UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

CARLOS AUGUSTO DE MELO TAMANINI

Reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi

São Paulo
2011

CARLOS AUGUSTO DE MELO TAMANINI

Reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Reynaldo Bistafa

São Paulo
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL: camtamanini@uem.br

Tamanini, Carlos Augusto de Melo
T153r Reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi / Carlos Augusto de Melo Tamanini. --São Paulo, 2011.
168 p. : il.

Tese (Doutorado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP.
Orientador: Sylvio Reynaldo Bistafa

1.Acústica arquitetônica 2.Cinema 3.Levi, Rino (1901-1965) I.Título

CDU 534.84

TAMANINI, C.A.de M. **Reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi**. Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.	Instituição:
Julgamento:	Assinatura:
Prof. Dr.	Instituição:
Julgamento:	Assinatura:
Prof. Dr.	Instituição:
Julgamento:	Assinatura:
Prof. Dr.	Instituição:
Julgamento:	Assinatura:
Prof. Dr.	Instituição:
Julgamento:	Assinatura:

DEDICATÓRIA

À minha esposa Fabiana,
aos meus filhos, Gustavo e Eduarda,
aos meus pais, Juliano e Madalena.

AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutorado é o resultado de anos de dedicação. Durante essa trajetória, muitas experiências são vivenciadas, de crescimento e realização, através de pesquisas, leituras, viagens, amizades, até de desespero e medo. Mas a cada obstáculo, surgem pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para ultrapassá-lo e alcançar o objetivo traçado. A todas essas pessoas, gostaria de manifestar a minha gratidão.

Ao Professor Doutor Sylvio Reynaldo Bistafa, meu orientador, pela dedicação, disponibilidade, compreensão, seriedade, e contribuições com ideias, críticas e sugestões;

à Fabiana, minha esposa, amiga e companheira, por garantir a tranquilidade necessária para a realização da pesquisa e compreender os momentos de ausência e nervosismo que o doutorado exige;

ao Gustavo e à Eduarda, meus filhos, que através de um simples gesto, transformavam e incentivavam o meu dia;

aos pais Juliano e Madalena, que sempre torceram e incentivaram o meu crescimento;

à Alice, minha sogra, por cuidar dos meus filhos na ausência dos pais;

à CAPES/CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa;

à Universidade Estadual de Maringá, por todo apoio, da cessão dos equipamentos para a realização da pesquisa e pela liberação em tempo integral;

ao Departamento de Engenharia Civil, professores e funcionários, que administraram a minha ausência nesse período de afastamento e por incentivarem o crescimento acadêmico;

aos funcionários da Secretaria e das Bibliotecas da FAU - USP, pela atenção, dedicação e auxílio durante o doutorado;

aos inúmeros amigos, cada qual da sua maneira, que ajudaram e incentivaram para a realização desta pesquisa;

por fim, a todos aqueles que torceram para a realização de mais uma etapa na minha vida.

RESUMO

TAMANINI, C. A. de M. **Reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi.** 2011. 168f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Este estudo visou realizar um resgate histórico e, através do método de modelagem acústica, reconstruir acusticamente as salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi. Utilizando dados mensuráveis e relatos publicados por Rino e outros autores, modelos foram criados. A partir dos modelos, realizaram-se comparações e avaliações dos parâmetros acústicos e das respostas, obtidas através de mapas acústicos gerados por simulações, para verificar as técnicas e soluções empregadas pelo arquiteto. Comprovou-se que a metodologia desenvolvida pelo arquiteto para a realização do tratamento acústico da sala do cinema é pertinente e inovadora para a época, entretanto algumas técnicas e soluções, em função dos resultados apresentados, passam a ser questionadas. O Cine Ufa-Palácio, o primeiro cinema a ser projetado por Levi, apresentou o melhor desempenho acústico em função de soluções empregadas somente no seu projeto. Nos outros projetos, principalmente no Cine Universo e Piratininga, notou-se, através do desempenho acústico, que algumas soluções contribuíram para um resultado pouco satisfatório. A importância de Levi para a acústica no Brasil é incontestável, mas suas soluções, até divulgadas como muito eficientes, devem ser repensadas e tratadas com critérios para a correção de possíveis falhas. Finalmente, o contato com essas salas de cinema projetadas por Levi foi significativo, independente dos resultados, por constatar a sua visão sobre arquitetura, baseada na técnica e nos princípios científicos, enfatizando um raciocínio projetual que revela a clareza de sua arquitetura.

Palavras-chave: Acústica Arquitetônica. Cinema. Levi, Rino (1901-1965).

ABSTRACT

TAMANINI, C. A. de M. **Acoustic Reconstruction of the movie theatres designed by the architect Rino Levi**. 2011. 168f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

A historical virtual acoustical reconstruction was developed in five movie theaters designed by the architect Rino Levi from 1936 to 1941, in the cities of São Paulo and Recife, by means of computer simulations. Such approach was chosen because these movie theatres have been demised or are now used with different purposes. Rino Levi is recognized as one of the Brazilian greatest architects, and the present work shows that he was perhaps the first to introduce the scientific results of Sabine in the design of acoustical sensitive rooms. By means of the original drawings and reports published by Rino Levi and others, geometric models have been created to carry out the computer simulations. From these models, Reverberation Times and Early Decay Times were obtained, and maps of speech intelligibility parameters such as C50 and RaSTI throughout the audiences have been generated. These allowed the evaluation of the acoustical results that would have been achieved by Rino Levi in these cinemas. Although the approaches employed by Rino Levi was considered innovative at that time, it is shown that some of his solutions, particularly those related to the shapes of the internal surfaces and structures, may be questioned by the present day knowledge. It is shown that Cine-Ufa Palace, the first movie theater designed by Rino Levi, supposedly presented the best acoustic performance among the movie theatres that have been simulated, whereas the adopted solutions to other cinemas, such as Cine Universe and Cine Piratininga, may have contributed to unsatisfactory acoustical results. Finally, regardless of the criticisms that can now be made to his approaches in the acoustical design of rooms, the acoustical reconstruction of the movie theaters designed by Rino Levi was significant, because it has been possible to get acquainted with his views of architecture, which had been based on technical and scientific principles, emphasizing a project reasoning that reveals the clarity of his solutions.

Keywords: Architectural Acoustics. Cinema. Levi, Rino (1901-1965).

