso e proporção, esses setores são vitais para seu funcionamento.

1.Foyer – Espaço que antecede a chegada do público ao salão, funciona como ante sala, nesse espaço se insere o bar, sanitários, e a área de convívio com acomodações dispersas no recinto.

2.Palco – Espaço onde acontece as apresentações, em teatros de proscênio, arena ou anfiteatro o espaço permanece fixo, já na tipologia múltipla ele pode vir móvel com forma indefinida para adequação da atuação. Em cada lateral do palco pode existir espaços denominados asas ou coxias, que servem de armazém para itens do espetáculo.

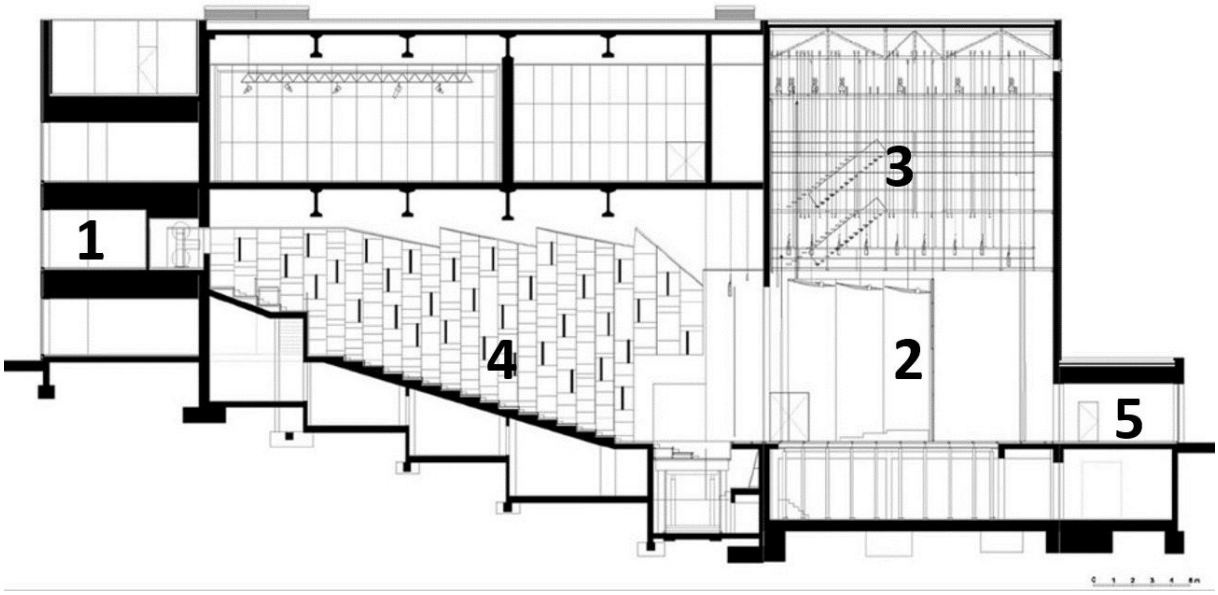
3.Urdimento – Estrutura localizada sobre o palco, espaço vazio posicionado acima da visão do espectador. Nele são inseridos os adereços técnicos em uma grelha

como roldanas ou gornias, que permite o movimento da estrutura de luz e cenas, sustentando a iluminação por malaguetas, ele é o responsável pelas mudanças de cena do espetáculo.

4.Plateia – Área para acomodação do público com poltronas que se distribuem conforme o formato proposto para o teatro, considerando as normas de ergonomia para o fluxo entre elas, de acordo a NBR 9050, locais de eventos temporário devem possuir modelos de poltronas que possam acomodar pessoas com a mobilidade reduzida ou deficiência com tamanhos específicos próximos a rotas de fuga, ter poltronas destinadas a elas com tamanhos específicos, e com assento ao seu lado para acompanhantes, estar inserida em piso com plano horizontal, além de sinalização no edifício ou site do estabelecimento.

5.Camarim/Backstage - Salas onde os locatários se arrumam e usam como depósitos para os objetos das apresentações.

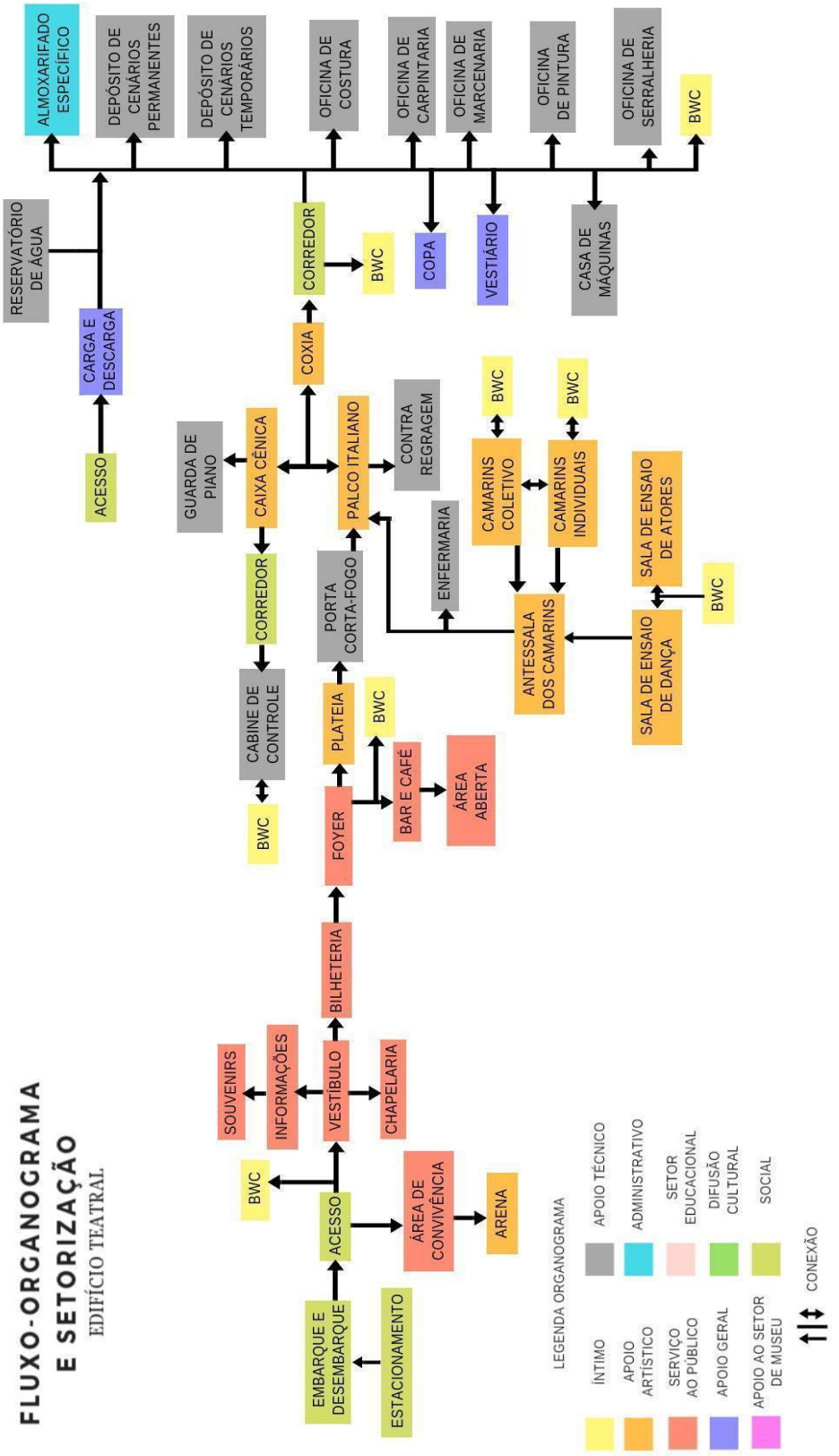
Figura 23- Corte com setorização do Teatro da Guarda-Portugal



Fonte: (VELOSE, 2005)

Cada setor corresponde a espaços essenciais no funcionamento do teatro, dependendo do porte ele pode contar ainda com bilheteria, salas de ensaios e diversas salas

Figura 24- Fluxograma de um teatro



Fonte: MELO (2020)

6 PARÂMETROS ACÚSTICOS

A história da acústica arquitetônica é uma ciência que deve ser tratada com cuidado no desenvolvimento de teatros e arquiteturas voltadas para o entretenimento.

Um bom tratamento acústico permite a esses espaços um elevado padrão da inteligibilidade[5] da palavra, ausência de ecos, e controle do som, assim excluímos os sons que possam transpor as barreiras internas e externas do edifício, que prejudiquem seu funcionamento.

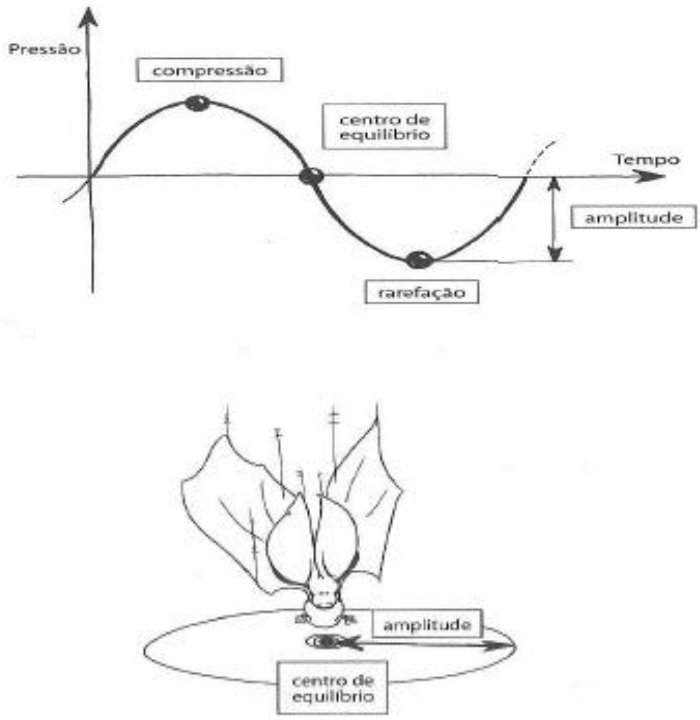
Para tanto é necessário compreender os fundamentos básicos do som, sua propagação, seu isolamento e o tempo ideal de reverberação.

6.1 Conceito da acústica

A acústica é tida como uma ciência que estuda o som, o som se dá através de vibrações que se propagam através de ondas de compressão seguidas de rarefação em um ritmo cíclico, é de natureza mecânica e nem sempre é percebido aos nossos ouvidos. Em acústica também se estuda a fonte geradora, a forma que se dá sua transmissão e os efeitos que o som causa (CARVALHO, 1967).

[5] Diz respeito a clareza que o áudio chega no espectador em sistemas sonoros com o propósito de comunicação. Na fala isso significa ouvir o som de consoantes e vogais corretamente.

Figura 25- Representação da amplitude do som.



Fonte: Bragança et al. (2012, p 25).

A unidade utilizada para quantificar a frequência do som é o Hertz (Hz), significa que 1 Hz a repetição da frequência ocorre uma vez a cada segundo. As frequências são classificadas conforme seu nível, de 0 e 20 Hz encontramos os infra sons, entre 20 e 20.000 HZ são os sons ouvidos por nós sem incômodo chamados de sons audíveis, e após 20.000Hz são os sons que incomodam com grandes frequências chamados de ultrassons (MANUAL acústica básica, p. 8, 2019).

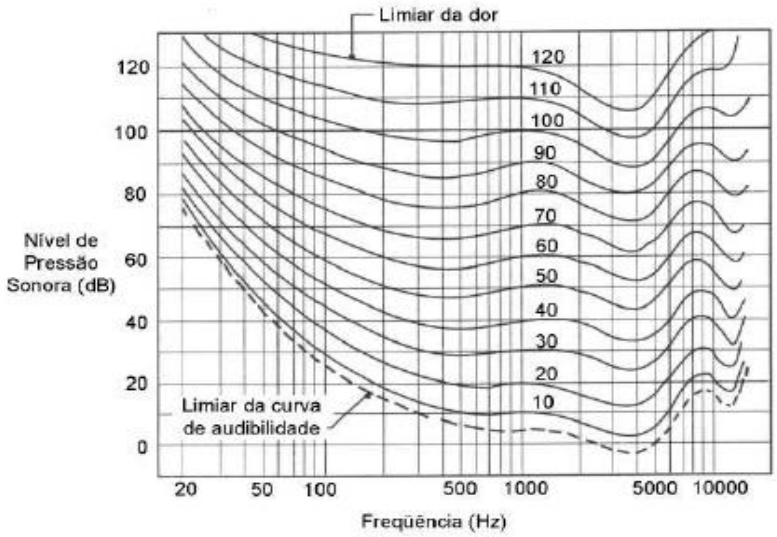
A distinção entre intensidade e altura da frequência está basicamente em dizer que a altura está ligada ao número de vezes de oscilação da onda, e a intensidade a sua amplitude, o popularmente conhecido “aumentar volume” é na prática aumentar sua intensidade (BRAGANÇA e et al. p. 26).

Por ter larga escala os estudos de pressão acústica, sua unidade de estudo é substituída pelo decibel (dB), o valor adotado internacionalmente é o de 10^{-12} W/m³ pois se aproxima da intensidade mínima audível que é 1.000Hz ou 0 dB (BRAGANÇA e et al. p. 30).

Nosso ouvido responde de forma diferente a cada forma de frequência, se ouvirmos um som em baixa frequência não iremos percebê-lo como um em alta

frequência (MEHTA et. al., 1999). Foi criado então o gráfico das curvas isofônicas, nela conseguimos obter a produção de uma mesma sensação audível em diferentes frequências (BRAGANÇA e et al. p. 32).

Figura 26 – Gráfico de curvas isofônicas

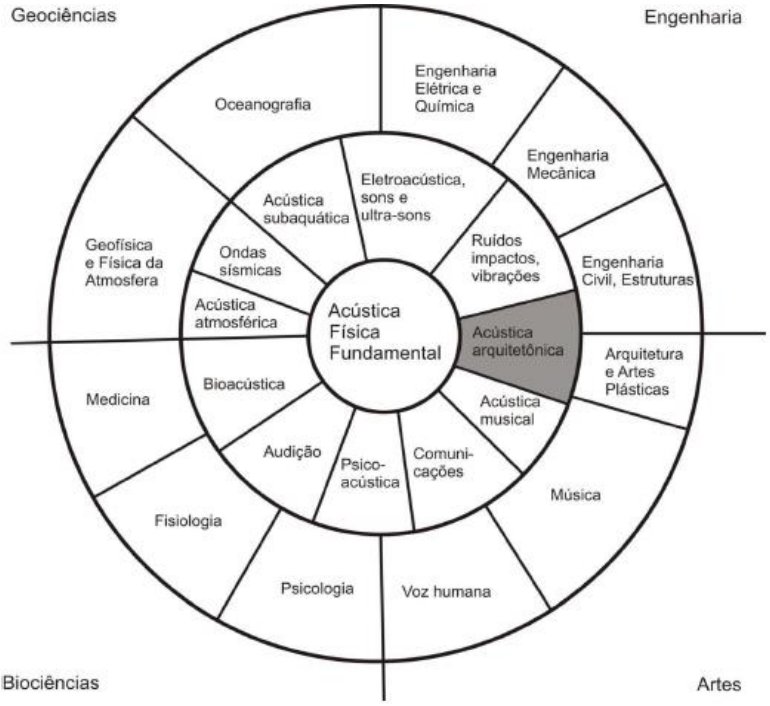


Fonte: CARVALHO (1967).

A acústica abrange diversas áreas, e tem uma ampla variedade nas ciências e tecnologias. Entender de que formas age o som dentro dos ambientes, e a partir disso obtém informações do seu modo de agir, na figura 16 encontramos um diagrama proposto Lindsay (1964) e adaptado por Bistafa (2006), nele encontramos os diversos campos de estudo da acústica incluindo a arquitetura, tema proposto para esse estudo.

Na arquitetura o objetivo da acústica é entender a forma como age o som e a partir disso aplicar materiais específicos para o tratamento adequado do som no ambiente, leva-se em conta a reverberação, isolamento do ruído, e absorção, consequentemente teremos uma boa inteligibilidade da fala (SILVA, 1983).

Figura 27 – Setores que estudam a acústica



Fonte: Lindsay (1964), adaptada por Bistafa (2006)

Em projeto de edificação existem duas ramificações: a acústica de ambientes e a de edificações, onde a acústica de ambientes está associada ao projeto, sua forma e materiais a ele aplicado, e como o som irá se propagar através da reflexão, difração e absorção. Já a acústica de edifícios significa à forma como o som se propaga entre os ambientes (OGASAWARA, 2004).

6.2 Reflexão, Absorção, Difração

O projeto de um edifício quando materializado leva o arquiteto a tratar suas superfícies, é com essa condicionante que onde o som irá trabalhar de diversas formas.

O comportamento do som é semelhante ao da luz, sendo que as ondas do som são relativamente menores em comparação com a luz (BRAGANÇA e et al.p.34).

Ao atingir uma superfície o som é parcialmente refletido, absorvido, uma parte transmitida pela superfície e outra dissipada.

Figura 28 - Som incidindo em uma superfície

Fonte: Bragança et al. (2012, p 36)

Reflexão – Fenômeno onde a onda sonora incide na superfície reflexiva e retorna ao ambiente.

Em salas de auditório e teatro utiliza-se da reflexão para reforçar e direcionar o som de forma homogênea em todo espaço da plateia, através de espelhos acústicos[6], pois o som tende a perder sua intensidade ao se afastar do seu ponto de origem, e os espelhos acústicos colaboram com sua distribuição (BRAGANÇA e et al.p.36).

Materiais mais rígidos apresentam maiores índices de reflexão, como vidro, painéis de madeira, cerâmicas, paredes com bloco cerâmico ou concreto.

Na idade média podíamos perceber o fenômeno da reflexão no interior das igrejas, como a pedra era o material mais empregado nas construções e é um material altamente reflexivo, certas obras musicais só funcionavam em determinadas igrejas, chegando a ser inviáveis em outros espaços, porque o tempo de reverberação causado pela reflexão eram diferentes (PERES, 2020).

A reflexão pode ser especular e difusa. A reflexão especular se dá quando o som incide na superfície refletora e retorna a sua origem de forma paralela, e isso ocorre porque a onda tem dimensões maiores do que a irregularidade da superfície.

[6] Materiais utilizados para concentrar ou difundir as ondas sonoras, a exemplo painéis de madeiras retos ou convexos.

Reflexão difusa o som incide paralelo na superfície e volta divergente, espelhado em diversas direções, para que não aconteça isso comprimento da onda deve ser compatível com as irregularidades da superfície. (METHA et. al. 1999).

Figura 29 – Reflexão Especular

Fonte: METHA et. Al, 1999

Figura 30 – Reflexão Difusa

Fonte: METHA et. Al, 1999

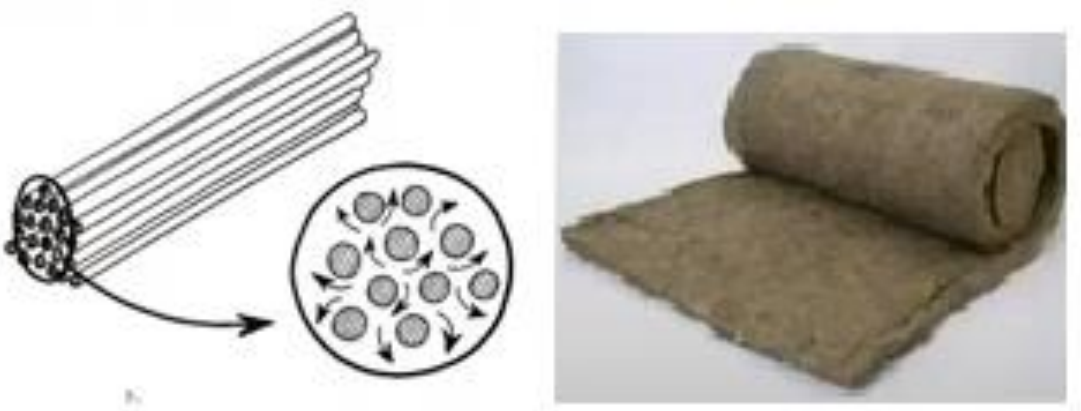
Absorção - A absorção corresponde à capacidade que um material tem de dissipar o som.

Quanto mais fibroso ou poroso o material maior será sua absorção, a exemplo podemos citar: a lã de vidro, lã de rocha, espuma de poliuretano, um outro elemento fundamental em se tratando de absorção em salas de teatros são as pessoas que se inserem naquele recinto, (BRAGANÇA e et al.p.36).

Segundo Takahashi (2010) existem os materiais absorvíveis que se classificam em dois, são eles os resistivos e os reativos.

No mecanismo resistivo são utilizados materiais mais fibrosos ou porosos como a lã de vidro, lã de rocha, espuma de poliuretano. O som perde a força colidindo com os espaços vazios desses materiais (BISTAFA, 2006).

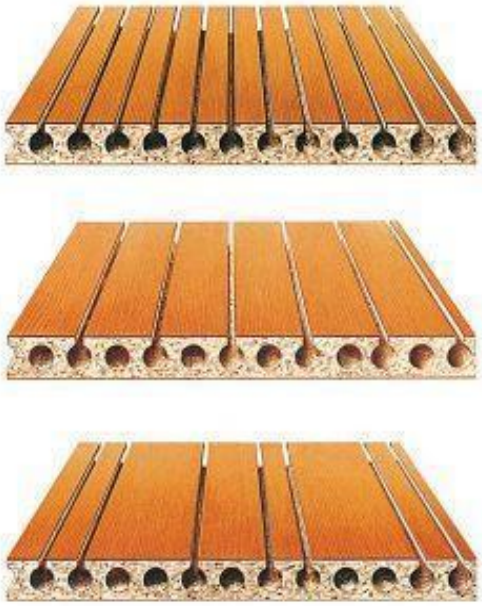
Figura 31 – Lã de vidro (Mecanismo Resistivo)



Fonte: BISTAFA, (2006)

O mecanismo reativo é empregado em painéis vibrantes, como forro, assoalho de tábua de madeira, lambril de parede, e painéis ressonadores, que são cavidades que contém ar confinado e estão conectados ao ambiente por uma pequena abertura, assim a energia sonora se dissipa pelo ar dessa abertura, e o ar contido na cavidade vibra promovendo a fricção das partículas do som ocasionando a absorção, podem ser constituídos por uma cavidade, por painéis perfurados e elementos espaçados (PERES 2021).

Figura 32 – Ressonadores acústicos em madeira



Fonte: Portal da Acústica (2019).

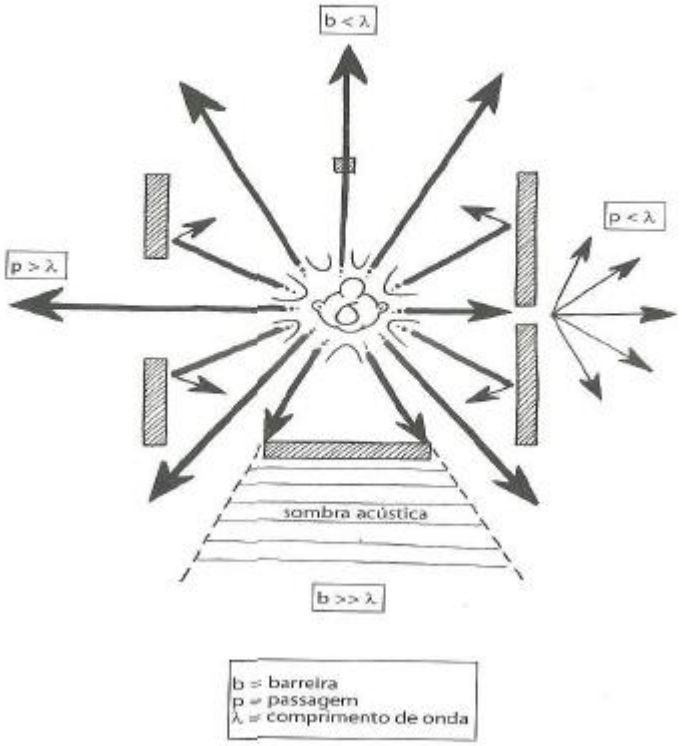
O elemento que caracteriza o índice de absorção do material é seu coeficiente de absorção (α) que nada mais é que a razão entre a parte absorvida e a parte incidente na superfície do material. A absorção varia segundo a superfície, sons de alta frequência (sons agudos) são melhores absorvidos em materiais porosos ao contrário dos de baixa frequência (sons graves) (BISTAFA, 2006).

Existe ainda uma propriedade tida como defeito do som que deve ser eliminada de salas de auditórios e teatros chamada eco.

O eco causa o mal entendimento da palavra trazendo desconforto ao telespectador. Segundo BRAGANÇA e et al. (2012, p 37), a distância do raio do som direto sendo menor que a do raio refletido, cerca de 11.00m, nós iremos ter a percepção de sons separados, provocando um defeito acústico chamado eco, superfícies côncavas também propiciam esse fenômeno por concentrar no mesmo ponto diversas reflexões.

Difração – É a capacidade que o som tem de transpor ou contornar barreiras criando novas séries de ondas (BRAGANÇA e et al.p.40).

Figura 33 - Som incidindo em na superfície e contornando obstáculos

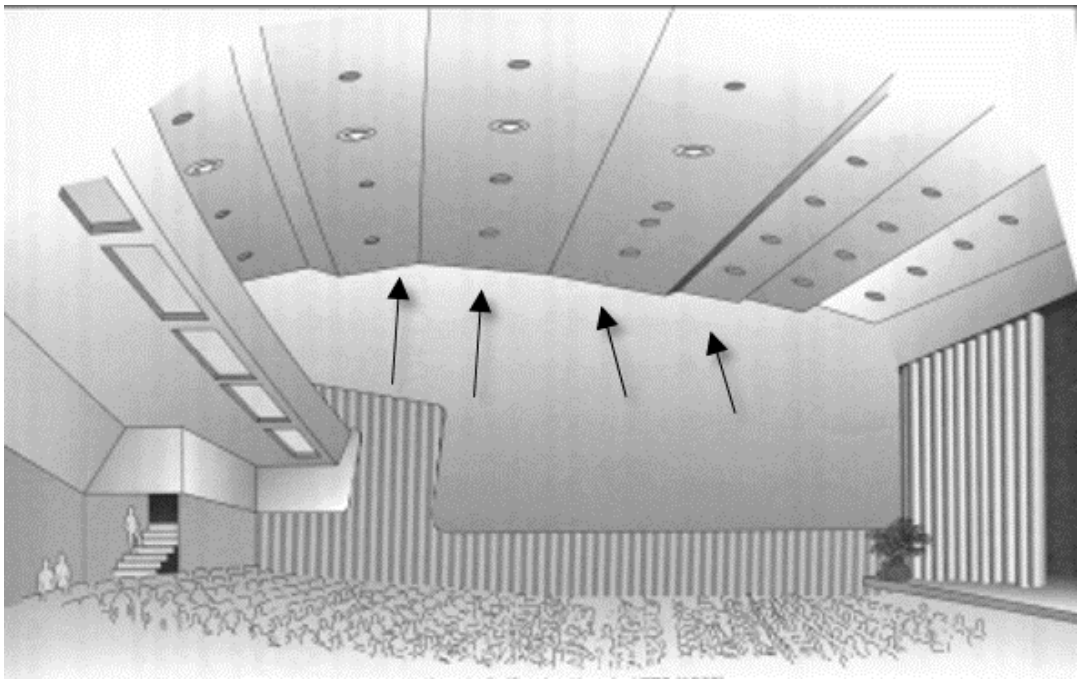


Fonte: Bragança et al. (2012, p 40).

.

É nos sons de baixa frequência que normalmente ocasionam a difração, eles encontram frechas que contornam os obstáculos, sendo assim os espelhos acústicos devem ter tamanho adequado, normalmente cinco vezes o tamanho da onda, (TAKAHASHI, 2010).

Figura 34 – Painéis acústicos refletores



Fonte: Acústica técnica (2003).

6.3 Isolamento acústico

No desenvolvimento de qualquer projeto ao se pensar na condicionante da acústica, o arquiteto deve considerar dois parâmetros: o controle e a prevenção do ruído interno e externo ao edifício (Bragança et al., 2012, p. 45).

O tratamento ao ruído não está ligado somente ao melhoramento acústico dos ambientes, mas sim a questões de saúde do ser humano, seus efeitos não se limitam apenas a lesões no aparelho auditivo, mas também efeitos psicológicos devido ao grau de incômodo. Podemos mensurar os níveis do ruído através do valor logarítmico decibéis (dB) através da tabela criada pela NBR ABNT 10152, juntamente com as curvas de avaliação de ruídos (NC) (TAKAHASHI, 2010).

Tabela 1: Curvas de avaliação de ruído recomendadas e A- ponderados correspondentes.

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, enfermarias, berçarios, centros cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, área pra uso do público	40-50	35-45
Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, salas de estar	40-50	35-45
Portaria, recepção, circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Sala de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concerto, teatros	30-40	25-30
Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, sals de projeto e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e templos (cultos meditativos)	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: NBR ABNT 10152 (1987)

Seguindo a tabela, os níveis aceitáveis de ruídos para salas de concerto e teatro são de 30 a 40 dB.

Isolar o ruído diz respeito a reduzir sua intensidade sem que extingue por total o ruído de fundo[7], exceto para cabines acústicas, nesses casos o som é eliminado por completo.

O controle do ruído se faz necessário em determinados ambientes onde se necessita que interferência externas de som não adentrem no recinto, o tratamento para o ruído varia por seus tipos que são eles, ruído aéreo [8]ou ruído de vibrações de sólidos por impacto[9] (Bragança et al., 2012, p. 81).

Para ruídos aéreos o tratamento é encontrado através de materiais isolantes, suas propriedades diminuem o nível sonoro transmitido entre ambientes, já os ruídos de impacto são empregados materiais absorventes, regulam o nível sonoro dentro do próprio ambiente. Segundo Bragança et al. (2012, p. 81), nem sempre um material isolante é um bom absorvente e vice-versa.

Todo material apresenta capacidade própria para reduzir sua intensidade sonora, isso varia conforme a frequência do som chamada de Índice de Atenuação.

Tabela 2: Tabela de índice médio de redução sonora para alguns materiais.

Componentes construtivos	Frequências (Hz)				
	125	250	500	1.000	2.000
Parede de tijolo maciço (480 kg/m²)	41	45	48	53	57
Parede de tijolo maciço (260 kg/m²)	32	41	48	51	52
Janela de vidro simples, 4mm, com boa vedação	19	22	25	28	27
Janela de vidro simples, 6mm, com boa vedação	21	25	27	31	25
Porta simples oca, sem vedação	12	13	14	16	18
Porta com recheio, 25kg/m², sem vedação	16	20	20	21	19
Porta com recheio, 25kg/m², com vedação	20	24	27	28	31
Telhado com forro (telhas de barro e estuque 9mm)	21	26	33	32	35

Fonte: NBR ABNT 12179 (1992)

[7] Ruído gerado dentro do próprio ambiente ou proveniente de atividade externas, urbanas e ambiente vizinho (MARCO, 1990).

[8] Ruído aéreo é aquele transmitido pelo ar, voz, música, trânsito, entre outros (MARCO, 1990).

[9] Ruído de vibração de sólidos por impacto é transmitido através da estrutura, por exemplo, um objeto contra outro que gera uma vibração (MARCO, 1990).

Em uma parede de tijolo maciço que recebe um ruído de 125 Hz do lado externo, conforme a tabela ele consegue isolar 41 Hz, passando então 84 Hz, através da tabela podemos notar que os sons mais graves [10]são mais difíceis de isolar do que sons mais agudos.[11]

Podemos mensurar o potencial que um material tem em absorver o som através do coeficiente de absorção, esse coeficiente varia de 0 a 1%, e apresentam variação em comum com a frequência do som, seja ele grave ou agudo (PERES, 2020).

Se um material possuir um coeficiente de 0,8 significa que ele irá absorver 80% e refletir 20%.

Eq. 1- Coeficiente de absorção

$$\alpha = \frac{Eabs}{Einc}$$

Eabs. – energia sonora absorvida

Einc. – energia sonora incidente

Quanto mais poroso o material maior sua absorção, a exemplo temos a lã de vidro, de rocha, de PET e espumas, elas podem ser aplicadas nas superfícies (teto e parede) e no interior das paredes.

Tabela 3: Tabela de índice médio de absorção sonora para alguns materiais.

MATERIAL	**FREQUENCIA**		
	125Hz	**500Hz**	**2000HZ**
REBOCO ÁSPERO	0,03	0,03	0,04
TETO SUSPENSO DE GESSO	0,02	0,03	0,05
PISO DE MADEIRA	0,15	0,1	0,06
PISO DE COMPUTADOR ELEVADO, AGLOMERADO DE 45 mm COM FACE DE AÇO, 800 mm ACIMA DO PISO DE CONCRETO, CARPETE PARA ESCRITÓRIO	0,27	0,52	0,43
PORTA DE MADEIRA FECHADA	0,14	0,06	0,1

[10] Sons graves são sons que possuem ondas de frequências mais baixas (número menor de atenuação).

[11] Sons agudos são sons que possuem ondas de frequências mais altas (número maior de atenuação)

PESSOA SENTADA	0,33	0,44	0,4

Fonte: NBR ABNT 101 (1992)

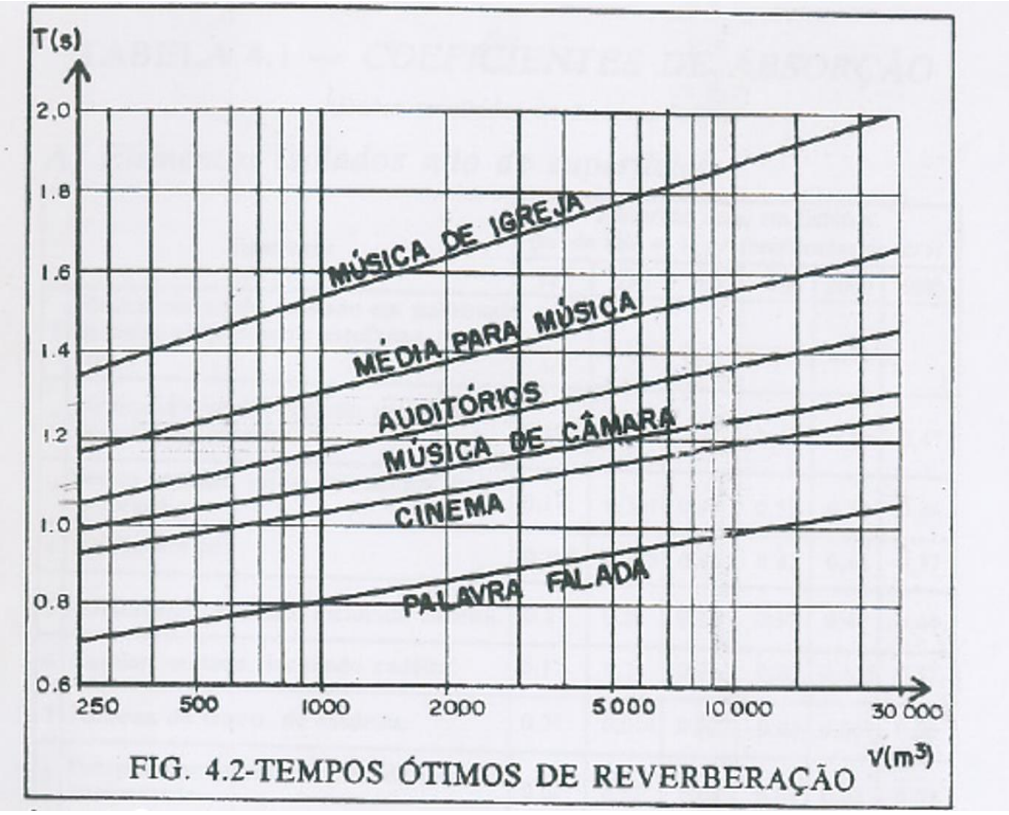
Segundo a tabela, uma cortina grossa ao receber 124 Hz absorve 0,24 Hz, de maneira geral os materiais menos absorventes são mais refletores, mas nenhum material tem índice zero de absorção, todo material absorve algum reflexo.

6.4 Reverberação sonora

Reverberação sonora é entendida como um conjunto de reflexões que o som sofre dentro de um ambiente, com isso sua extinção não ocorre de forma imediata, a esse intervalo de tempo denominamos de tempo de reverberação (Bragança et al., 2012, p. 41).