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Edifício Columbus 09

Figura 02. Residência do arquiteto 10

Figura 03. Banco Itaú 12

Figura 04. Banco Itaú 12

Figura 05. Modelo acústico da Sala de Leitura do Museu de Arte Fogg 16

Figura 06. Comparação da inteligibilidade do modelo acústico de 1895 com o modelo acústico de 1898, pós tratamento proposto por Sabine 18

Figura 07. Mapa acústico gerado pelo EASE 4.2 através da resposta impulsiva 19

Figura 08. Tempo de reveberação(s) - 500Hz x volume (m³) - ABC 23

Figura09. Variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas - ABC 23

Figura 10. Tempo de reveberação(s) - 500Hz x volume (m³) - THX 24

Figura 11. Variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas - THX 25

Figura 12. Iluminação como destaque na entrada do Cine Ipiranga 29

Figura 13. Interior da sala do Cine Ipiranga 30

Figura 14. Fachada do Cine Ufa-Palácio 31

Figura 15. Fachada atual do cinema – 2010 32

Figura 16. Planta baixa do Cine Ufa-Palácio 32

Figura 17. Corte longitudinal do Cine Ufa-Palácio 33

Figura 18. Entrada do cinema 33

Figura 19. Interior do Cine Ufa-Palácio 34

Figura 20. Parede lateral e teto – parábola 35

Figura 21. Estudo acústico de distribuição do som – corte 35

Figura 22. Estudo acústico de distribuição do som – planta 36

Figura 23. Tabela com os cálculos – fórmula de Sabine 36

Figura 24. Gráfico – Curvas de Mac Nair e Knudsen 37

Figura 25. Tabela com os cálculos – fórmula de Sabine corrigidos por Eyring 37

Figura 26. Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Ufa-Palácio 39

Figura 27. Gráfico dos valores dos Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Ufa-Palácio 43

Figura 28. Volume determinado pelo programa EASE 4.2 43

Figura 29. Comparativo entre o TR(s) simulado e calculado – condições de volumes iguais 44

Figura 30. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 45

Figura 31. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 45

Figura 32. Inteligibilidade da palavra (sala lotada) – Cine Ufa-Palácio 46

Figura 33. Difusão do som – Forma 47

Figura 34. Inteligibilidade da palavra: em destaque a parte inferior do balcão 47

Figura 35. Fachada do cinema em funcionamento – Cine Universo 49

Figura 36. Fachada atual do cinema – Cine Universo (2010) 49

Figura 37. Cronograma de execução – Cine Universo 50

Figura 38. Destaque da indicação dos materiais absorventes no forro e parapeitos dos balcões – corte 52

Figura 39. Refletores no forro – corte 53

Figura 40. Paredes laterais – planta 53

Figura 41. Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Universo 55

Figura 42. Forma “paraboloide” empregada na sala de cinema – Cine Universo 56

Figura 43. Relação entre absorção e tempo de reverberação de Sabine 56

Figura 44. Gráfico dos valores dos Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Universo 58

Figura 45. Modelo gerado sem caixa cênica do palco – Cine Universo 58

Figura 46. Gráfico dos valores dos Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo 59

Figura 47. Inteligibilidade da Palavra (sala lotada) – Cine Universo 60

Figura 48. Para sala de Concerto e de Ópera, D não deve exceder H 61

Figura 49. Para sala de Teatro, D não deve exceder 2H 61

Figura 50. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 61

Figura 51. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 61

Figura 52. Fachada do Cine ArtPalácio – 1940 63

Figura 53. Fachada do Cine Art Palácio em 2009 64

Figura 54. Perspectiva do prédio de escritórios (em primeiro plano o gradil do rio Capibaribe) 65

Figura 55. Sistema de ventilação do Cine Art Palácio 65

Figura 56. Paredes laterais divergentes em relação à entrada 66

Figura 57. Forros – planos inclinados e destaque dos alto-falantes 67

Figura 58. Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Art Palácio 68

Figura 59. Corte – forma em função da visibilidade 69

Figura 60. Gráfico dos valores dos Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Art Palácio 71

Figura 61. Inteligibilidade da palavra (sala lotada) – Cine Art Palácio (Recife) 71

Figura 62. Inteligibilidade da palavra (sala lotada) – destaque parte inferior do balcão 72

Figura 63. Traçado de raios – destaque dos refletores acústicos 72

Figura 64. Corte – comparativo sem e com o emprego de refletores acústicos 73

Figura 65. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 74

Figura 66. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 74

Figura 67. Fachada principal do Cine Ipiranga e do Hotel Excelsior 75

Figura 68. Fachada do Cine Ipiranga e do Hotel Excelsior – 2010 76

Figura 69. Fachada do Cine Marabá – 2010 76

Figura 70. Corte – condicionantes projetuais 78

Figura 71. Foyer principal – hall de distribuição 79

Figura 72. Panta – paredes laterais 80

Figura 73. Corte – forro, balcões e piso 80

Figura 74. Corte – traçado de raios 80

Figura 75. Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Ipiranga 81

Figura 76. Planta e corte – decorrentes de razões de acústica e de visibilidade 82

Figura 77. Inteligibilidade da palavra – em destaque a parte inferior do 1º balcão 83

Figura 78. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 84

Figura 79. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 84

Figura 80. Fachada do Cine Piratininga 85

Figura 81. Fachada do Cine Piratininga – 2010 86

Figura 82. Planta do Cine Piratininga 87

Figura 83. Corte do Cine Piratininga 87

Figura 84. Cálculo de visibilidade – Cine Piratininga 88

Figura 85. Corte – detalhe do emprego do material absorvente no forro 90

Figura 86. Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Piratininga 91

Figura 87. Planta e corte – decorrentes de razões de acústica e de visibilidade 91

Figura 88. Inteligibilidade da palavra – em destaque a parte inferior do balcão 93

Figura 89. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 94

Figura 90. Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring 94

Figura 91. Propagação sonora na sala retangular, em leque e elíptica sem tratamento de difusão sonora. 111

Figura 92. Respostas impulsivas calculadas nos receptores da figura 90. 111

Figura 93. Auditório do Palácio da Liga das Nações (1927) 115

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Comparativo do tempo de reverberação entre o modelo acústico de 1895 e o modelo acústico de1898, pós tratamento acústico proposto por Sabine. 17

Tabela 02. Tempos de reverberação simulados do Cine Ufa-Palácio, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease 41