Final do séc. XIX, Wallace Sabine em seus estudos determinou uma relação simples entre o intervalo que se tem do decaimento sonoro em até 60 dB, que é o nível determinado para o cessar de determinada fonte em uma sala, mas o fator da absorção varia em relação aos materiais existentes nas superfícies. Para tanto costuma-se estudar o tempo reverberante dos sons nas frequências de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz,1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, através de um gráfico mediante o tipo de uso que o ambiente irá ter em relação ao volume cubico, assim encontramos o *Tempo Ótimo Reverberação*. (MARCO, 1999).

Figura 35 – Gráfico do tempo de reverberação e seu diferente usos



Fonte – (MARCO, 1999)

Para tanto se faz necessário conhecer o coeficiente de absorção dos materiais para aplicá-los nas superfícies da sala. O cálculo é feito seguindo a equação de Sabine.

Eq. 2 Tempo de reverberação

$$TR = \frac{0{,}161\ .\ V}{A}$$

V= Volume da sala (m³)

A= Absorção da sala (sábins métricos)

A absorção total vai ser a soma das superfícies que compõem a sala.

Estudos realizados na década de 50 até hoje mostram que o Tempo de Reverberação não é o único parâmetro usado para encontrar o desempenho sonoro de uma sala (TAKAHASHI, 2010). A Clareza ou Fator de Clareza, o Intervalo de Tempo de Atraso Inicial, Fração de Energia Lateral, Correlação Cruzada Inter Aural,

são alguns parâmetros usados para avaliar a acústica de salas, mas estes temas não irão ser abordados nessa pesquisa, podendo ser verificados para trabalhos futuros que desejem utilizar o presente trabalho como ponto de partida, ou que tenham objetivos similares.

7. NORMAS TÉCNICAS

Os ruídos são regulamentados pela ABNT, que desenvolveu algumas normas para assegurar o conforto do usuário.

ABNT NBR 15575 – Estabelece o desempenho para edificações habitacionais, onde mensura valores para os requisitos acústicos dos seus componentes (fachada, cobertura, piso).

ABNT NBR 10151 – Estabelece diretrizes para quantificar Níveis de Pressão Sonora para áreas externas habitadas seja qual for seu uso.

ABNT NBR 10152 – Estabelece diretrizes para medir Níveis de Pressão Sonora no conforto acústico de ambientes internos diversos. A tabela 1 apresenta a intensidade sonora compatível com os diversos ambientes, para teatros e salas de concerto o nível de ruído ideal é de 30-40 dB(A) ou 25-30 NC.

ABNT NBR 3382 – Medição de parâmetros de reverberação do som nos diversos ambientes, para teatros ABNT NBR ISO 3382-1.

ABNT NBR IEC 60268-16 – Medição da qualidade da fala através de sua inteligibilidade.

A construção civil vem cada vez mais inovando e se aperfeiçoando para se enquadrar dentro das normas, o desconforto acústico pode nos levar desde a perda do aparelho auditivo, como a problemas psicológicos e físicos.

8. ESTUDO DE CASO

Inicialmente foram realizados três estudos de caso dos dois principais edifícios teatrais de Aracaju, o Teatro Tobias Barreto, Teatro Atheneu, e um auditório com condicionantes acústicas inserida dentro do Museu da Gente Sergipana.

A escolha desses edifícios se deu devido às condicionantes buscadas para o desenvolvimento do projeto TEATRO ESCOLA FANESE, que são, volumetria, contexto histórico, tipologia, e os materiais acústicos empregados nas salas.

Houve visita in loco nos três edifícios, entrevista com o arquiteto idealizador do Teatro Tobias Barreto, o arquiteto Rui Almeida, entrevista com a empresa que elaborou o projeto acústico do auditório do Museu da Gente Sergipana, a Audium Acústica representada pela arquiteta Débora Barreto, e acervos de artigos com representatividade para o Teatro Atheneu.

8.1 Teatro Tobias Barreto

Está localizado na cidade de Aracaju SE, e foi idealizado pelo arquiteto Rui Carvalho de Almeida, inicialmente ele foi concebido através da necessidade física da cidade, até então existia um projeto pronto na prefeitura de Aracaju de um teatro no bairro Coroa do Meio, mas com proporções maiores, e o governo não tinha recursos para aquele tipo de construção (informação verbal). Através do convite do então governador João Alves Filho, chega-se à conclusão que deveria ser ampliado o Centro de Convenções da cidade, e junto a ele poderia ser construído um teatro moderno para receber diversas apresentações na cidade (informação verbal). [12]

[12] Informação fornecida pelo autor do projeto Tobias Barreto, Rui Almeida, Arquiteto e Urbanista.

Figura 36 – Fachada Teatro Tobias Barreto

Fonte: Própria (2022)

O projeto teve início em 1993, a obra foi paralisada em 1994, retomou em 2001 e sua inauguração se deu em 2002. Os fatores predominantes na elaboração do projeto foram a visibilidade e a acústica, a plateia deve ter uma boa visão do palco independente do assento, e a acústica em perfeita harmonia para o bom entendimento da palavra, seja qual for sua posição na plateia (informação verbal). [13]

[13] Informação fornecida pelo autor do projeto Tobias Barreto, Rui Almeida, Arquiteto e Urbanista.

Figura 37 – Vista auditório Teatro Tobias Barreto

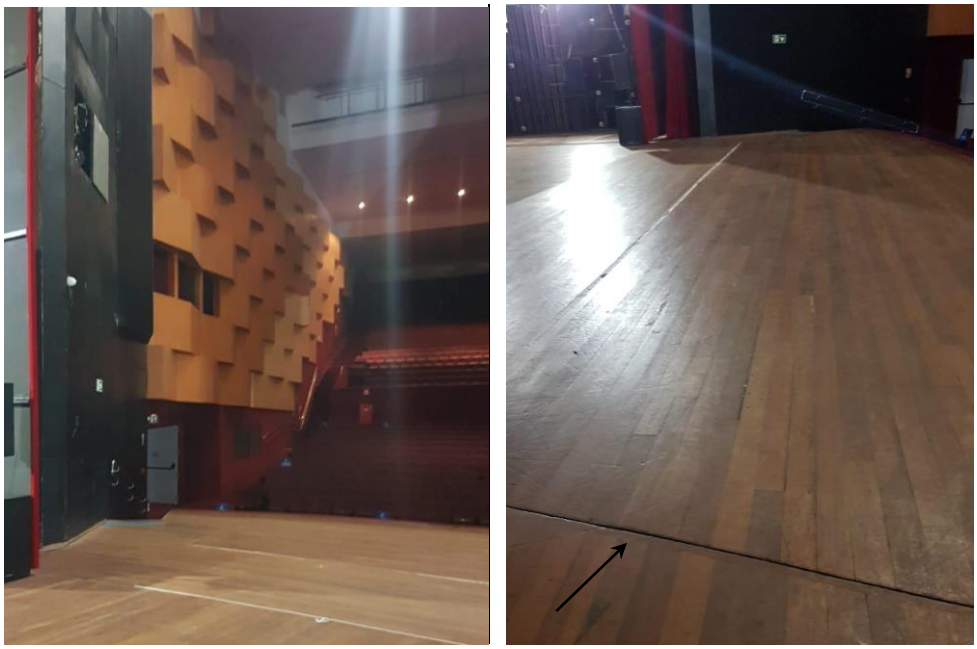
Fonte: Própria (2022)

O Tobias Barreto se enquadra no modelo italiano, onde o palco está a um nível mais elevado do piso da plateia, essa está posicionada à sua frente.

A plateia possui 1.300 assentos com área para cadeirante, é cortado por quatro rampas, uma em cada extremidade e duas centrais, o proscênio tem 85,84m², com Fosso para orquestra (ver imagem 38), o palco possui 642,55m², com coxias em suas lateral e porta corta fogo para o caso de incêndio, todo recinto fica totalmente isolado da plateia (informação verbal). [14]

[14] Informação fornecida pelo autor do projeto Tobias Barreto, Rui Almeida, Arquiteto e Urbanista.

Figura 38 – Vista proscênio, linha delimitadora do fosso da orquestra



Fonte: Própria (2022)

O palco foi projetado com tampos de madeira removíveis que se adequam ao espetáculo e ajudam a criar uma boa emissão do som por se tratar de uma superfície reflexiva, abaixo dele o espaço vazio cria uma caixa ressonadora [15](figura 39).

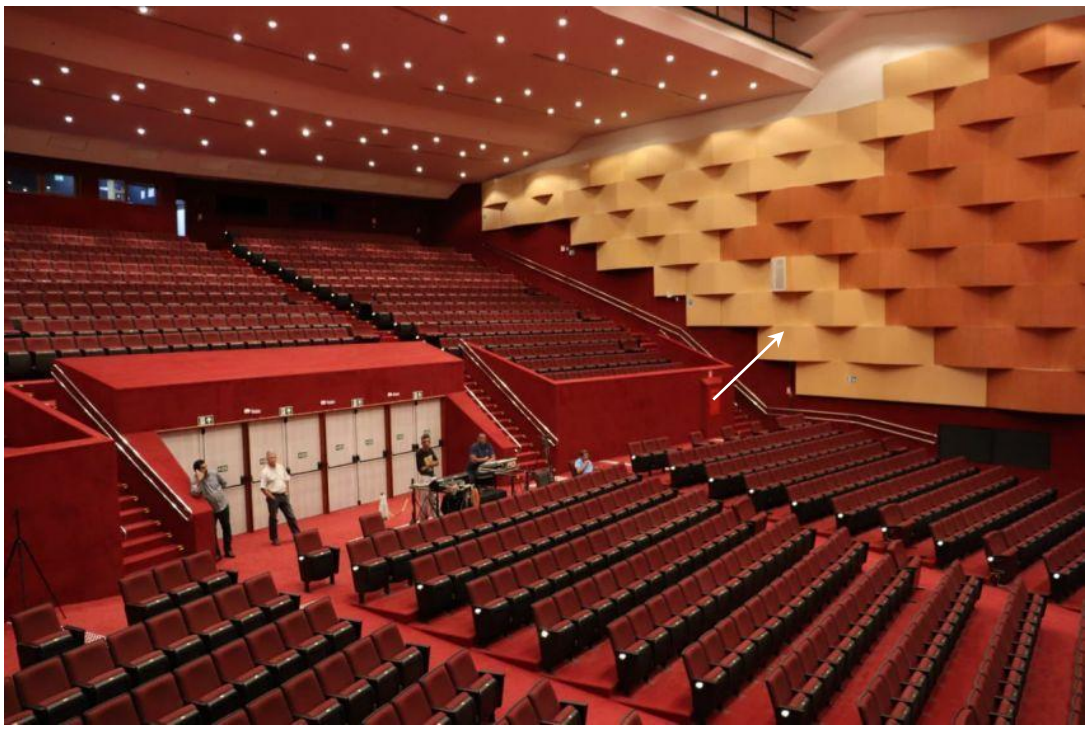
[15] Caixa de ressonância utilizada em palcos de teatro garantem maior projeção do som através de sua vibração.

Figura 39 – Vista subpalco

Fonte: Própria (2022)

Na sala de eventos as paredes laterais estão revestidas com forros acústicos de madeira, com formato e dimensão calculados para uma boa difusão sonora no recinto.

Figura 40 – Parede lateral com painéis de madeira difusores



Fonte: BARROS, André (2019)

Por se tratar de um ambiente onde seu uso de maneira geral é a música, os materiais aplicados são mais reflexivos.

O teto possui forro de gesso seguindo projeto acústico, as inclinações são definidas por cálculos para fazer com que as ondas sonoras possam alcançar todo espaço de forma uniforme e com a mesma energia.

Segundo Bragança et al (2012) quando as superfícies são usadas para potencializarem o nível de intensidade sonora, as denominamos de espelhos acústicos.

Figura 41 – Forro inclinado criando espelhos acústicos

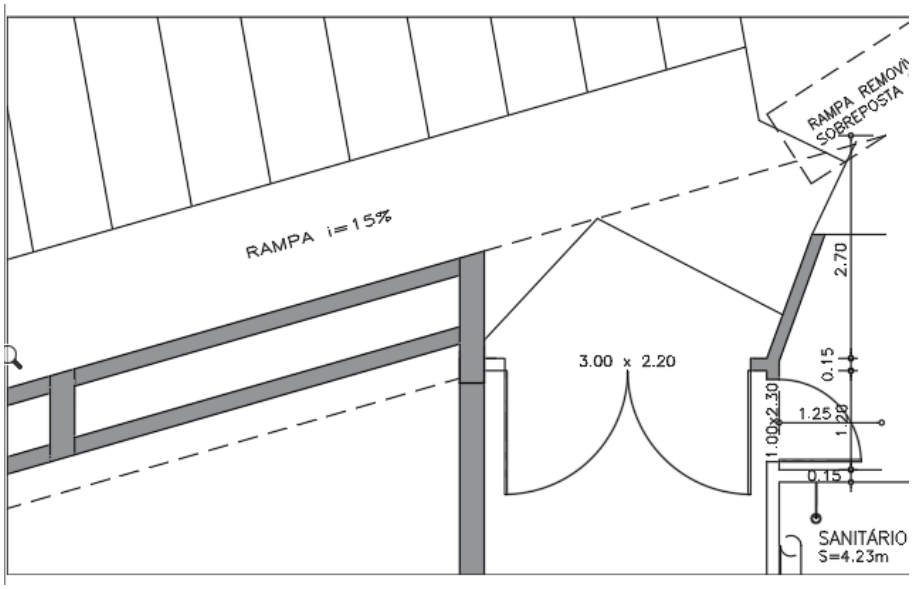
Fonte: ALMEIDA, (2019)

Toda a parede que circunda o auditório é de blocos cerâmicos dobrados com espaçamento de ar entre elas para garantir atenuação sonora, todas as esquadrias possuem painéis duplos de vidro laminado também com espaçamento de ar, dessa forma garantem a blindagem do som, (informação verbal). [16]

.

[16] Informação fornecida pelo autor do projeto Tobias Barreto, Rui Almeida, Arquiteto e Urbanista.

Figura 42 – Parede do auditório espaçada

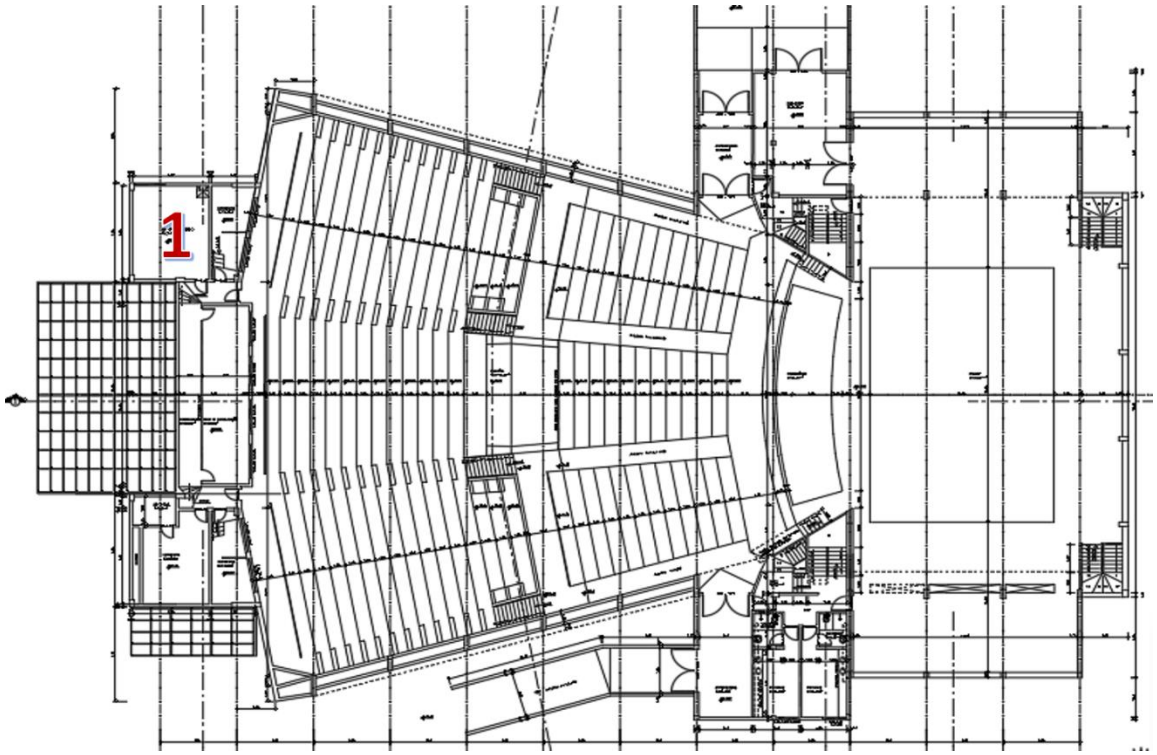


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os principais setores do Tobias Barreto são:

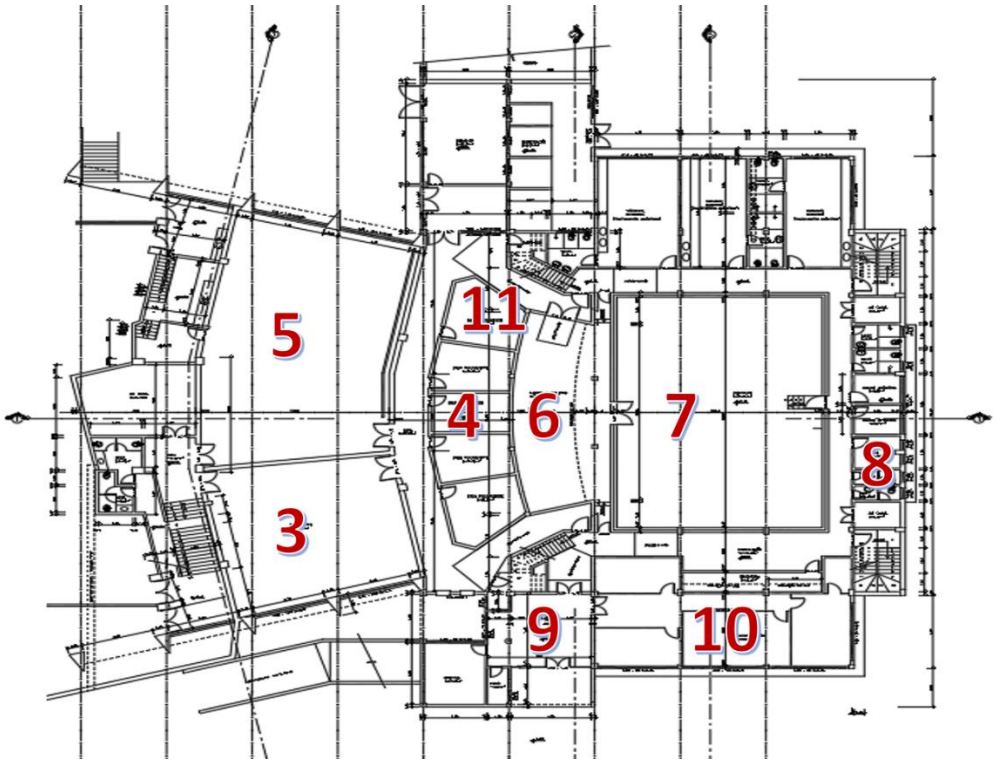
1. Bilheteria;
2. Foyer (bar, cozinha e copa);
3. Sala da orquestra;
4. Salas polivalentes;
5. Sala de Ballet;
6. Fosso orquestra;
7. Subpalco;
8. Camarins;
9. Recepção;
10. Salas administrativas;
11. Salas de oficina;

Figura 43 – Planta plateia/palco, Tobias Barreto.



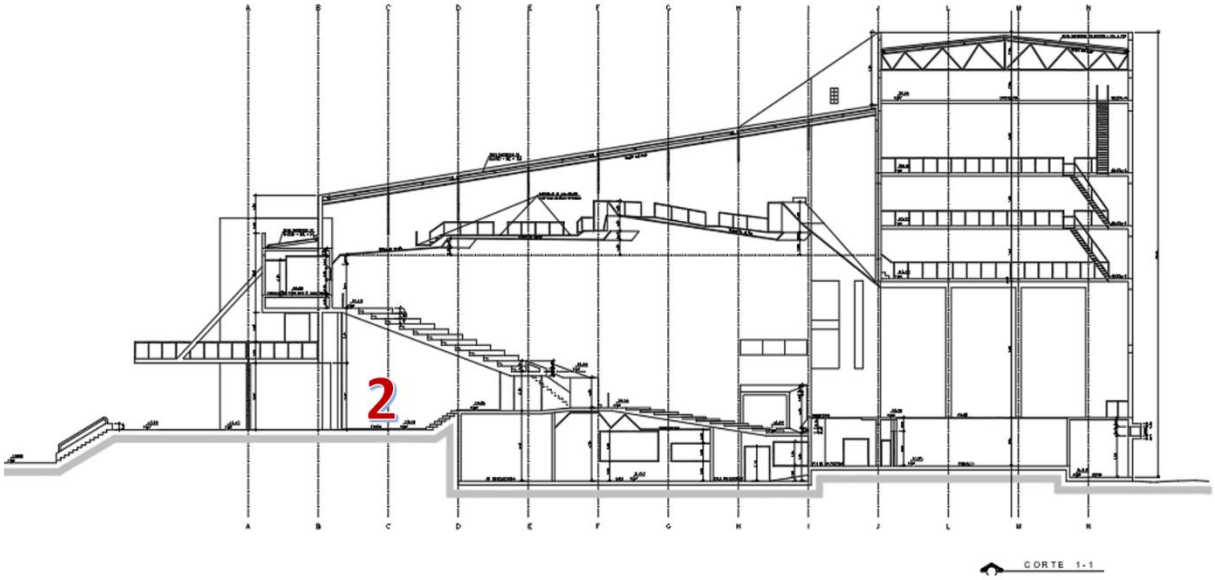
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 44 – Planta pavimento térreo, Tobias Barreto.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 45 – Corte longitudinal, Tobias Barreto.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O teatro passou por um processo de reforma em 2018, para revitalização dos ambientes, higienização do carpete, cortina e poltronas, o sistema refrigeração, cobertura e pintura foram totalmente reparados, ele hoje é considerado o principal espaço de entretenimento da cidade com grande relevância arquitetônica e cênica a nível nacional.

8.2 Teatro Atheneu

O primeiro auditório concebido como espaço cênico para a cidade de Aracaju, o teatro Atheneu surge em uma década que fomentava a cultura artística na cidade e em todo cenário nacional, o levantamento histórico se deu através de informações encontradas em artigos a respeito da história do teatro do Brasil, já que houve dificuldade em encontrar material dentro do próprio acervo da instituição.

Figura 46 – Fachada Teatro Atheneu

Fonte: Própria (2022).

O cenário nacional e regional passava pela fase da *belle-époque*[17], a primeira casa de espetáculo do brasil é inaugurada em Ouro Preto, Minas Gerais em 1770, a Casa de Ópera de Villa Rica, a partir daí o país abre cada vez mais espaços para as artes cênicas, várias capitais inauguraram seus teatros como Salvador com o Teatro Castro Alves, Fortaleza com o Teatro José de Alencar, Rio de Janeiro e o Teatro Municipal, entre outros, mas a capital sergipana dispunha apenas de alguns locais de encontros como o Cineteatro Rio Branco e posteriormente o Cinema Palace na rua João Pessoa (BRITO FILHO, 2012).

Teve sua origem como auditório do então Colégio Estadual Atheneu Sergipense, um colégio com arquitetura monumental para a época que oferecia ensino público de qualidade, antes mesmo de chegar cursos de níveis superior na região, em 1954 é inaugurado o auditório do colégio que tomaria proporções próprias para suprir a demanda da cidade e passa a ser o Teatro Atheneu, teatro que supriria a deficiência da capital (ALVES, 2005, p. 82).

[17] Período da história europeia que perdurou entre 1871 e 1914 com a Primeira Guerra Mundial, também diz respeito a cultura artística e intelectual que teve grande expressão nesse período, no Brasil o período vai de 1889-1922 com a semana da Arte Moderna em São Paulo, (LIMA, 2015, p.10).

Figura 47 – Vista do colégio estadual Atheneu Sergipense

Fonte: (MAYNARD, 2012)

Figura 48 – Auditório do colégio estadual Atheneu Sergipense

Fonte: (MAYNARD, 2012)

Hoje o teatro permanece em funcionamento, diversas reformas e intervenções precisaram ser feitas para conservar seu funcionamento estrutural e estético, a última em 2011, para torná-lo um espaço acessível e que atendesse as normas regulamentadoras (FUNCAP, 2019).

Quanto a acústica podemos citar alguns pontos específicos, todo forro possui revestimento de madeira com ângulos definidos para melhor propagação do som na plateia, já as paredes laterais não recebem nenhum tipo de material específico, conta apenas com a parede de concreto reta, todo piso recebe carpete para amortecer os sons de impacto.

Figura 49 – Sala teatro Atheneu

Fonte: Própria (2022)

8.3 Auditório do Museu da Gente Sergipana

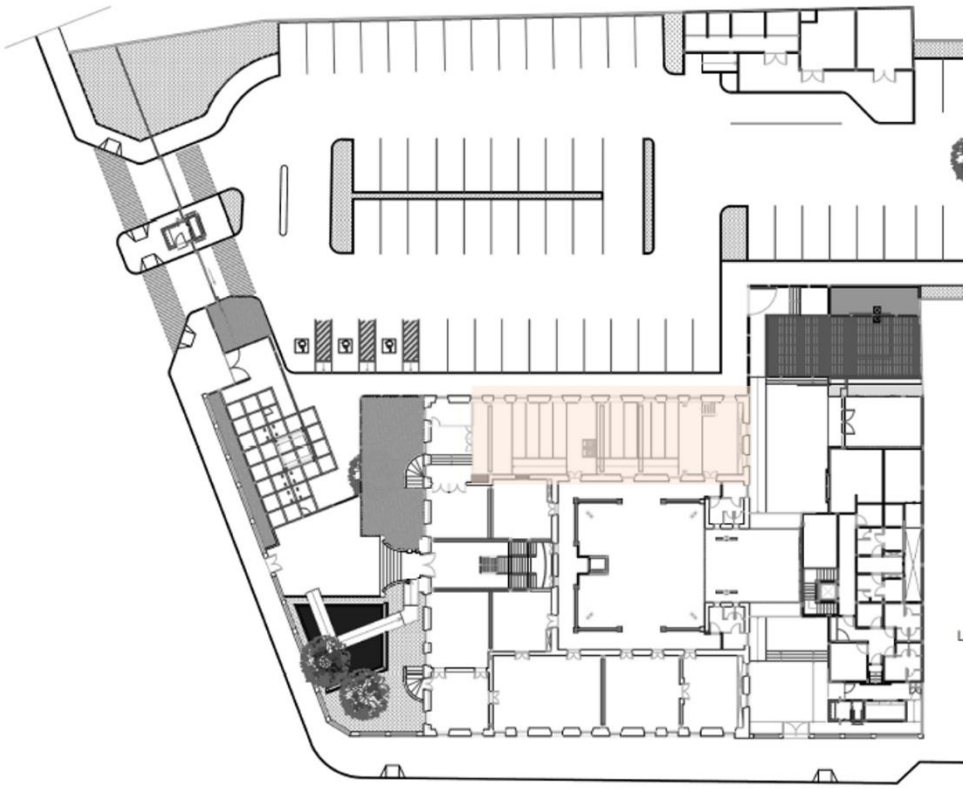
O auditório escolhido está inserido dentro do Museu da Gente Sergipana, é um edifício de grande importância que passou por um longo processo de restauro para adequá-lo à nova tipologia de uso, e por se tratar de ambiente com uso de revestimentos acústicos seguindo projeto elaborado através de suas condicionantes de uso.

Figura 50 – Auditório do Museu da Gente Sergipana

Fonte: Própria (2022)

O edifício que abriga hoje o Museu da Gente Sergipana foi construído em 1926 para abrigar a sede do Colégio Atheneu Pedro II (primeira sede do Colégio Atheneu já citados nessa dissertação), em 1985 o prédio é tombado, posteriormente foi ocupado pela Secretaria de Turismo até 1996, ficou desabrigado até 2008 quando é cedido ao BANESE que passa a empresa Agora Arquitetos Associados à responsabilidade pelo projeto de restauro (OLIVEIRA, p. 52, 2019).

Figura 51 –Área do auditório



Fonte: Instituto Banese

O auditório está situado no pavimento térreo na ala sul do museu, possui formato retangular, uma rampa lateral, sala de som, e um pequeno palco.

De maneira geral houve uma preocupação com as esquadrias porque sua fachada lateral está próxima a uma avenida de grande fluxo, e precisava fazer o devido isolamento interno, e havia uma preocupação com as interferência nas estruturas de reforço da casa e condicionamento de ar (informação verbal)[18].

[18] Informação fornecida pela arquiteta Débora Barreto, especialista em acústica da Audium Acústica.

Figura 52 – Planta auditório

Fonte: Instituto Banese

O auditório conta com painéis reflexivos nas laterais, forro e piso com materiais absorventes.

Figura 53 – Imagem do forro e painéis que isolam as janelas

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O forro do auditório possui placas acústicas em formatos retos e côncavos que garantem uma elevada absorção sonora entreposta por pelo formato côncavo que garante a reflexão sonora ideal do ambiente, todo piso é forrado com carpete, e as janelas foram isoladas com painéis em MDF perfurado com função difusora do som (informação verbal)[19].

A empresa prestou serviços acústicos em todo o edifício já que há salas que necessitam de isolamento contra o ruído externo e tratamento interno especifico nos ambientes.

9. ANALISE PROJETUAL

O objeto de estudo foi escolhido após análise da escassez de teatros em Aracaju SE, principalmente na zona norte, foi levado em consideração o espaço que pudesse comportar um edifício teatral e a facilidade de acesso a ele, a proposta do projeto de um teatro irá fomentar o interesse cultural da região oferecendo ambiente adequado para apresentações, seminários e ainda poderá suprir demandas internas da instituição.

9.1 Análise do terreno

O terreno escolhido está situado dentro da Faculdade FANESE, bairro Santo Antônio, zona norte de Aracaju, possui 13.430m², e 11.261,51m² de área construída para a instituição (acervo FANESE, 2022).

[19] Informação fornecida pela arquiteta Débora Barreto, especialista em acústica da Audium Acústica.

Figura 54 – Bairro de intervenção

Fonte: Google Earth (2022)

Figura 55 – Localização do terreno para intervenção

Fonte: Google Earth (2022)

Figura 56 – Mapa de uso e ocupação

Fonte: Google Maps (2022)

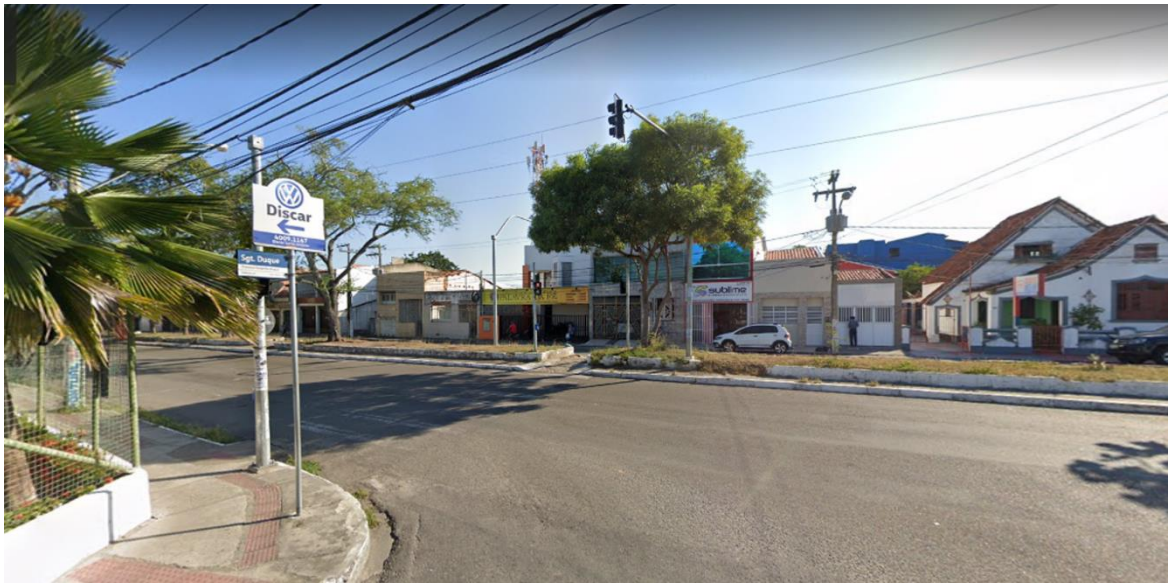
Figura 57 – Mapa de tráfego

Fonte: Google Maps (2022)

Podemos observar no entorno que a prevalência maior é de áreas residenciais com gabarito baixo e alguns pontos de comercio distinto, exceto a instituição FANESE que possui uma escala mais alta comparada aos demais imóveis, há ainda um hospital, uma indústria ao fundo da instituição, uma Unidade Básica de Saúde, Escola Pública, e uma arena de eventos popularmente conhecida como Quadrilhódromo.

As ruas que circundam o edifício são compostas pela Avenida João Ribeiro a oeste, considerada avenida principal com trafego médio a alto, Travessa Sargento Duque ao norte, via local com tráfego médio a baixo, e Rua São João a leste com tráfego médio a baixo, ao sul temos a FANESE, (Plano diretor de Aracaju, 2000).

Figura 58 – Av. João Ribeiro, Aracaju/SE



Fonte: Google Maps (2022)

Figura 59 – Vista fachada FANESE e Travessa Sargento Duque

Fonte: Google Maps (2022) – Modificado pela autora

Diante de tais considerações foi determinado a melhor posição dentro do terreno para inserção do projeto diante das necessidades e condicionantes impostas a ele.

9.2 Partido Arquitetônico

A proposta do projeto arquitetônico está intimamente relacionada com aproximação do público em ambientes culturais, ter um local para atender as demandas pedagógicas da instituição e para suprir demandas externas, fornecendo espaços de multiuso junto com uma sala de teatro.

A intenção do edifício é que ele tenha características de um teatro escola, onde sua implantação possa trazer formação de pessoas e que seja agente transformador social.