Tabela 03. Tempos de reverberação calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, com o volume gerado pelo modelo de simulação 44

Tabela 04. Tempos de reverberação calculados por Levi para o Cine Universo 54

Tabela 05. Tempos de reverberação do Cine Universo, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease - Volume = 23.948,66m³ 57

Tabela 06. Tempos de reverberação do Cine Universo, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease - Volume = 21.745,46m³ 59

Tabela 07. Tempo de reverberação calculado para o Cine Art Palácio 67

Tabela 08. Tempos de reverberação do Cine Art Palácio, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 9.220,35m³ 70

Tabela 09. Tempos de reverberação do Cine Ipiranga, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 9.622,59m³ 82

Tabela 10. Volume e capacidade do Cine Ufa-Palácio, Universo e Piratininga 92

Tabela 11. Tempos de reverberação do Cine Piratininga, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 25.810.51m³ 92

Tabela 12. Enquadramento, segundo as prescrições da ABC, dos tempos de reverberação de cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE, utilizando a fórmula de Eyring 97

Tabela 13. Enquadramento, segundo as prescrições da THX, dos tempos de reverberação de cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE, utilizando a fórmula de Eyring 99

Tabela 14. Inteligibilidade da Palavra Falada dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa 101

de simulação EASE através da respsta impulsiva

Tabela 15. Tempos de decaimento inicial – EDT (média) (Sala Lotada) 103

Tabela 16. Tempos de decaimento inicial - EDT (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva 104

Tabela 17. Definição (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva 106

Tabela 18. Clareza - C80 (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva 108

Tabela 19. Relações entre as medidas dos balcões das salas de cinema, utilizando como parâmetro a relação ideal do balcão para teatro proposta Egan 113

Tabela 20. Geometria das salas 115

Tabela 21. Tabela de áreas 117

Tabela 22. Relação entre os parâmetros (média) – 500Hz (Sala vazia) 119

Tabela 23. Relação entre os parâmetros (média) – 500Hz (Sala Lotada) 119

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA i
AGRADECIMENTOS ii
RESUMO iii
ABSTRACT iv
LISTA DE FIGURAS v
LISTA DE TABELAS x
1. INTRODUÇÃO 01
1.1 Hipótese 04
1.2 Proposta 04
1.3 Objetivos 04
2. RINO LEVI 05
2.1 A trajetória do arquiteto Rino Levi 05
2.2 A produção arquitetônica de Rino Levi 08
2.2.1 Edifício Columbus 09
2.2.2 Residência Rino Levi 10
2.2.3 Banco Sul-Americano (atual Banco Itaú) 11
2.3 A acústica arquitetônica por Rino Levi 12
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 16
3.1 Reconstrução das salas de cinema 16
3.2 Parâmetros acústicos para avaliar a qualidade sonora de salas 20
3.2.1 Tempo de reverberação – TR 21
3.2.2 Tempo de caimento inicial – EDT 25
3.2.3 Definição – D50 25
3.2.4 Clareza – C80 26
3.2.5 Índice de transmissão da fala – STI 26
4. CINEMAS PROJETADOS PELO ARQUITETO 28
4.1 Cine Ufa-Palácio 31
4.1.1 História do Cine Ufa-Palácio 31
4.1.2 Projeto Arquitetônico do Cine Ufa-Palácio 32
4.1.3 A acústica do Cine Ufa-Palácio 34
4.1.4 Reconstrução acústica do Cine Ufa-Palácio 38
4.1.5 Avaliação dos parâmetros acústicos 40

4.2 Cine Universo 49
4.2.1 História do Cine Universo 49
4.2.2 Projeto Arquitetônico do Cine Universo 50
4.2.3 A acústica do Cine Universo 52
4.2.4 Reconstrução acústica do Cine Universo 54
4.2.5 Avaliação dos parâmetros acústicos 57
4.3 Cine Art Palácio 63
4.3.1 História do Cine Art Palácio 63
4.2.2 Projeto Arquitetônico do Cine Art Palácio 64
4.3.3 A acústica do Cine Art Palácio 66
4.3.4 Reconstrução acústica do Cine Art Palácio 68
4.3.5 Avaliação dos parâmetros acústicos 70
4.4 Cine Ipiranga 75
4.4.1 História do Cine Ipiranga 75
4.4.2 Projeto Arquitetônico do Cine Ipiranga 77
4.4.3 A acústica do Cine Ipiranga 79
4.4.4 Reconstrução acústica do Cine Ipiranga 81
4.4.5 Avaliação dos parâmetros acústicos 82
4.5 Cine Piratininga 85
4.5.1 História do Cine Piratininga 85
4.5.2 Projeto Arquitetônico do Cine Piratininga 86
4.5.3 A acústica do Cine Piratininga 89
4.5.4 Reconstrução acústica do Cine Piratininga 90
4.5.5 Avaliação dos parâmetros acústicos 92
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 95
5.1 Tempo de Reverberação – TR 96
5.2 Inteligibilidade da palavra falada 100
5.3 Tempo de decaimento inicial – EDT 103
5.4 Definição - D50 105
5.5 Clareza - C80 108
5.6 Geometria das salas 110
5.7 Relações dimensionais 116

6. Conclusões 118

6.1 Sugestões para futuras pesquisas 123

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 124

GLOSSÁRIO 132

ANEXOS 134

Anexo 01: Dados técnicos sobre o Programa EASE 134

Anexo 02: Projeto de recomendação técnica ABC- Arquitetura de salas de Projeção Cinematográfica 142

1. INTRODUÇÃO

O cinema é um exemplo de sala que deve ser concebida para se ouvir com clareza e nitidez a fala, a música e os efeitos de som, caso contrário, será uma sala malsucedida. Considerado “sétima arte”, o cinema, palavra que é empregada para designar tanto a mídia quanto o local de exibição, necessita de uma arquitetura que acompanhe a evolução técnica e conceitual da mídia cinematográfica, estabelecendo uma ligação estreita mídia-espaço arquitetônico, tornando-se um espaço único que reflita a especificidade da mídia cinematográfica.

Destaca-se a acústica, fundamental no projeto de arquitetura, que implica limitações e alterações durante a sua concepção. A sua importância está cada vez mais inserida entre os arquitetos. Estes consideram os requisitos, sugestões e recomendações um desafio à sua imaginação, a fim de conceber um projeto que não desvirtue as ideias propostas e contemple as diretrizes de um projeto acústico.