Os principais quesitos adotados foram:

- Posicionamento do edifício no terreno levando em consideração ruídos externos, através do fluxo das rotas de acesso, e da própria instituição FANESE;

- Escala compatível com os demais edifícios, sua implantação está interligada a FANESE que tem um gabarito de altura com 19,90m, já os entornos das residências em contrapartida possuem uma escala menor.
- Divisões internas de fluxo criando espaços voltados para áreas administrativas do edifício, áreas para o público geral, e acesso de carga e descarga para suprimento do teatro.
- Interligação visual, com eixo ligando os dois pavimentos, criando um campo visual do entorno arborizado de baixo gabarito;

9.3 Projeto

Figura 60 – Implantação volumétrica

Fonte: Autora (2022)

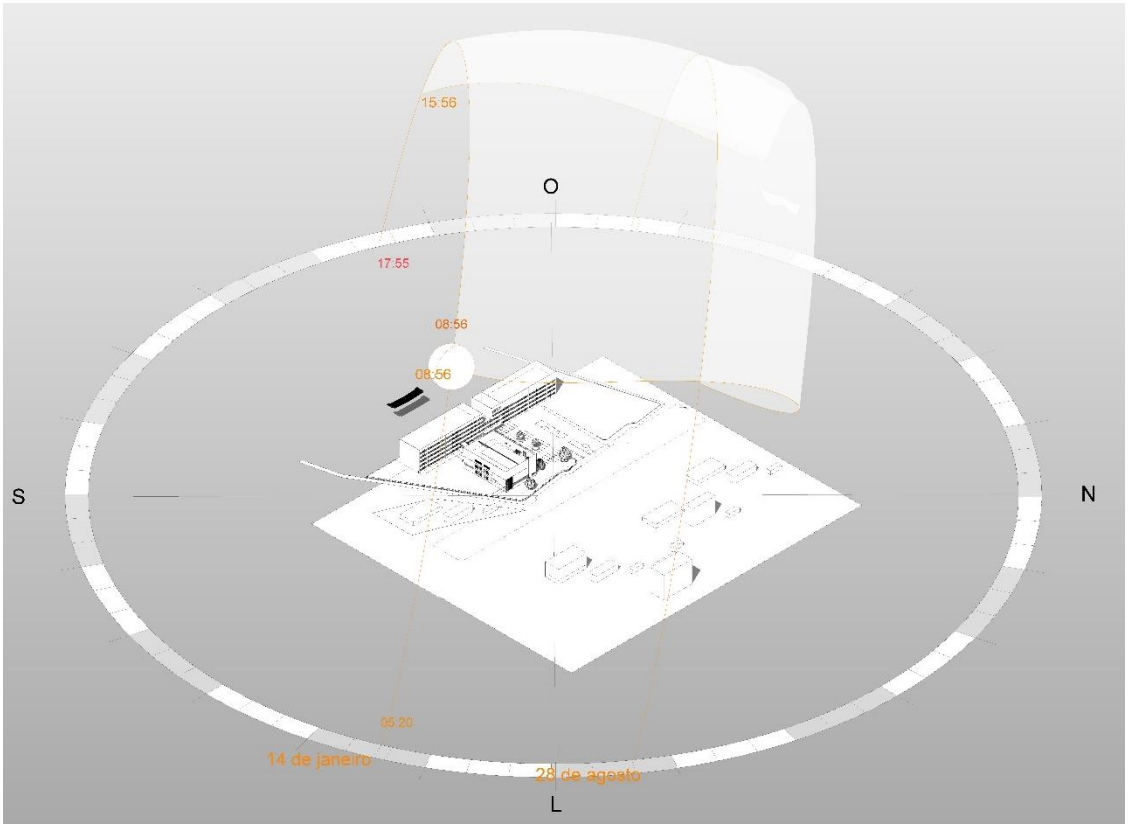
Figura 61 – Perspectiva fachada

Fonte: Autora (2022)

Figura 62 – Perspectiva fachada

Fonte: Autora (2022)

Figura 63 – Estudo solar

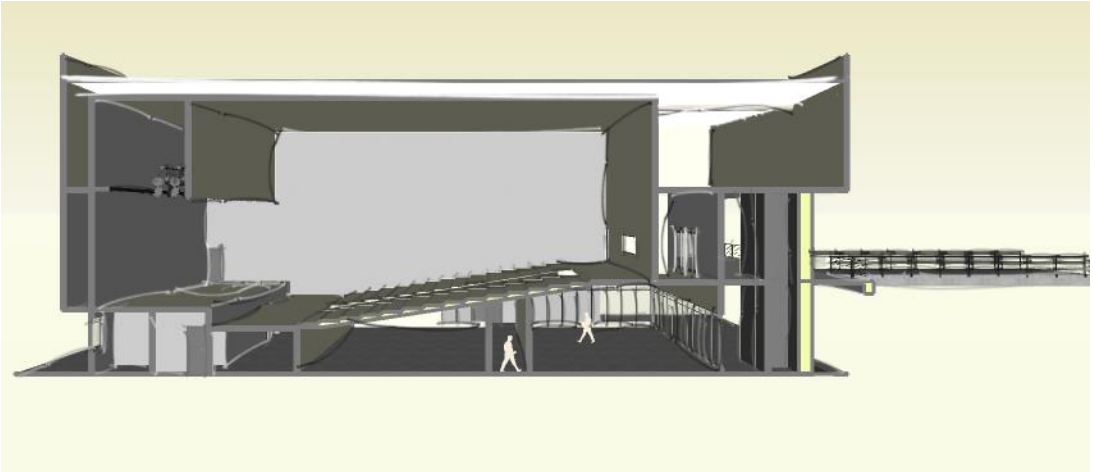


Fonte: Autora (2022)

O edifício possui volumetria simples para assim, criar ligação visual com a instituição, o volume principal foi suspenso criando uma arena central composta por salas de multiuso com campos visuais integrado ao entorno, onde é possível ganhar áreas avarandadas de convívio, o teatro está reservado no centro do volume elevado do solo, rodeado por corredores e espaços de convívio como o foyer.

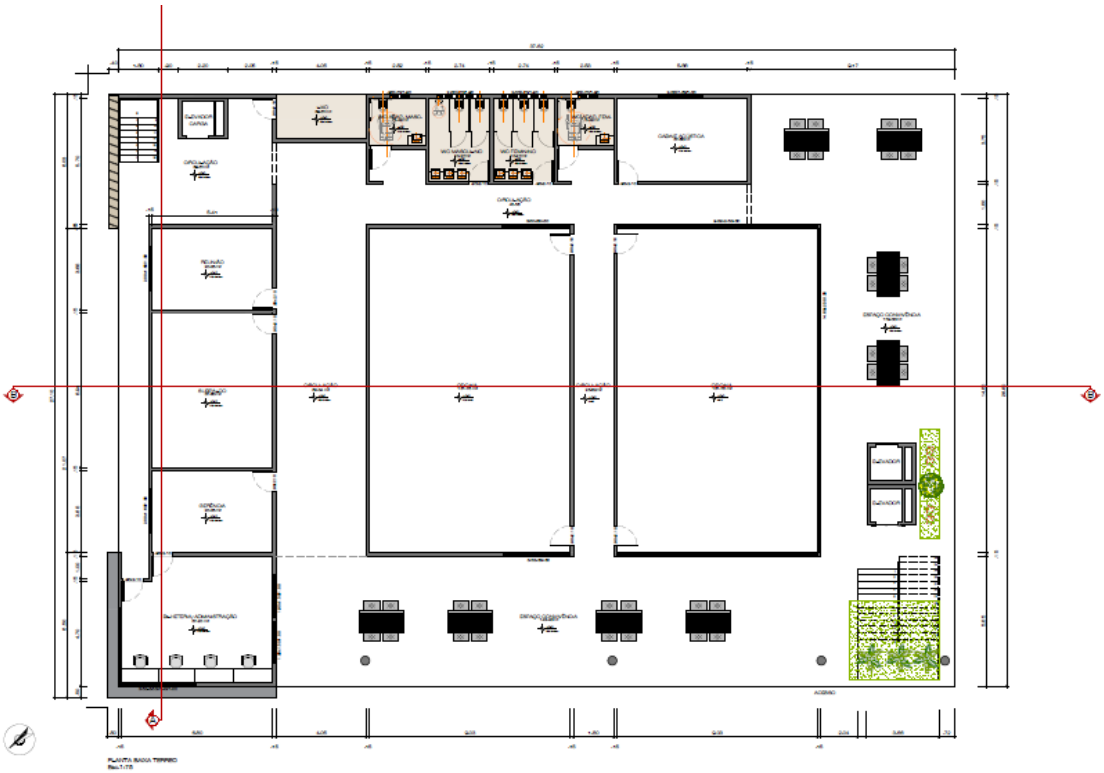
A locação das áreas se deu a partir do critério do campo visual integrador e as condicionantes solar, no térreo optou-se por priorizar o campo visual na fachada oeste de maneira recuada para criar sombra e conforto térmico, já no primeiro piso onde o fluxo se concentra no interior do teatro, ambientes como banheiros passaram a ocupar essa posição.

Figura 64 – Croqui corte longitudinal



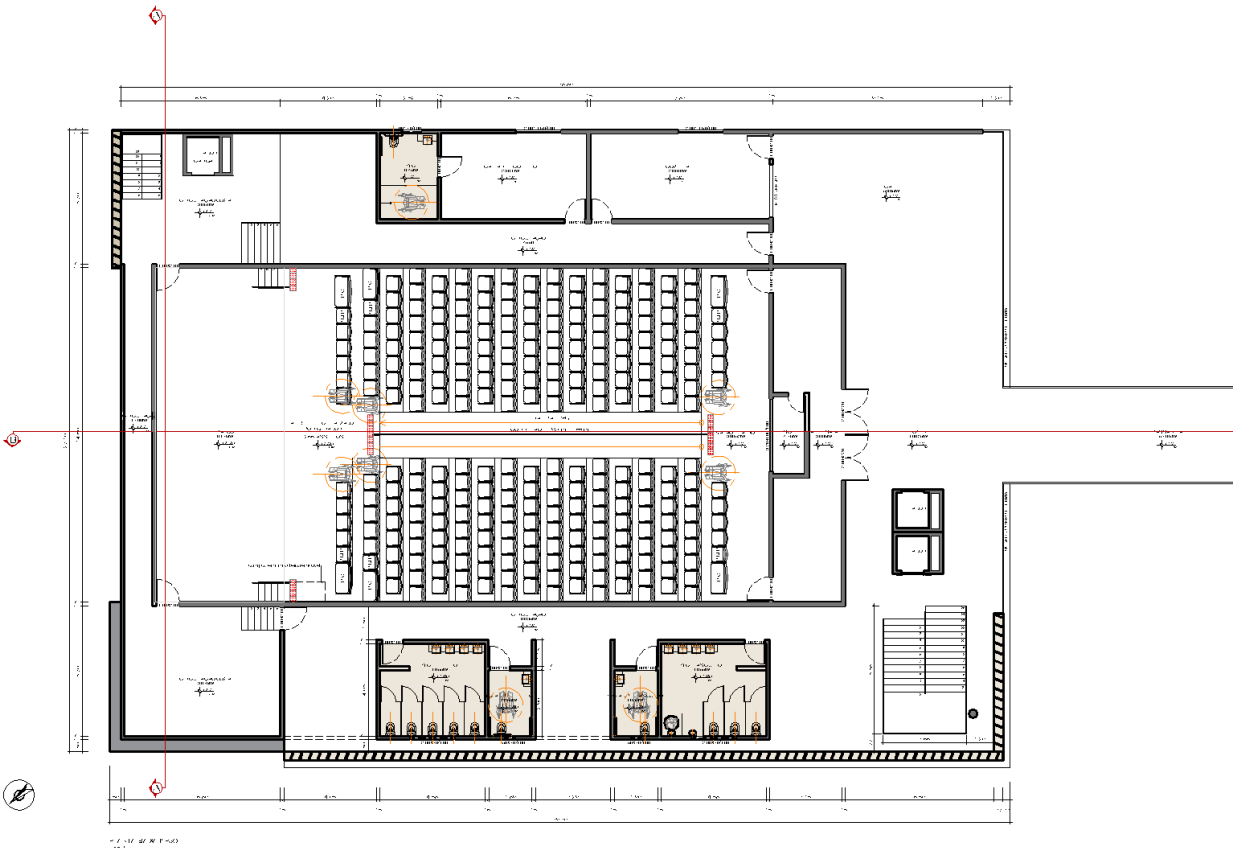
Fonte: Autora (2022)

Figura 65 – Planta térreo



Fonte: Autora (2022)

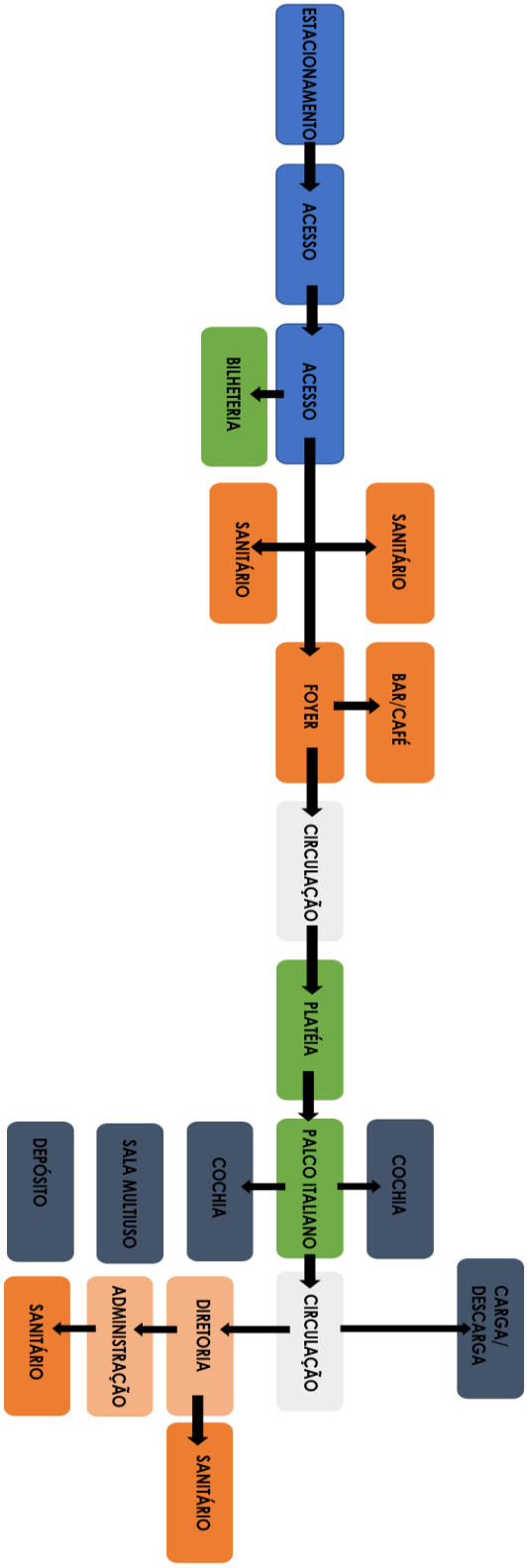
Figura 66 – Planta 1º piso



Fonte: Autora (2022)

9.4 Fluxograma

Figura 67 – Fluxograma setorização Teatro Escola FANESE



Fonte: Autora (2022)

9.5 PROJETO E ACÚSTICA

O projeto do teatro escola FANESE irá abordar pontos de relevância da acústica arquitetônica, são eles:

- Geometria acústica;
- Isolamento sonoro;
- Cálculo do tempo de reverberação do som;
- Demais considerações;

9.5.1 Geometria acústica

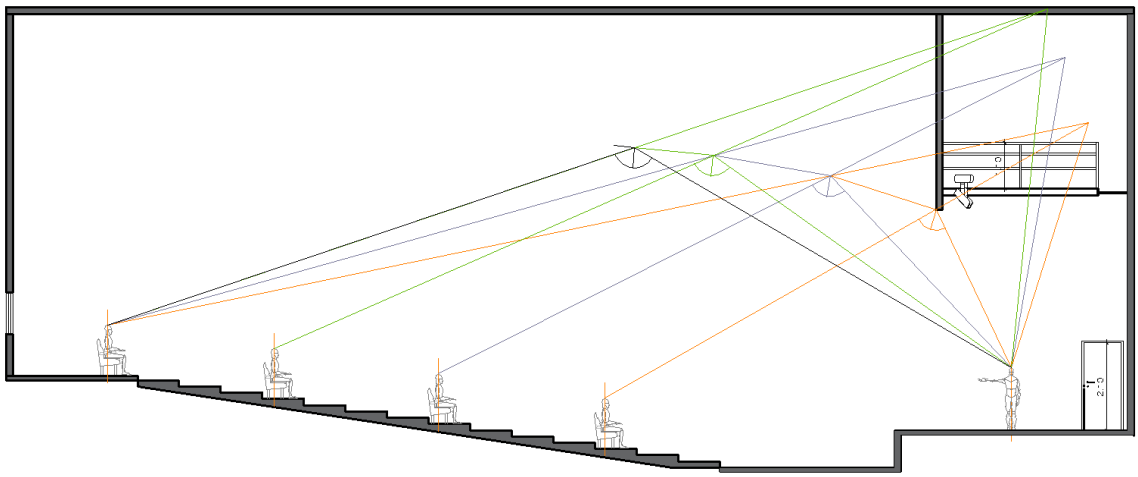
Entende-se por geometria acústica os elementos que a compõe e irá influenciar na forma que o som será reproduzido dentro do recinto, seu formato deverá trabalhar para que erros acústicos não aconteçam como eco já citado anteriormente, ondas estacionárias [20]e picos de intensidade sonora insuficiente[21](BRAGANÇA e et al.p.112).

A fonte sonora que irá prevalecer no projeto é para palavra falada, ou seja, seu uso maior será para palestras, conferências, aulas ou peças teatrais, mas eventos musicais também ocorrerão em menor escala.

Para o alcance da palavra uniforme ocorra de maneira adequada alguns elementos foram desenvolvidos para tanto, foi considerando o raio incidente em superfícies como teto e paredes laterais, esses raios serão iguais ao ângulo do raio refletido, criando uma geometria com dimensionamento a fim de proporcionar espelhos acústicos que favoreçam a correta propagação do som.

[20] A interferência causada pela superposição dos sons, normalmente ocorrem em ambientes com faces paralelas. (BRAGANÇA e et al.p.120).
[21] Causado pela insuficiência do som no recinto.

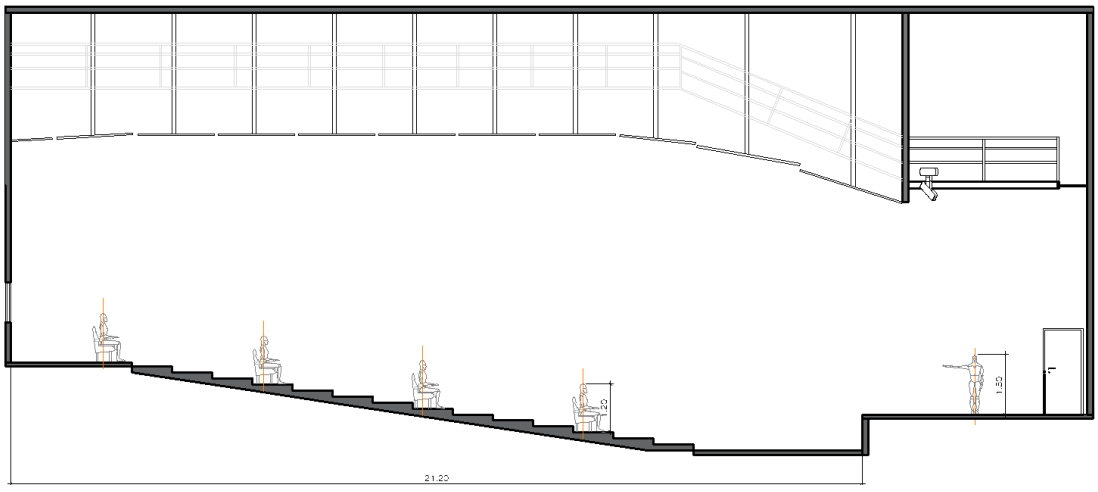
Figura 68 – Croqui espelho acústico

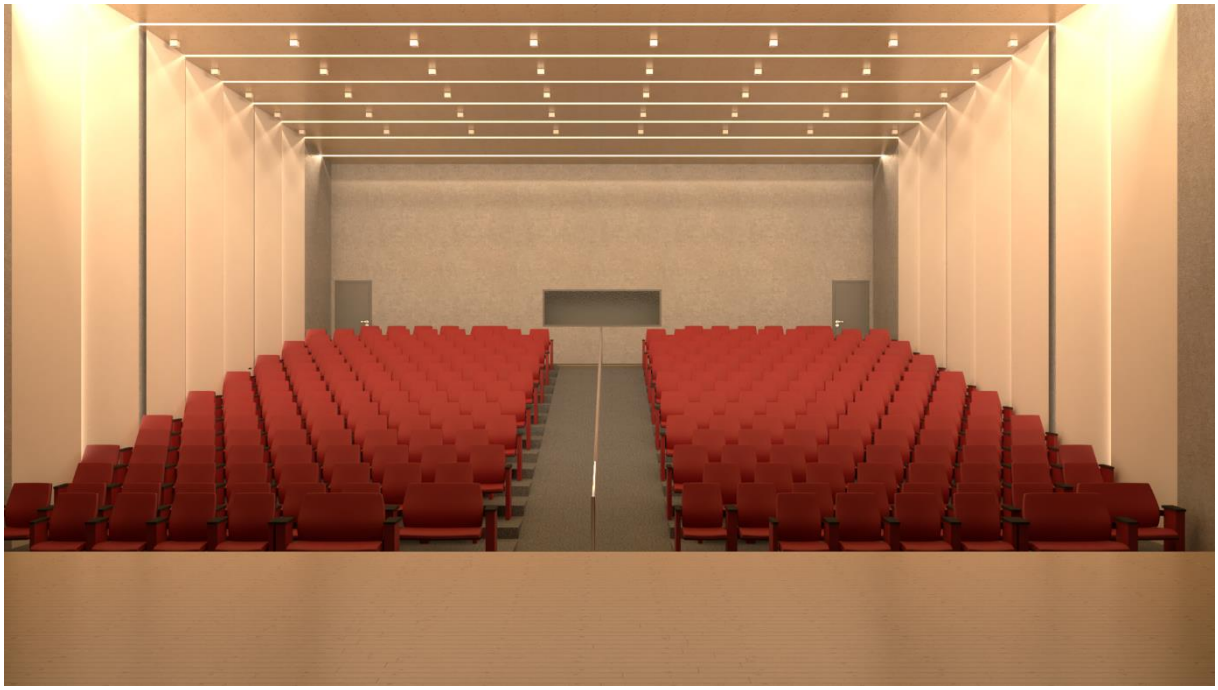


Fonte: Própria (2022)

O espelho acústico possui inclinação que se deu através da escolha da fonte sonora, uma pessoa com 1,50m de altura, a linha é guiada do teto ao receptor, uma pessoa com 1,20m de altura, margem indicada para uma pessoa sentada, o início dos rebatimentos se dá do primeiro ponto do forro do palco e segue unindo as linhas entre fonte e receptor criando ângulos através da bissetriz.