A arquitetura nas salas de exibição deve adaptar-se, continuadamente, às características do cinema, para possibilitar a sua interação com o filme e induzir o mergulho sensorial do espectador na experiência cinematográfica.

A caracterização dessas salas de exibição pode ser realizada utilizando-se de determinadas técnicas de análise, estabelecendo parâmetros que influenciam a qualidade acústica de uma sala de exibição.

Para analisar as condições de conforto acústico de um ambiente, é necessário compreender a qualidade interna do ambiente e a influência do meio externo. A qualidade interna do ambiente refere-se em geral à geometria do ambiente, à absorção sonora dos objetos e superfícies, à potência e localização das fontes sonoras. A influência do meio externo está associada à existência de fontes de ruído externo e à qualidade do isolamento das superfícies frente a esse ruído.

Nesse contexto, dentro da área de abrangência de estudo da acústica de salas, que estuda o campo sonoro complexo gerado em espaços fechados, foi focado essencialmente nesta pesquisa o comportamento do som em espaços destinados à apresentação de filmes, isto é, cinemas.

A forma e o tamanho da sala também são relevantes e contribuem diretamente para o tempo de reverberação (volume e área das superfícies) e para o estudo geométrico das salas (reflexão e difusão).

Essa nova mídia apresenta especificidade, entretanto, por falta de conhecimento dos projetistas, os primeiros espaços construídos especificamente para cinemas, inspiravam-se numa tipologia de arte consagrada, o teatro, sugerindo que a simples substituição do palco pela tela tornava o espaço apropriado para a exibição de filmes.

Devido às especificidades de cada atividade, recomenda-se a concepção de salas específicas para cada tipo de uso ou de propostas com sistema de acústica variável.

O objetivo do estudo da acústica de uma sala de exibição é estabelecer uma relação entre o problema físico da propagação de ondas sonoras e da sua atuação nas formas interiores da sala com os aspectos psicológicos da nossa percepção auditiva. Existem, portanto, parâmetros subjetivos e objetivos que condicionam o tipo de métodos a serem abordados.

Para Henrique (2002), diversos métodos ou diversas teorias, como a teoria ondulatória, geométrica, estatística e psicoacústica contribuem para a caracterização das salas, sendo que o difícil é a escolha do método que favorece a caracterização de aspectos acústicos essencialmente ligados à inteligibilidade da palavra e à qualidade do som dos alto-falantes.

O cinema mudou extraordinariamente nos últimos anos; mudou, talvez, mais do que nos cem anos anteriores, desde a primeira sessão. A tecnologia passou dos equipamentos analógicos, que trabalhavam manualmente, para os equipamentos digitais. Das exibições em espaços improvisados ao cinema com as configurações atuais, com paredes laterais e posteriores, teto e mudança nas dimensões de tela e plateia são as modificações tipológicas e morfológicas por que os cinemas passaram ao longo dos anos.

Tipologicamente, verifica-se que o organismo cinema se configurou em tipos vinculados à tecnologia dos equipamentos. Podemos estudar a arquitetura dos cinemas sob o ponto de vista tipológico através das analogias do trabalho organizativo geral, ou seja, trata-se de um trabalho de síntese, onde podemos inserir a acústica como condicionante.

Ao considerar somente o organismo cinema sob o ponto de vista morfológico, vê-se que em função da evolução tecnológica se diferenciam profundamente, transmitindo, através dessas diferenças, significados históricos, valores artísticos, efeitos extremamente diferentes. Pode-se, assim, estudar a arquitetura dos cinemas desde

o ponto de vista morfológico e iconológico, estrutural e semântico, averiguando todas as diferenças através de uma análise analítica.

Essas mudanças podem ter contribuído na qualidade acústica das salas em função da tecnologia do som e dos materiais de absorção aplicados às superfícies (painéis acústicos) das salas.

Essas modificações tipológicas – forma e configuração – e morfológicas – estilo e caracterização formal (materiais e ornamentação) – influenciaram na acústica das salas, estabelecendo distinção dos fatores relevantes para favorecer a qualidade acústica das mesmas.

Outro fator importante refere-se ao isolamento acústico, sendo que os espaços que compreendem o cinema, especialmente a plateia, devem ser projetados para reduzir todos os ruídos (exteriores e interiores) a níveis muito baixos. Todos os elementos de vedação – paredes, pisos e forros, devem ser determinados para providenciar um isolamento contra ruído aéreo e contra ruído de impacto.

Através dessa descrição, torna-se necessária a realização de um resgate histórico nas salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi, devido à importância dessas para o estudo da acústica no Brasil.

Para isso, o plano de trabalho para esta tese estrutura-se em seis capítulos. O segundo capítulo, “Rino Levi”, apresenta a trajetória e a produção arquitetônica de Levi e a sua visão em relação à acústica arquitetônica.

No terceiro capítulo, “Procedimentos metodológicos”, são apresentados a metodologia adotada para a reconstrução das salas de cinemas e os parâmetros acústicos utilizados para avaliar a qualidade acústica das salas.

O quarto capítulo, “Cinemas projetados pelo arquiteto”, apresenta os cinco cinemas projetados pelo arquiteto, estruturando a apresentação de cada cinema através da história, das características projetuais, das soluções acústicas empregadas por Levi, da reconstrução virtual do modelo e da avaliação dos parâmetros acústicos.

No quinto capítulo, “Análise e discussão dos resultados”, realiza-se uma avaliação comparativa entre as salas reconstruídas virtualmente através de parâmetros acústicos, geometria e relações dimensionais.

O sexto capítulo, “Conclusões”, apresenta as considerações, as conclusões deste estudo e a sugestão de temas para futuras pesquisas.

1.1 HIPÓTESE

A hipótese a ser testada é verificar a validade da metodologia desenvolvida pelo arquiteto Rino Levi para os seus projetos de salas de cinema.

1.2 PROPOSTAS

A proposta da pesquisa é reconstruir acusticamente as salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi, identificando e avaliando as soluções adotadas em relação à acústica.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo dessa pesquisa consiste, através da reconstrução acústica, em identificar e avaliar as soluções em relação à acústica adotadas nas salas de cinema pelo arquiteto Rino Levi.

Através da reconstrução acústica, objetiva-se:

- apresentar uma descrição detalhada dos cinemas projetados pelo arquiteto Rino Levi;
- analisar as condicionantes: forma e tamanho, estabelecendo uma relação entre largura, comprimento, altura; volume; formas das superfícies (estudo geométrico) das salas analisadas;
- realizar um estudo tipológico e morfológico das salas analisadas.

2. RINO LEVI

Com Rino Levi, grande nome da arquitetura moderna brasileira, a acústica arquitetônica no Brasil começa a ser estudada e aplicada nos projetos de arquitetura. Estudando a sua obra, verifica-se o conhecimento sobre a acústica, sobre a aplicação correta das diretrizes projetuais e sobre o comportamento dos materiais; isso permite uma intervenção consciente em projetos em que a acústica é a principal condicionante de projeto. Vários estudos relatam a sua importância para a arquitetura e para o urbanismo, entretanto não existe nenhum estudo que visa reconstruir acusticamente as salas de cinema projetadas pelo arquiteto, explorando acusticamente nesses edifícios históricos, através de simulação, a aplicação dos conceitos de acústica na visão do arquiteto Rino Levi.

Para alcançar o objetivo proposto, é necessária a compreensão da trajetória e da produção arquitetônica do arquiteto. Para isso, este capítulo apresenta a sua trajetória, que consiste num estudo sobre o arquiteto, contemplando a biografia e os pensamentos; apresenta também a sua produção arquitetônica e o entendimento sobre a acústica arquitetônica nos seus projetos.

2.1 A trajetória do arquiteto Rino Levi

Rino Levi nasceu em São Paulo em 1901, formou-se em Roma em 1926 e faleceu em 1965, durante uma expedição botânica na Chapada Diamantina. Desponta como um dos maiores arquitetos racionalistas: tem como uma das principais características o cuidado com o desenho e apresenta um domínio de todos os detalhes de suas obras, tornando-os inovadores.

Outra característica marcante: ser pragmático. Através desta característica, definia os objetivos dos seus projetos. Debruçava-se sobre os livros de referência do assunto a ser abordado, estudando exaustivamente, até se sentir seguro para projetar.

Destaca-se na trajetória do arquiteto o fato de sempre estar iniciando um movimento e fomentando novas discussões em diversas áreas de sua atuação.

Exemplificando: para Mindlin (1956), o texto “Arquitetura e Estética das cidades”, publicado por Rino Levi em 1925 no jornal O Estado de São Paulo, juntamente com o texto “Acerca da Arquitetura Moderna”, de autoria de Warchavchik, publicado no mesmo ano no periódico Correio da Manhã, constituem os verdadeiros marcos do movimento moderno na arquitetura brasileira.

Outro exemplo refere-se à sua atuação no crescimento da cidade de São Paulo, caracterizado através dos projetos dos edíficios verticais, participando ativamente nesse proceso. Para Somek (1997), torna-se um dos precursosres do urbanismo.

Anelli (2001) relata que Levi dedicou sua vida profissional em busca de uma arquitetura moderna adequada ao Brasil. Apesar da inspiração racionalista, Levi produziu um modernismo sem ruptura, em que utiliza a técnica e a ciência a serviço do bem-estar, ou seja, o conforto térmico, acústico e visual. Sua arquitetura procurava integrar-se à paisagem e buscava uma relação interior-exterior com a mesma intensidade com que se preocupava em construir o espaço urbano. Ele destrinchava os programas de necessidades com precisão.

Do somatório de influências nasce uma posição de entendimento da arquitetura; nesta, a produção artística voltada à ação construtiva deveria ser idêntica àquela empregada na ação pictórica e escultural. Inicialmente, deveria existir um estudo de funcionalidade e dos aspectos técnicos para que, posteriormente, possibilitasse ao arquiteto uma liberdade plena, livre de qualquer influência.

> *O passado continua sempre a nos fornecer ensinamentos valiosos, aliás, hoje mais do que nunca [...] As leis da harmonia são imutáveis, baseiam-se numa constante o ser humano (LEVI, 1962, p.61).*

Ao trilhar o seu pensamento, Levi associa aos elementos de ordem técnica e funcional uma intenção plástica, buscando alcançar interação entre presente e passado. Na arquitetura há um desmembramento entre o temporal – perene e espiritual – e o material – técnica e função.

Nesses conceitos que tratam de adequação ao lugar e, no caso, ao lugar urbano – nos seus dois sentidos, de acomodação e adequação ética ou atuação com propriedade e decoro - podemos encontrar as raízes da arquitetura de Rino Levi. Esta pode ser classificada de diversas maneiras, entre elas as que preferem classificá-la pelas tipologias de projeto, ou seja, pela função ou programa de

necessidades, fato em que cronologicamente ocorre uma predominância das fases de projetos, nesse caso, a fase para cinemas.

Uma das análises mais interessante refere-se ao fato de relacionar a obra com base na análise dos projetos com os textos do arquiteto. Machado (1992) insere os projetos de Rino em cinco fases:

1ª fase: Emprego de volumes geométricos e gerados por curvas – Cinemas;

2ª fase: Emprego de superfícies de elementos vazados – Edifícios;

3ª fase: Emprego de partido formal, onde um volume abriga várias funções – Hospitais;

4ª fase: Emprego de formas de continuidade do espaço – Residências;

5ª fase: Emprego de brise-soleil – Edifícios.

Nesse estudo, as salas de cinema estão inseridas na 1ª fase, considerando que as superfícies curvas presentes nos espaços internos dessa tipologia são resultantes dos estudos de acústica e visibilidade. Destaca-se o Cine Ufa-Palácio, que apresenta a resolução de aspectos funcionais diretamente vinculados à solução técnica.

A metodologia de trabalho de Rino Levi baseia-se na importância dos aspectos técnicos para a elaboração de seus projetos. Em textos de sua autoria, percebe-se claramente essa maneira de compreender seus partidos arquitetônicos.

> [...] De todas as artes, a arquitetura é talvez a que necessite hoje de conhecimentos científicos mais extensos e variados e só nesse ponto se justifica a expressão “arquitetura é arte e ciência”. [...] Em virtude dessas novas condições, a arquitetura tornou-se de tal forma complexa, que necessita frequentemente, de uma colaboração íntima com determinados especialistas. [...](LEVI,1993, p.41).

Fica clara, através desse texto, a necessidade de pesquisas tecnológicas e científicas, das mais diversas áreas da arquitetura e engenharia, para resolver os problemas das várias tipologias de edificações; isso leva a arquitetura a formar equipes interdisciplinares para o detalhamento e adequações em seus projetos (GOMES, 2004).