Figura 69 – Resultado do espelho acústico corte e perspectiva





Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Para a palavra falada o espelho acústico aumenta o seu nível de alcance, cerca de 2 a 3 dB, para a música os espelhos também são projetados para o devido retorno do som dos músicos (BRAGANÇA e et al.p.115).

9.5.2 Isolamento sonoro

São dois os tipos de ruídos que devemos considerar para o isolamento do teatro, ruídos aéreos gerados por fontes externas e dentro do próprio recinto, e ruídos de impacto que são gerados através dos sons que emanam da laje.

A quantidade de isolamento a ruídos é dada através da frequência do som incidente e do tipo de material aplicado a parede ou laje (MARCO, 1990, p.68).

Tabela 5: Intensidade sonora de algumas fontes e seu impacto.

Fonte de ruído	Intensidade sonora em dB (A)	Características orgânicas
· Avião a jato a 5 m	130-140	Acima do limiar da dor, produzindo surdez permanente
· Discoteca · Martelo pneumático a 5 m · Impressora de jornal a 5 m · Buzina de automóvel	110-130	Desconfortavelmente alto, atingindo o limiar da dor e, muitas vezes, surdez instantânea
· Caminhão carregado a 5 m · Motor sem silenciador · Motosserra a 5 m · Betoneira a 5 m	90-110	Extremamente excitante, provocando dependência
· Despertador a 1 m · Televisão a 2 m · Máquina de lavar roupa a 1 m	70-90	Estressante e bastante excitante
· Tráfego ouvido no interior das habitações · Conversação a 5 m	50-70	Aceitável, mas marca o início do estresse auditivo
· Ambiente calmo	30-50	Confortável
· Vento suave · Cochicho no ouvido · Balançar das folhagens	10-30	Silencioso
	0	Teoricamente, o início da capacidade de audição

Fonte: BARROS (2001)

Segundo tabela 01 o nível aceitável de ruído em salas de auditório e múltiplo uso é de 30- 40 dB, levando em consideração o tráfego externo do transito com um ruído que gira a cerca de 70dB, o material indicado para superfícies das paredes deve absorver até 35dB.

O material escolhido será a parede de gesso cartonado com lã mineral em seu interior, garantindo um isolamento de 41dB, e mantendo o valor ideal de reflexão em seu interior a partir do cálculo do tempo de reverberação a seguir.

Tabela 6: Tabela de coeficiente de isolamento acústico com Índices de Nível de Redução Sonora Ponderada (Rw).

Material	Espessura (cm)	Isolamento (R_w)
Paredes/ divisórias/ forros		
Tijolo cerâmico, maciço, c/ reboco nas duas faces	9	**37**
Tijolo cerâmico, furado, c/ reboco nas duas faces	12	**36**
Tijolo cerâmico, furado, c/ reboco nas duas faces	19	**40**
Bloco sílico-calcáreo, c/ reboco nas duas faces	14	**35**
Bloco de concreto celular, c/ reboco nas duas faces	14	**35**
Bloco de concreto, c/ reboco nas duas faces	14	**35**
Laje de concreto	10	**48**
Forro de gesso c/ juntas seladas	4	**20**
Divisória de gesso cartonada	7	**35**
Divisória de gesso cartonada c/ lã mineral	7	**41**
Divisória de gesso cartonada (placa dupla)	12	**44**
Divisória de gesso cartonada (placa dupla) c/ lã mineral	12	**50**
Forro de gesso cartonado c/ lã de vidro	4	**30**
ESQUADRIAS		
Porta comum (6 kg/m²), batente e soleira sem vedação	4	**18**
Porta comum(6 kg/m²), batente e soleira vedados	4	**24**
Porta comum (15 kg/m²), batentes e soleira vedados	4	**30**
Porta especial (60 kg/m²), estanque, fechamento de pressão	6	**38**
Janela comum, vidro 3mm, caixilho s/ vedação	7	**10**
Duas portas em série separadas por câmara de ar	40	**50**
Janela vidro laminado 8mm, caixilho c/ vedação	7	**20**
Janela vidro duplo (4 + 6mm), caixilho c/ vedação	10	**25**

Fonte: NBR 101.

Para o ruído de impacto no piso a escolha se deu para o concreto maciço adicionando manta fibrosa de polipropileno em sua composição, garantindo um isolamento de até 54 dB, em forro e laje entre piso.

Tabela 7 – Comportamento acústico entre piso através de máquina de ensaio

Tipo de laje	Revestimento	L'nTw (dB)	Desempenho para ruído de impacto
Concreto maciço 10 cm	Contrapiso de argamassa comum 5 cm + laminado de madeira 7 mm, com manta de fibras de polipropileno 5 mm	54	Superior
Concreto maciço 10 cm	Contrapiso de argamassa comum 5 cm + laminado de madeira 7 mm, com manta de polietileno expandido 2 mm	56	Intermediário
Concreto maciço 12 cm	Contrapiso de argamassa com brita leve 4 cm (1:2:3) + laminado de madeira 7 mm, com manta de polietileno expandido 2 mm	60	Intermediário
Concreto maciço 12 cm	Contrapiso de argamassa com brita leve 4 cm (1:2:3) + porcelanato	78	Mínimo
Treliçada com enchimento de EPS 5 cm e capa de concreto armado 4 cm	Contrapiso de concreto 4 cm + laminado de madeira 7 mm	63	Intermediário
Treliçada com enchimento de EPS 5 cm e capa de concreto armado 4 cm	Contrapiso de concreto 4 cm + cerâmica esmaltada	85	Não atende
Laje nervurada com cubetas de EPS	Contrapiso de argamassa com brita leve 5 cm (1:1:4) e argamassa comum 2 cm + laminado de madeira 7 mm	50	Superior

Fonte: NUNES, M.F.O. (2001)

Podemos contar ainda com aplicação de painéis elásticos de pouca densidade com cerca de 5 a 8mm nas lajes, reduzindo o ruído em até 3dB (SIMÕES, 2011).

9.5.3 Cálculo do tempo de reverberação do som

Conforme já citado no item 6.4, a escolha para o tratamento acústico nas superfícies de uma sala dá através da escolha de materiais levando em consideração o seu o coeficiente de absorção.

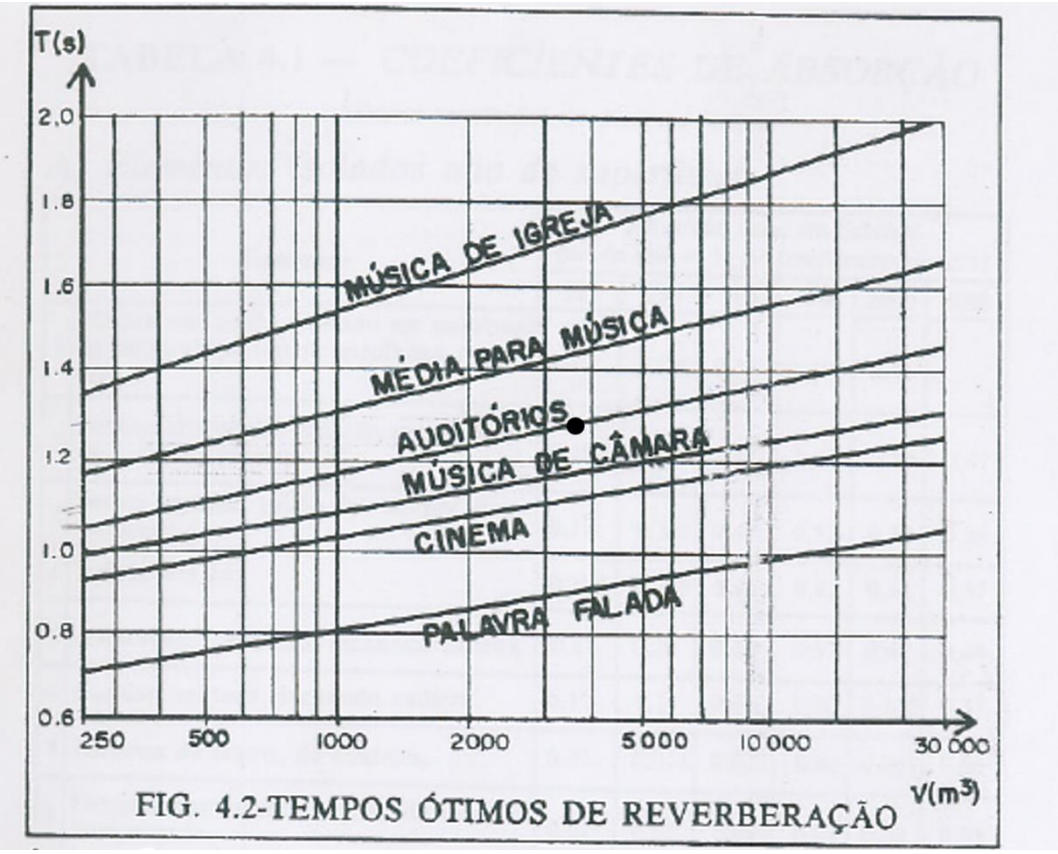
A sala de teatro foi devidamente calculada para receber frequência sonoras de 125 Hz, 500 Hz e 2000 HZ, para garantir a devida absorção em diferentes frequências do som, sejam eles mais graves, médios ou agudos.

Conforme indicado na equação 2, o tempo de reverberação para a sala é encontrado através da divisão da constante 0,161 x o volume cubico da sala, dividido pela absorção total dos materiais.

$$TR = \frac{0{,}161\ .\ V}{A}$$

O tempo ótimo de reverberação (s) é encontrado através do gráfico indicando o volume cúbico e seu tipo de uso.

Figura 70 – Gráfico do tempo de reverberação e seu diferente usos.



Fonte: MARCO, 1990.

Para frequência de 125 Hz devemos multiplica-la pela constante 1,45, por ser considerada uma frequência mais aguda e mais fácil de ser absorvida.

Tabela 7: Tabela com levantamento de dados do projeto para sala de teatro.

VOLUME m³	3.854,83
SUPERFÍCIES	**M²**
ÁREA PAREDES	812,09
ÁREA DAS PORTAS	10,34
ÁREA JANELA	3,2
ÁREA PISO PALCO	81,76
ÁREA PISO AUDITÓRIO	405,31
ÁREA TETO	403,79
T.O.R SEGUNDA GRÁFICO	1,2s

Fonte: Própria (2022).

Tabela 8: Materiais escolhido para superfícies do teatro para alcançar o tempo ótimo de reverberação do som.

MATERIAL	**FREQUENCIA (S)**		
	125Hz	**500Hz**	**2000HZ**
PAREDE_ GESSO CARTONADO (2×13 MM), 5 CM CX AR LÃ MINERAL	0,15	0,06	0,04
TETO DE GESSO_ FORRO DE MADEIRA - PAINEL NEXACUSTIC 8 - PLENUM 20 CM VAZIO - NRC 0,60	0,33	0,80	0,55
PISO PLATEIA_ CARPETE FINO SOBRE FELTRO FINO EM ASSOALHO DE MADEIRA	0,20	0,30	0,30
PISO PALCO (PARQUET NO CONTRA-PISO)	0,20	0,10	0,05
PORTA DE MADEIRA FECHADA	0,14	0,08	0,08
JANELA VIDRO	0,04	0,03	0,02
PESSOA SENTADA (280)	0,15	0,35	0,38

FONTE: NBR ABNT 12179 (1992)

Tabela 9: cálculo do tempo ótimo de reverberação para sala do Teatro FANESE:

SUPERFICIE	ÁREA	125HZ	C.A	500HZ	C.A2	2000HZ	C.A.
PAREDE 1	267,37	0,15	0,06	0,06	16,0422	0,04	10,6948
PAREDE 2	146,33	0,15	21,9495	0,06	8,7798	0,04	5,8532
PAREDE 3	265,83	0,15	39,8745	0,06	15,9498	0,04	10,6332

PAREDE 4	13,14	0,15	1,971	0,06	0,7884	0,04	0,5256
PAREDE 5	119,42	0,15	17,913	0,06	7,1652	0,04	4,7768
PORTA 1	8,8	0,14	1,232	0,8	7,04	0,8	7,04
PORTA 2	1,54	0,14	0,2156	0,8	1,232	0,8	1,232
JANELA	3,2	0,04	0,128	0,03	0,096	0,02	0,064
PISO PALCO	81,76	0,2	16,352	0,1	8,176	0,05	4,088
PISO	405,31	0,2	81,062	0,3	121,593	0,3	121,593
TETO	403,79	0,33	121,137	0,8	323,032	0,55	222,0845
PESSOAS	280	0,15	42	0,35	98	0,38	106,4
COEFICIENTE DE ABSORÇÃO TOTAL			343,8946		607,8944		494,9851
Volume			3.854		3.854		3.854
Calculo parcial do tempo de reverberação			619,7232		619,7232		619,7232
TEMPO DE REVERBERAÇÃO			**1,74**		**1,02**		**1,25**
Valor do tempo ótimo para o teatro (s)	1,2						
Tempo ótimo			**1,74**		**1,2**		**1,2**
Margem aceita de diferença			[1,73 - 1,75]		[1,1 - 1,3]		[1,1 - 1,3]

A margem de erro adotada foi de 0,1s.

9.6. Demais considerações

Outras recomendações se fazem necessárias para concepção do projeto arquitetônico de um teatro, que não podem deixar de ser abordadas.

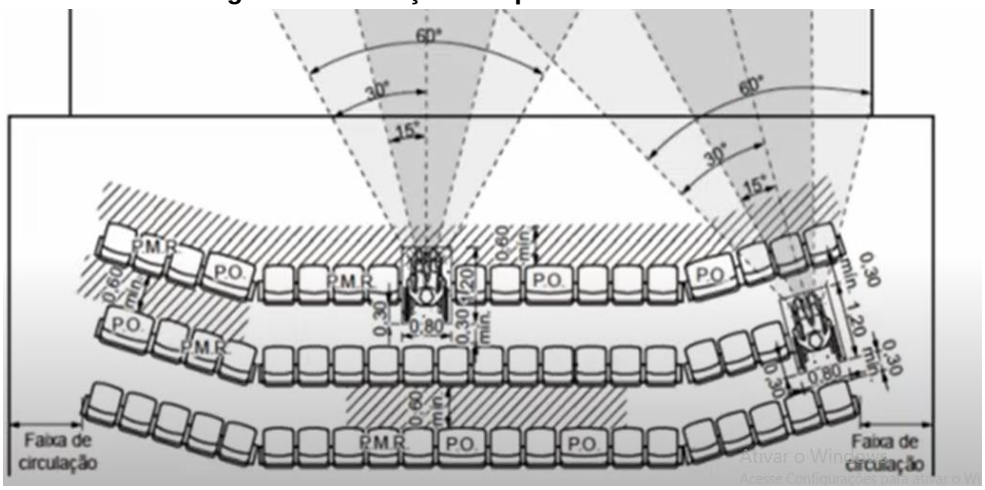
Segundo NBR 9050/2015 os pontos específicos na elaboração de uma sala de teatro são:

- Deve-se destinar no mínimo um assento para o companheiro de pessoas com deficiências e ter assentos destinados a P.M.R e P.O;
- Os corredores de circulação devem ser livres de obstáculos;
- Para rampa ou degrau deve ser instalado um corrimão com altura de .70m, que será instalado de um lado só do nível;

- Admite que a rota de circulação entre a plateia com rampa possua uma inclinação de até 12%;
- Havendo desnível entre o palco e a plateia a rampa pode ser mais estreita, com .90m, sua inclinação máxima pode ser de até 16,66%, e no acesso ao palco não se faz necessário instalação de corrimão;

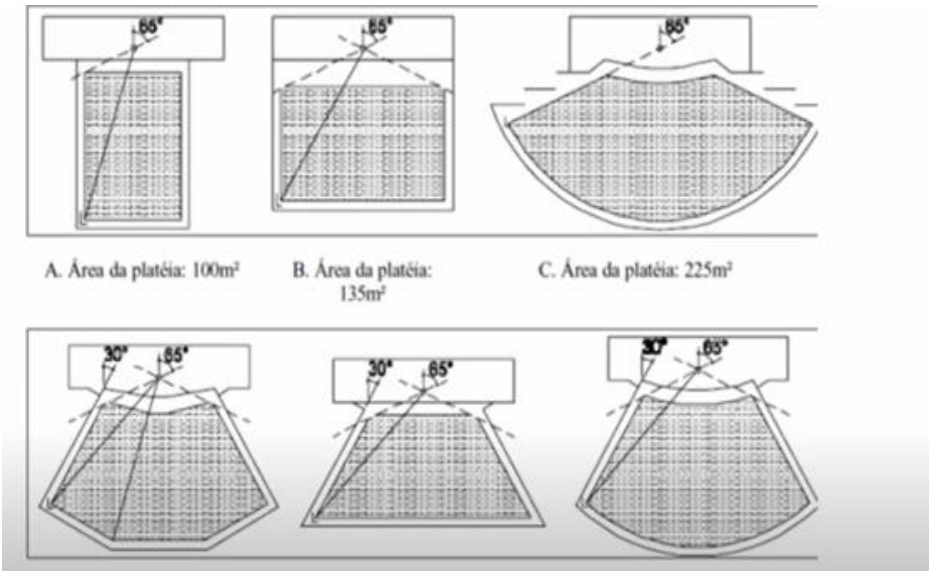
No campo visual se faz necessário intercalar os assentos da plateia para manter o campo confortável de 60º, nos assentos laterais para não prejudicar o campo de visão deve-se fazer uma inclinação em sua disposição, esse ângulo será determinado considerando um alvo central ao palco, a partir disso será traçado uma linha de 65° (MARCO, 1990).