Da análise do arquiteto, são estabelecidos alguns conceitos que condicionaram a produção de uma arquitetura voltada para o bem-estar do ser humano. Eles são apresentados seguindo uma ordem dos fatores que influenciaram a formação do

conhecimento do arquiteto e da aplicação desse na sua produção arquitetônica. O processo do conhecimento volta-se para uma relação com o passado. Levi estabelece essa relação, influenciado pelo período de formação na Europa – rigor técnico.

Outro fator que caracteriza o processo de conhecimento é o reflexo da formação artística que teve, através da pintura, escultura ou música. Na formação, percebemos que o arquiteto soube dosar a bagagem técnica com seu conhecimento artístico. O aprendizado contínuo e as experiências vividas são características fundamentais para estabelecer a sua evolução na produção arquitetônica.

Os valores humanos representam, sem dúvida, o fator mais importante para a produção arquitetônica. A criação de ambientes em que os indivíduos estejam à vontade, com bem-estar físico e psíquico, torna-se fundamental para estabelecer uma estreita relação entre indivíduo e arquitetura. Após a síntese da memória, podemos estabelecer que o processo do conhecimento é baseado na relação com o passado, na formação artística, no aprendizado contínuo e, principalmente, no ser humano.

Ao analisar a trajetória do arquiteto Rino Levi, relata-se a importância no resgate de informações e a preocupação em atualizar-se constantemente, ou seja, promover o desenvolvimento da autonomia, para que o aprendizado seja contínuo. O aprendizado e a sensibilidade são essenciais para a obtenção dos melhores resultados; e na arquitetura isso não é diferente. Percebe-se como o processo da formação do repertório se relaciona com o verdadeiro conhecimento, o da síntese da memória, apresentando a sua formação, os pensamentos, a obra, o partido arquitetônico e a acústica arquitetônica nos seus projetos.

2.2 A produção arquitetônica de Rino Levi

A produção arquitetônica de Rino Levi inicia-se em 1926, ao retornar ao Brasil. Contratado pela Companhia Construtora de Santos, permanece lá por um ano e meio, até montar o seu próprio escritório, em 1928, na cidade de São Paulo.

Rino Levi trabalhou incessantemente, de 1928 até sua morte em 1965, e contribuiu de maneira significativa na criação do aspecto moderno de São Paulo. Racionalizou

os processos de trabalho, através da padronização dos seus projetos; criou, por exemplo, programas para prédios residenciais, comerciais, indústrias e hospitais (VILELA, 2005).

Existe também a influência de Rino Levi na configuração urbana de São Paulo. No centro de São Paulo, observam-se os diversos prédios projetados pelo arquiteto e chega-se ao seu reconhecimento como um dos artífices da verticalidade e da configuração moderna que a capital paulista ganhou no decorrer do século 20.

A sua produção foi intensa, porém, como o foco desta pesquisa são as salas de cinema, apresentam-se apenas alguns exemplos para ilustrar a evolução da sua arquitetura ao longo da carreira. Como citado, existem vários estudos que classificam a obra do arquiteto, entretanto, através de três exemplos, o Edifício Columbus, a residência do próprio arquiteto e o Banco Sul Americano (atual Banco Itaú), objetiva-se mostrar a evolução conceitual das suas obras.

2.2.1 Edifício Columbus

O edifício Columbus (figura 01), projetado entre 1930 e 1934, é considerado o primeiro grande projeto de Rino Levi e o primeiro condomínio de apartamentos construído na cidade de São Paulo, sendo demolido em 1970.

Figura 01: Edifício Columbus

Fonte: Sugimoto (2005)

O edifício recebeu um detalhamento minucioso das instalações e vedações, com tratamento formal e acabamento cuidadoso em todas as suas fachadas. O jogo de cheios e vazios é alcançado através do contraste de linhas verticais e horizontais e pelos balcões que se projetam em balanço nos cantos do edifício.

Outras obras foram projetadas nesse mesmo período: o cinema UFA-Palace, na Avenida São João, a residência Médici, em Santo Amaro. Os edifícios são elaborados de forma racional, com clareza, simplicidade de volumes, estrutura evidente e plantas detalhadas com esmero, marcando a primeira fase do arquiteto (GOMES, 2004).

2.2.2 Residência Rino Levi

A residência do próprio arquiteto (figura 02), concebida em 1944 e também demolida, localizava-se na esquina das ruas Bélgica e Suécia, em São Paulo. Estabelece algumas relações com o pensar e fazer arquitetura: os espaços interiores de uso diurno, dormitórios e serviços se distribuem em torno de três pátios perfeitos, em que as aberturas não são janelas quaisquer, são elementos complexos e especiais em cada caso, considerando vistas, orientação e natureza das atividades.

Figura 02: Residência do arquiteto

Fonte: Serapião (2001b)

Abandona a solução clássica da construção compacta, enfatiza o vínculo direto entre área construída e jardins, o que gera um espaço integrado ao terreno. Neste momento, a arquitetura busca a modernidade, amparada em princípios de leveza e transparência, apresentando uma ruptura com o tradicionalismo que até então havia utilizado (ANELLI, 2001).

Nos conceitos que tratam de adequação ao lugar, e neste caso ao lugar urbano – nos seus dois sentidos, de acomodação e adequação ética ou atuação com propriedade e decoro – podemos encontrar as raízes da arquitetura de Rino Levi (MIGUEL, 2003).

Rino Levi, na sua primeira fase, é influenciado pela Escola Italiana; e no projeto da residência, percebe-se o seu amadurecimento conceitual: a preocupação está na escala do edifício e da harmonização com o seu entorno. Na casa moderna, interior e exterior apresentam-se em ligação íntima, numa continuidade ininterrupta, determinando uma unidade espacial. O homem, assim, tem maior participação com a natureza. A casa mais aberta torna-se mais alegre e mais humana.

2.2.3 Banco Sul-Americano (atual Banco Itaú)

O Banco Sul-Americano do Brasil, atual Banco Itaú (figura 03 e figura 04), projetado entre 1960 e 63, localiza-se na Avenida Paulista, em São Paulo. Exemplo da fase da maturidade, segundo Fialho (1974), destaca o racionalismo da arquitetura de Levi. O projeto era um problema a ser equacionado e resolvido; assim, a estrutura, a solução de brises, passou por análises técnicas, nas quais estavam em jogo os conhecimentos científicos, baseados em cálculos matemáticos e gráficos de insolação.