Figura 71 – Relação campo de visão auditório



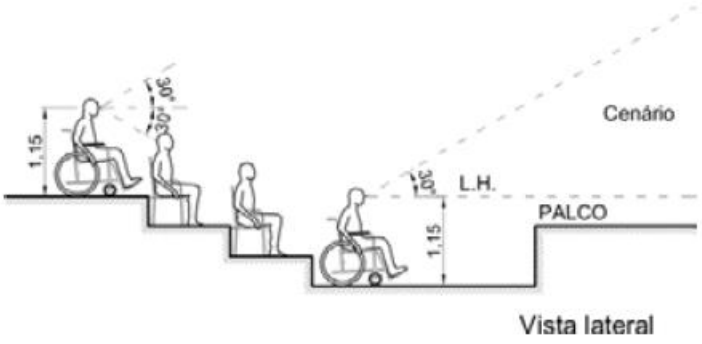
Fonte: (METHA 1999)

Figura 72 – Relação campo de visão auditório



Fonte: (METHA 1999)

Figura 73 – Ângulo de visão em teatros para P.C.R.



Fonte: NBR 9050

Em um auditório ou sala de teatro para um bom uso da palavra falada onde garanta sua inteligibilidade do alvo central até o ultimo interlocutor recomenda-se ter até 15m de distância para garantir uma excelente condição de áudio, 15m a 20m considera-se uma boa inteligibilidade, o Teatro Escola Fanese conta com 16m até o ultimo ouvinte. De 20m a 25m será satisfatória e até 30m sem utilizar amplificadores (Bragança et al.,2012).

9.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca do edifício teatro e as condicionantes acústicas abriga umas complexas e interessantes buscas por conhecimentos específicos de um nicho tão singular na arquitetura, ela desafia unir forma e função para abrigar seus respectivos ambientes.

Toda a pesquisa desenvolvida buscou levantar dados históricos e científico, exigiu ir além de artigos ou livros, foi necessário conhecer o edifício teatro fisicamente, anotar considerações, buscar referencias em Aracaju, e fora dela para agregar a esse trabalho as devidas considerações.

Dessa maneira considera-se que a resolução do problema pode mostrar-se clara empregando os devidos materiais ao recinto, sem perder sua qualidade unificadora de troca de cultura através de seus espaços.

Esse estudo também possibilitou levantar dados técnicos acerca da instituição FANESE, que possa servir de base para futuras pesquisas sobre seu edifício ou entorno.

O método aplicado para concepção de salas de teatro contribui para a reflexão da acústica, um item que de maneira geral sentimos apenas quando gera algum desconforto, e que deve ser primordial para o tipo de ambiente, temos hoje a tecnologia agregada no quantitativo acústico dos espaços, para esse projeto utilizou-se cálculos iniciais, mas seu universo é vasto com muitos itens a se explorar nessa experiência multissensorial chamada acústica.

REFERÊNCIAS

A relação, forma e funções em edifícios teatrais. Disponível em: <http://www.avaad.ufsc.br/moodle/mod/hiperbook/view.php?id=497&target_navigation_chapter=200&groupid=0> Acesso em: abril 2022

ALMEIDA, Rui. **Teatro Tobias Barreto. Disponível em: <**http://rcprojetos.com.br/projetos/institucionais>. Acesso: fev. – 2022.

ANFRADE, Felipe Duarte. **Teatro em Itaquaquecetuba.** Mogi das Cruzes, SP, 2021. Disponível em:< https://issuu.com/ifelipeduartedeandrade/docs/monografia_1-68_merged>. Acesso em: fev. – 2022.

ANUNCIAÇÃO, Tassia O. S. **O teatro Atheneu e suas memórias: Palco casa da arte em Aracaju/SE.** São Cristóvão, SE, 2019. Dissertação (GRADUAÇÃO) Universidade Federal de Sergipe, UFS, 2019.

AVA, Architects. **Teatro Municipal de Guarda**. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/601547/teatro-municipal-de-guarda-slash-ava-

architects>. Acesso em: maio 2022.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo; MONTEIRO, Jorge Luiz; RAMIRES, Fabiana; TAMANINI, Carlos A.M. **O conforto acústico como fundamento de projeto: O caso do teatro de São José dos Campos.** VI Congresso Ibero-americano de Acústica, 2008, Buenos Aires, p. 5 – 7. 2008.

BRAGANÇA, Luís; ALMEIDA, Manuela G.; SOUZA, Léa Cristina. **Bê-á-bá da acústica da arquitetura, ouvindo a arquitetura.** 4ed. São Carlos: Editora EDUFSCAR, 2012, 140p.

FUNARTE. Tipologias. Disponível em: < http://www.ctac.gov.br> Acesso em: 17 maio. 2022.

GRAEFF, Edgar Albuquerque. **Edifício. Artigo da história do teatro.** Disponível em:< http://lazuliarquitetura.com.br/artigo-historia-do-teatro/> Acesso em: mar – 2022.

HEE, Carlos. **O Palco Italiano.** Disponível em: < https://www.spescoladeteatro.org.br/noticia/o-palco-italiano>. Acesso em: maio_2022

LIMA, Evelyn Furquim Werneck. **Arquitetura Teatral no Brasil: da colônia as formas contemporâneas.** Rio de Janeiro, RJ. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, UFRJ.

LAZULI. **CCBB Teatro multiuso.** Disponível em: <http://lazuliarquitetura.com.br/portfolio/ccbb-teatro-multiuso/>. Acesso 17 maio. 2022.

LIMA< Natália Dias. **A belle époque e seus reflexos no Brasil.** Disponível em:< https://drive.google.com/drive/folders/1DpW2LRu0VPQ3XkXd0mF8hSITfsl8T2Vy>. Acesso em: maio-2022

MAYNARD, Armando. **Sergipe em Fotos.** Disponível em: < http://sergipeemfotos.blogspot.com/2012/10/parte-do-predio-do-teatro-atheneu.html> Acesso em: 05 de maio de 2022.

MARCO, Conrado Silva. **Elementos da acústica Arquitetônica.** 2ed. São Paulo. Editora: Nobel, 1999.

OLIVEIRA, Liziane Torres. **A arquitetura como palimpsesto.** Laranjeiras, SE, 2019. Dissertação (GRADUAÇÃO). Universidade Federal de Sergipe, UFS, 2019.

RIBEIRO, Edson; BARROS, Giselly; FRANCO, Tiago. **Teatros, anfiteatros e auditórios. Arquitetura e Urbanismo. Projeto Arquitetônico.** Disponível em:< https://pt.slideshare.net/edisonbr2/arquitetura-teatros-anfiteatros-e-auditrios>. Acesso em: 7 – mar – 2022.

RODRIGUES, Cristiano C. **Cogitar a arquitetura teatral.** Vitruvius, v – 104, n 9, jan. 2009. Disponível em:< https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.104/85> Acesso em: maio 2022

SILVA, Jaciara Lopes. **Projeto do auditório do IFPB Campos Guabariba com uso de critérios de conforto ambiental e eficiência energética.** Natal, RN, 2018. Dissertação (MESTRADO). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRGN, 2018.

SIMÕES, Flavio Maia. **Acústica Arquitetônica.** 1ed. Rio de Janeiro. Editora Procel Edifica, 2011, 117p.

SOUZA, Sara Nunes. **A relação, forma e função em edifícios teatrais em um ambiente virtual de aprendizagem.** Florianópolis, SC, 2006. Dissertação (MESTRADO). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2006.

TAKAHASHI, Vanessa F. M. **Influência das características arquitetônicas na qualidade acústica de salas de concerto.** Campinas, SP, 2010. Dissertação (MESTRADO). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2010.

ANEXOS

Figura 74 – FACHADA

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Figura 75 – FACHADA

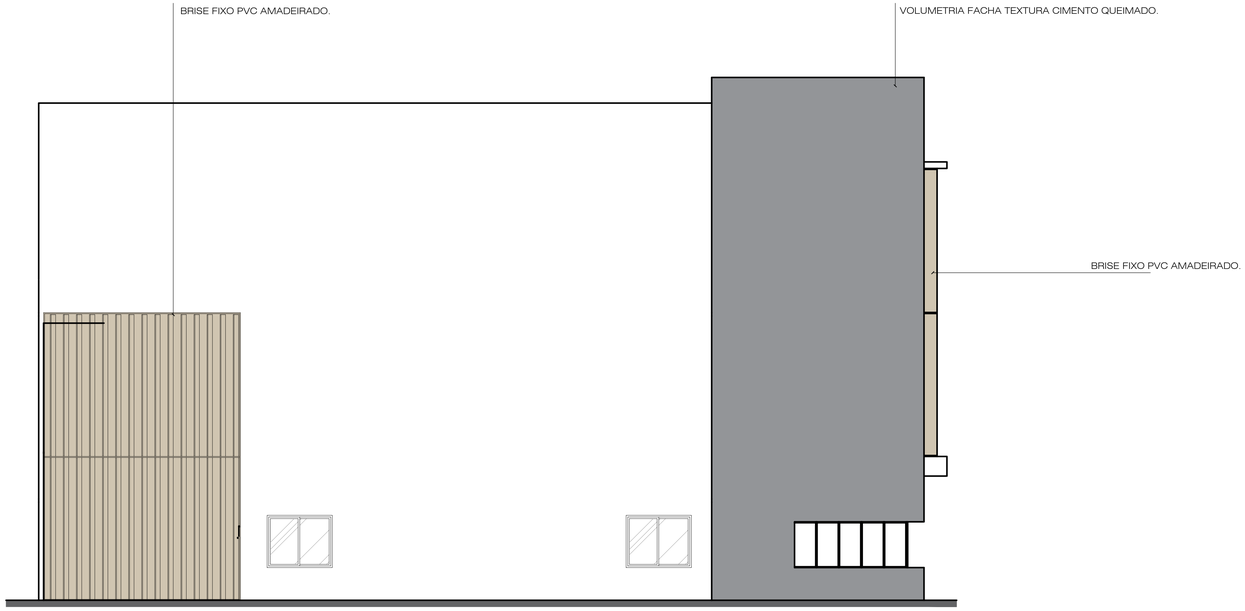
Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Figura 75 – FACHADA

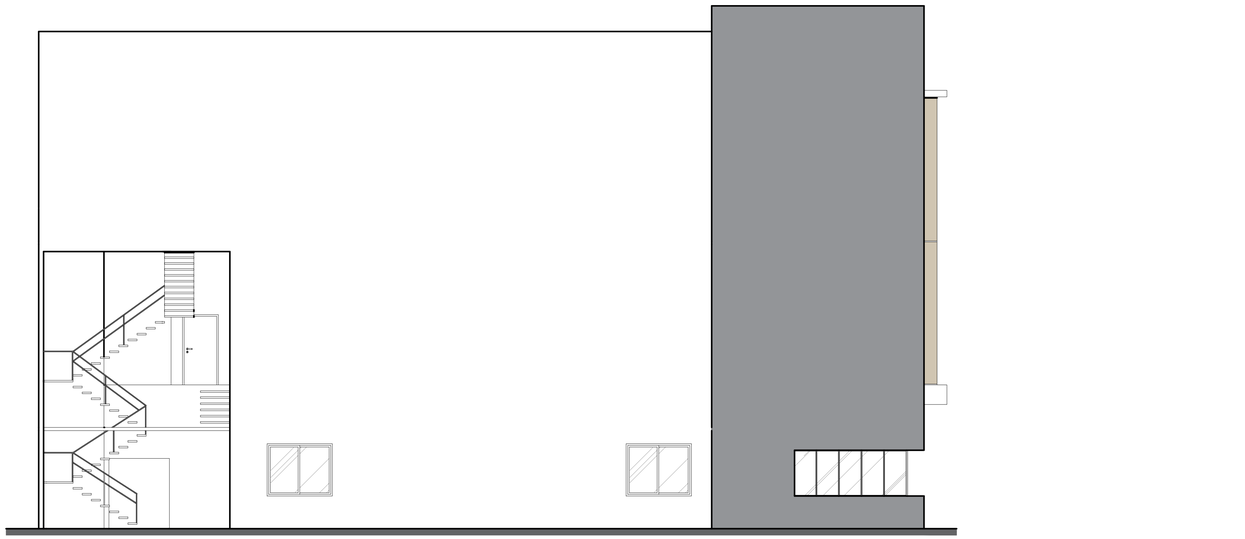
Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Figura 76 – FACHADA

Fonte: Elaborado pela autora (2022)



FACHADA NORTE - COM BRISE
Esc.1:75



FACHADA NORTE - SEM BRISE
Esc.1:75

BRUNNA CRUZ BARROS

AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

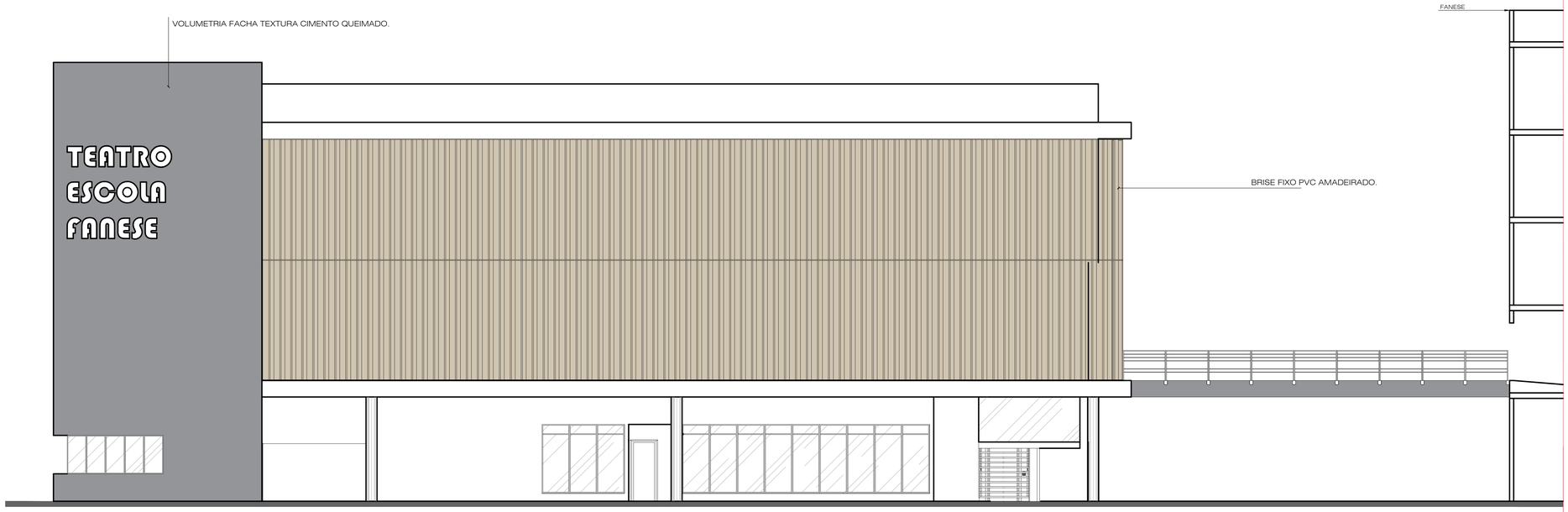
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANÉSE_ 2022.1

DESENHO (S)_

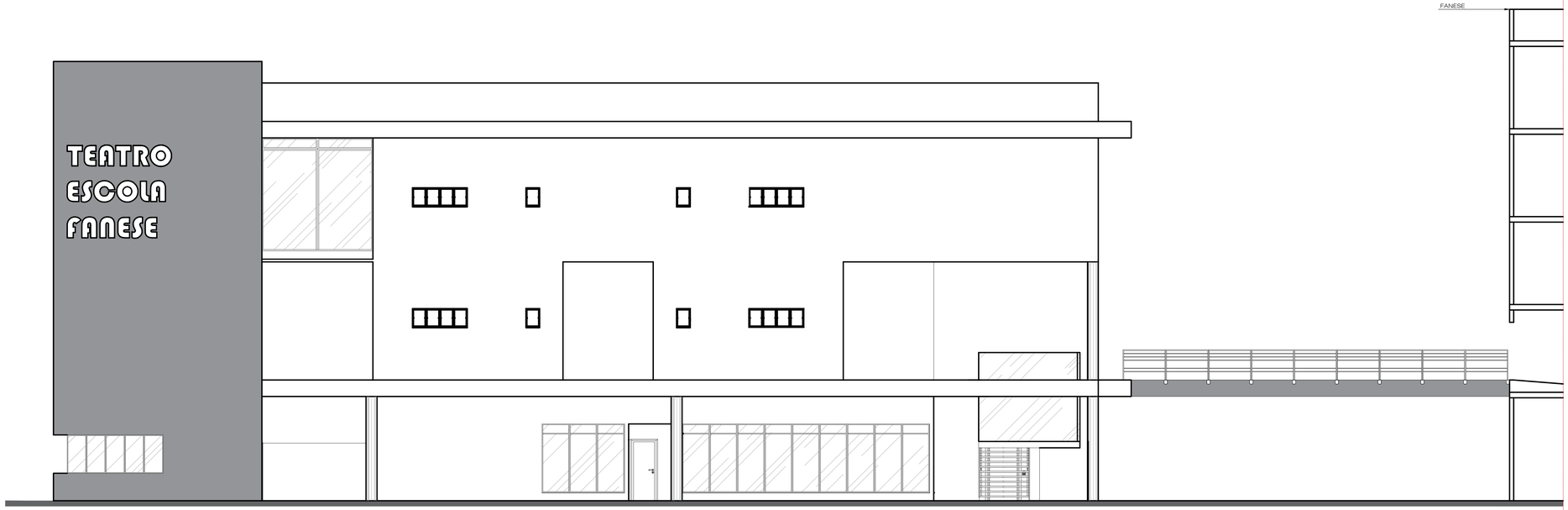
ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	02/07