Neste projeto, como nos outros, Rino seguia algumas diretrizes na elaboração das propostas: agrupava primeiramente as áreas de usos afins e funções, depois estudava o fluxo de circulação e, finalmente, a flexibilidade das plantas.

Através dos exemplos apresentados, percebe-se a evolução nas suas obras, mas o que fica evidente, independente das fases, é o seu aprofundamento em relação à técnica para a elaboração de seus projetos.

Figura 03: Banco Itaú
Fonte: Serapião (2001)

Figura 04: Banco Itaú
Fonte: Serapião (2001)

A investigação científica, a formação de equipes interdisciplinares, o detalhamento minucioso, surgem como fatores relevantes nos seus projetos. Outros fatores também são evidenciados, como a relação arquitetura/cidade, o cuidado na composição das fachadas, o conforto ambiental e a integração do homem com a natureza, e o grande rigor funcional.

Utilizando a análise de projetos de relevância do arquiteto, percebemos que as condicionantes sempre enfatizadas serão as mesmas: domínio técnico, funcionalidade e, principalmente, o conforto dos usuários. As interações entre essas condicionantes resultam numa arquitetura moderna, com um verdadeiro estilo: conjunto limitado e coerente de elementos de arquitetura; aplicação de elementos e princípios de composição, fundamentado na estrutura permanente e não na conveniência passageira; o homem como peça central dos seus projetos.

2.3 A acústica arquitetônica por Rino Levi

A acústica surge na vida profissional de Rino Levi durante a fase de elaboração de projetos para salas de cinema. Não encontrando nenhum especialista no Brasil que

pudesse auxiliá-lo sobre a acústica dos espaços, resolve retomar os estudos sobre o assunto e a desenvolver as suas próprias considerações para os seus projetos.

Parecem pela primeira vez gráficos de visibilidade e cálculos acústicos para os ambientes, e os resultados acústicos deixam de ser empíricos. No projeto do Cine Ufa-Palácio esses conceitos são apresentados pela primeira vez.

Rino Levi analisa os estudos na área de acústica arquitetônica do professor Paul Wallace Sabine, um dos principais pesquisadores da área, e se torna o precursor dessa área no Brasil; contribuiu não só com a elaboração de projetos técnicos, mas também fundou e presidiu o Instituto Brasileiro de Acústica – IBA, para o estudo e divulgação de soluções de problemas de acústica arquitetônica. O IBA, constituído de pessoas físicas e jurídicas, que se interessavam pelos estudos, pesquisa, desenvolvimento e aplicação da acústica, foi fundado em 1.º de dezembro de 1956, com sede e foro na cidade de São Paulo. O IBA publicava um boletim que disseminava e discutia os problemas de acústica.

Rino também participava dessas publicações, com a publicação de textos sobre o contato do arquiteto com a acústica arquitetônica. Mas esse não foi o primeiro contato com o assunto; a familiaridade vem do período em que estudou na Itália, visto que os criadores da arquitetura de cinemas na Itália, em destaque Piacentini, foram seus professores.

Entretanto, é nos artigos publicados que se evidencia o domínio do arquiteto sobre o assunto. Neles, esclare-se a importância da acústica na arquitetura e são apresentados alguns problemas acústicos na arquitetura.

No artigo, “Importância da acústica na arquitetura” (LEVI, 1962), Rino relata que o progresso da acústica nos últimos quarenta anos evidencia-se por ter sido tratada cientificamente e que sua aplicação se encontra em vários setores da engenharia, da indústria, da ciência, e da arquitetura.

Na arquitetura, os problemas acústicos, segundo Rino, são de duas espécies: o de proteção contra ruídos e o de condicionamento acústico dos ambientes. O primeiro visa ao sossego, à saúde e à capacidade de trabalho e o segundo à boa audição.

Os ruídos são consequência da mecanização da vida moderna e do progresso material. Relata que os problemas só serão eliminados através de medidas a serem consideradas no planejamento urbanístico, como a criação de zonas industriais e residenciais nitidamente isoladas.

Sobre os veículos motorizados, que já nessa época traziam grandes transtornos, Rino faz a seguinte leitura sobre o problema:

> [...] A rua, nossa estrutura urbana, nada mais é que um corredor, com pista para veículos e para pedestres, e com edifícios em ambos os lados. É uma reminiscência da cidade antiga, pacata e feliz, quando a velocidade era determinada pelo ritmo do cavalo.
> Nessas condições, com a velocidade e a capacidade de carga dos veículos motorizados, a rua tornou-se fonte de ruído espantosos. [...](Newman (coord.), 1962, p.01)

Outro problema citado refere-se aos aviões, sugerindo como solução o afastamento dos aeroportos das centros urbanos e a invenção de meios propulsores menos barulhentos.

Finalmente, relata sobre o ruído produzido no interior dos edifícios, citando como exemplo a casa de máquinas e os sons produzidos por vozes, alto-falantes e impactos de várias espécies. No exemplo da casa de máquinas, relata que estas devem ser assentadas sobre bases isolantes, de modo a não transmitir vibrações à estrutura, e que os locais onde estão instaladas devem ser tratados acusticamente. Nos sons produzidos por vozes, alto-falantes e impactos, a escolha coerente de processos construtivos e materiais de construção minimizam os problemas.

O problema agora se refere ao condicionamento acústico, tanto no caso da palavra como da música. Para cada local, segundo Rino, existe uma reverberação ideal.

Quando o espaço é destinado à audição da palavra, o condicionamento deve priorizar a inteligibilidade dos sons, de modo a obter a distinção nítida de cada sílaba. Espaços com essa finalidade devem ter um tempo de reverberação baixo.

Já em locais destinados à música, para uma boa audição, certa sobreposição ou fusão dos sons emitidos em tempos imediatamente sucessivos são admitidos. Para esses locais, o tempo de reverberação deverá ser maior do exigido para locais destinados à audição da palavra, mas, específico, segundo o gênero musical.

Outro fator relevante refere-se ao estudo do tempo de reverberação para cada frequência, evitando distorções. Enfatiza que os materiais utilizados na época absorviam mais as notas agudas que as graves, ocasionando nos ambientes que não foram tratados a predominância das notas graves. Um exemplo dessa sitiuação são as salas de espera dos aeroportos.