FACHADA NORTE

A1 ALONGADO ESC. 1-75



FACHADA OESTE - COM BRISE
Esc.1:75



FACHADA OESTE - SEM BRISE
Esc.1:75

BRUNNA CRUZ BARROS
AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

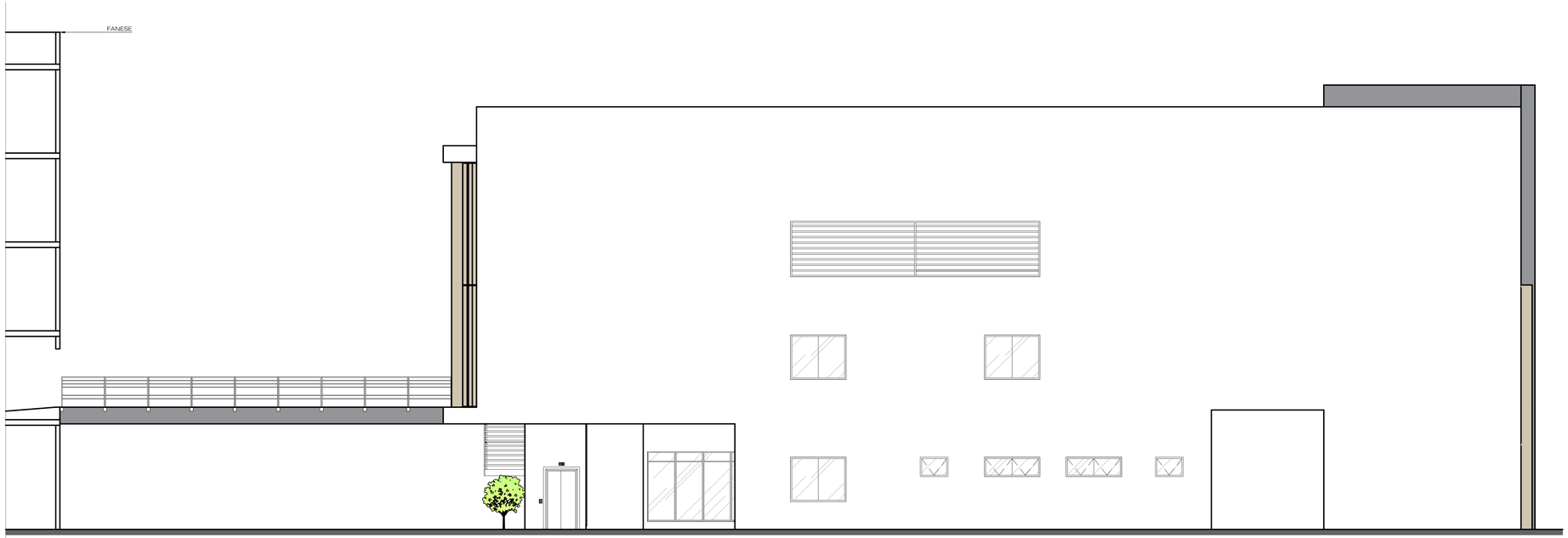
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANÉSE_ 2022.1

DESENHO (S)_

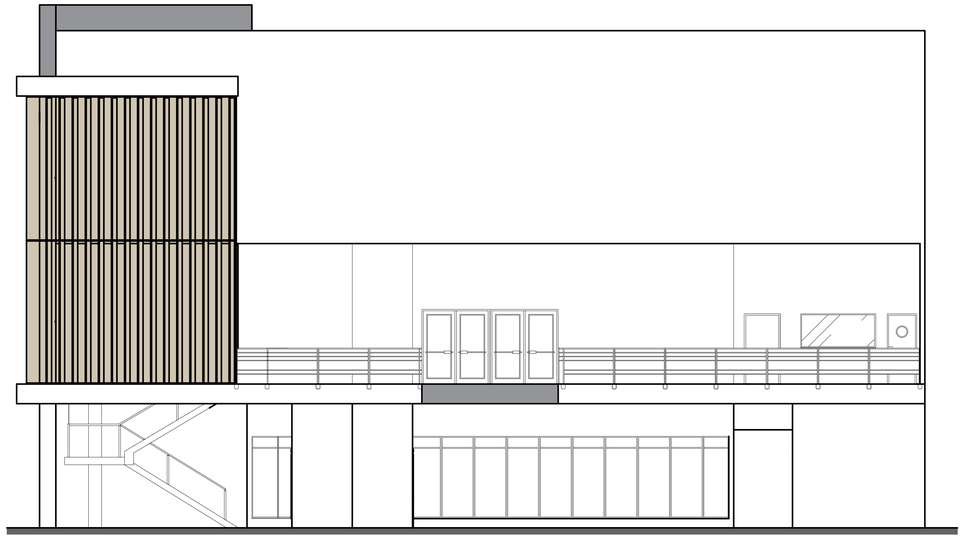
ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	01/07

FACHADA OESTE

A1 ALONGADO ESC. 1-75



FACHADA LESTE
Esc.1:75



FACHADA SUL
Esc.1:75

A1 ALONGADO ESC. 1-75

BRUNNA CRUZ BARROS
AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANÉSE_ 2022.1

DESENHO (S)_

ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	03/07

FACHADAS SUL - LESTE

BRUNNA CRUZ BARROS

AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

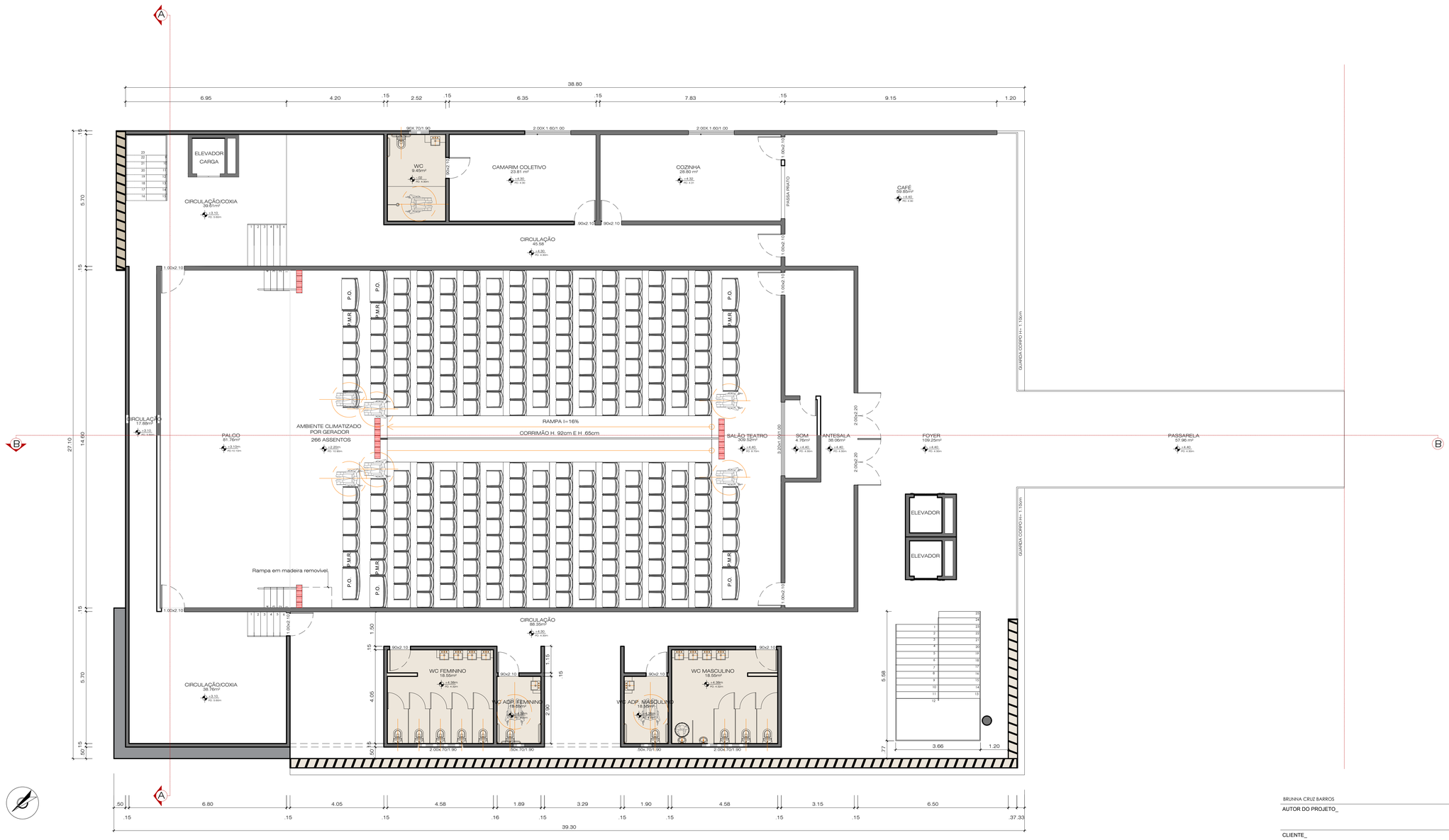
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANESE_ 2022.1

DESENHO (S)_

ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	04/07

PLANTA BAIXA TERREO

A1 ALONGADO ESC. 1-75



PLANTA BAIXA 1° PISO
Esc.1:75

BRUNNA CRUZ BARROS
AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

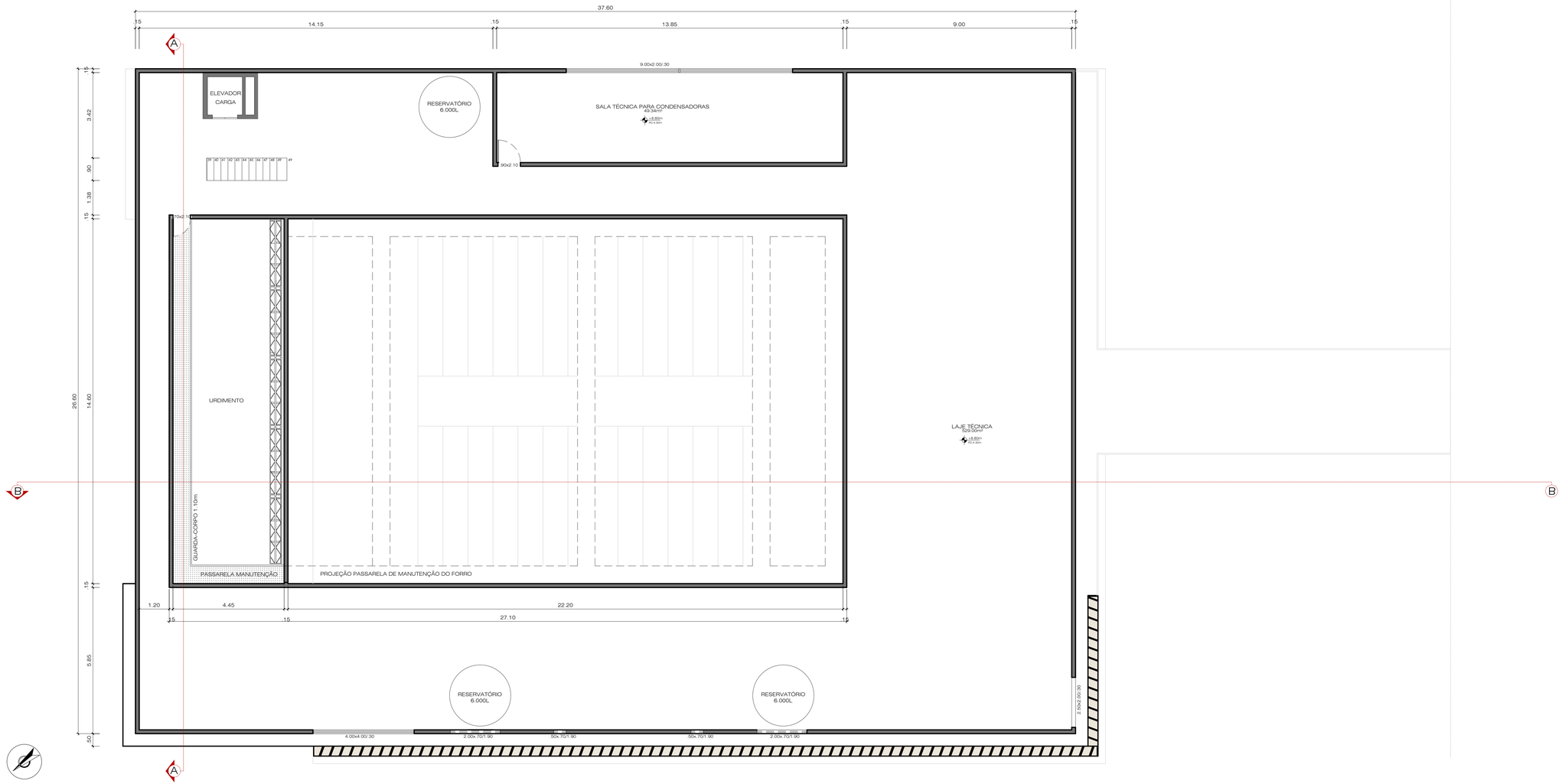
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANESE_ 2022.1

DESENHO (S)_

ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	05/07

PLANTA BAIXA 1° PISO

A1 ALONGADO ESC. 1-75



PLANTA BAIXA 2° PISO
Esc.1:75

A1 ALONGADO ESC. 1-75

BRUNNA CRUZ BARROS
AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANESE_ 2022.1

DESENHO (S)_

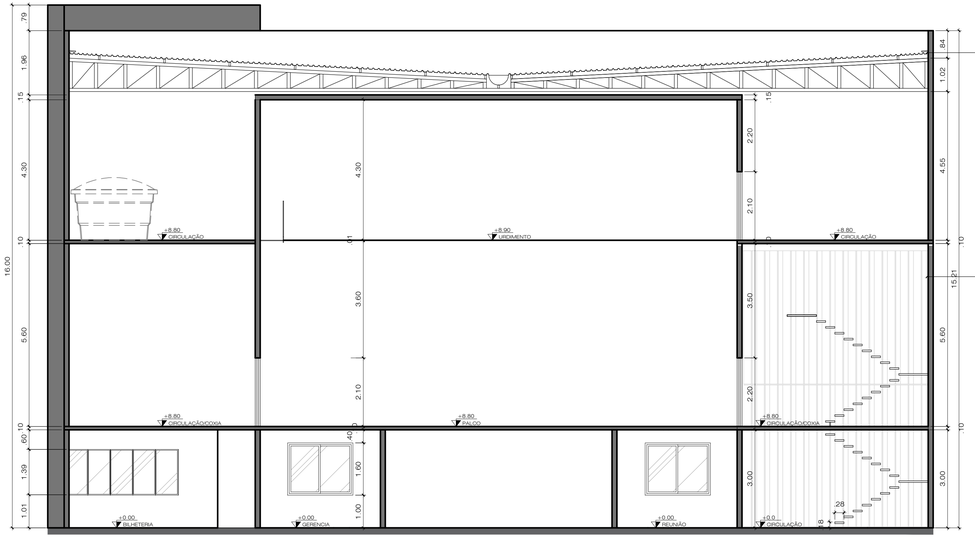
ESCALA_ 1/75

DATA_ JUNHO/2022

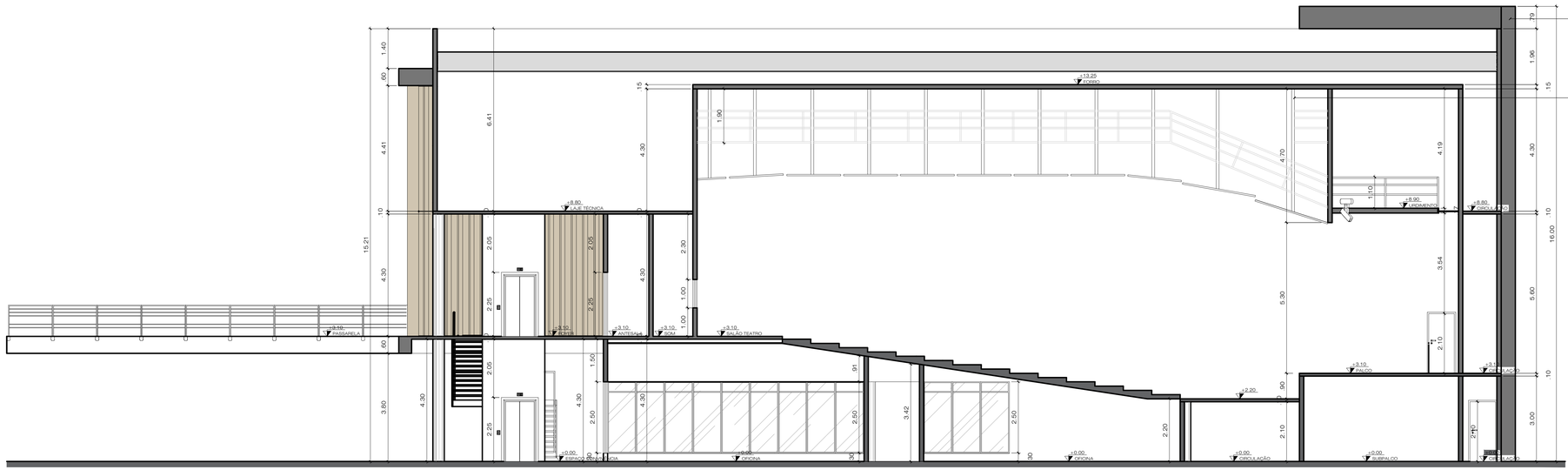
REVISÃO_ REVISAO

FOLHA_ 06/07

PLANTA BAIXA 2º PISO



CORTE AA
Esc.1:75



CORTE BB
Esc.1:75

BRUNNA CRUZ BARROS
AUTOR DO PROJETO_

CLIENTE_

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO _ARQUITETURA E UEBANISMO _FANESE_ 2022.1
DESENHO (S)_

CORTE A _B

ESCALA_	1/75
DATA_	JUNHO/2022
REVISÃO_	REVISAO
FOLHA_	07/07

A1 ALONGADO ESC. 1-75