A distribuição do som também é lembrada pelo arquiteto: a distribuição uniforme do som num ambiente é ligada a uma série de fatores, inicialmente pela forma e volume do local e posteriormente pelas particularidades (superfícies côncavas ou convexas, saliências e reentrâncias, etc.), ou seja, a forma do local e os materiais aplicados, bem solucionados, são responsáveis pela qualidade acústica de um ambiente.
Percebe-se o domínio de Rino sobre estudo da acústica e a sua visão e preocupação do futuro da acústica:

> [...] A acústica deverá ainda progredir. Mas, é inegável que os conhecimentos que possuimos, hoje, nesse campo, já nos permitem solucionar, de maneira satisfatória, todos os casos que se apresentam na prática.
> No entanto, é lamentável ter que constatar que entre nós o problema não encontrou, ainda, a compreensão desejável em face de sua importância. A absoluta maioria dos nossos teatros, cinemas, igrejas, salões para o público em aeroportos e bancos, salas de aula, escritórios e residências apresentam péssimas condições de audição, com grave sacrifício para uso desses locais. [...](Newman (coord.), 1962, p.02)

A sua posição da importância da acústica na arquitetura é clara: para o arquiteto, praticamente não existe nenhum projeto, independente da sua natureza ou extensão ou fase de projeto – concepção, estrutura ou especificação, em que a relação entre acústica e arquitetura não seja considerada.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho estrutura-se de maneira a analisar e a interpretar a metodologia do arquiteto Rino Levi para os projetos de salas de cinema, tendo como parâmetro os procedimentos especificados a seguir.

3.1 Reconstrução das salas de cinema

A reconstrução virtual das salas foi fundamental para a realização dos objetivos. Foram realizadas pesquisas para a obtenção de referências que contribuíssem para a realização dos objetivos propostos, e foram encontrados poucos trabalhos com as mesmas particularidades.

Destaca-se o estudo “The fall and rise of the Fogg Art Museum Lecture Hall: a forensic study”, realizado pelos pesquisadores Katz e Wetheril (2007). O estudo apresenta, através do método de modelagem acústica (figura 05), a reconstrução acústica da sala de leitura do Museu de Arte Fogg, comparando os parâmentros acústicos e avaliando a qualidade da sala.

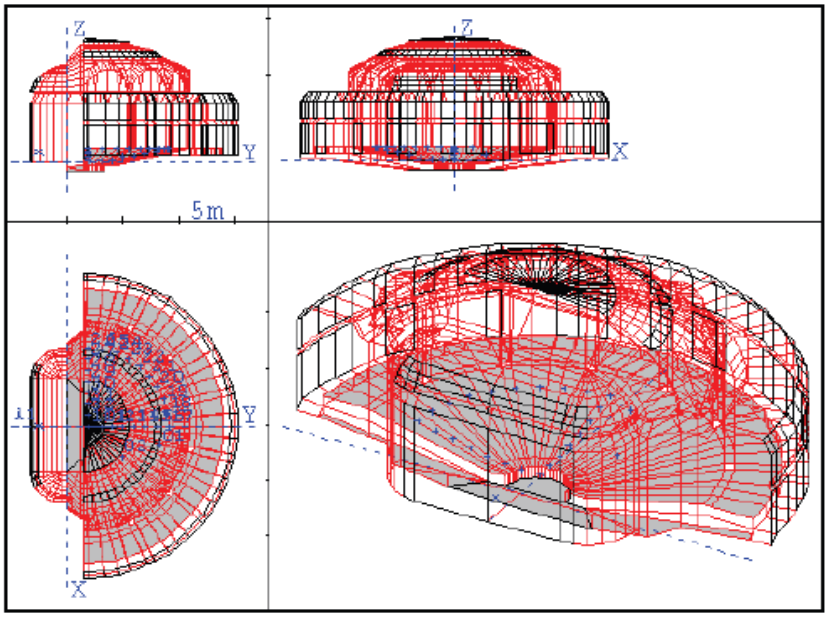


Figura 05: Modelo acústico da Sala de Leitura do Museu de Arte Fogg

Fonte: Katz e Wetheril (2007)

A sala do museu era utilizada para a realização de palestras pelo professor Norton, ao identificar problemas, ele contactou Sabine para tentar solucioná-los. Inicia-se assim a importância de Sabine para a acústica arquitetônica: através dos estudos de na área de acústica, estabele princípios e relações, utilizados como referência para os cálculos acústicos e para a determinação de diversos parâmetros acústicos.

Em 1973, o edifíco que abrigava essa significativa sala para a história da acústica foi demolido para a construção de dormitórios para estudantes. A reconstrução acústica visou resgatar e identificar características significativas estabelecidas por Sabine.

Katz e Wetheril (2007) relataram que para a reconstrução acústica de um edifício histórico, a geometria e os materiais empregados são as características mais importantes. Em relação à geometria foram levantados os desenhos arquitetônicos, desde os originiais até os modificados por Sabine e, em relação aos materiais, segue o mesmo levantamento realizado em relação à geometria, evidenciando-se os valores dos parâmetros acústicos idenitificados por Sabine e apresentados num dos seus trabalhos, intitulado “Reverberation”.

Os modelos computacionais e as simulações foram realizadas através do software CATT Acoustic, encontrando dificuldades para a determinação de alguns coeficientes de absorção e de difusão. Após os ajustes, os tempos de reverberação para a frequência central de 500Hz foram estabelecidos. Analisando os valores estabelecidos, verifica-se uma redução no tempo de reverberação após o tratamento sugerido por Sabine (tabela 01).

Tabela 01: Comparativo do tempo de reverberação entre o modelo acústico de 1895 e o modelo acústico de1898, pós tratamento acústico proposto por Sabine. (KATZ E WETHERIL, 2007)

		125Hz	**250Hz**	**500Hz**	**1.000Hz**	**2.000Hz**	**4.000Hz**
TR(s)	1895	3,85	4,49	5,40	5,93	4,77	2,95
	1898	3,5	3,26	3,49	3,76	3,34	2,32

Em relação à qualidade da sala, realiza-se a avaliação de um parâmetro de grande interesse para a sala, a inteligibilidade. Mostra-se que a inteligibilidade (figura 06) melhora no centro da sala após o tratamento da sala, entretanto a sala é classificada como tendo pouco inteligibilidade e falta de homogeneidade (KATZ E WETHERIL 2007).

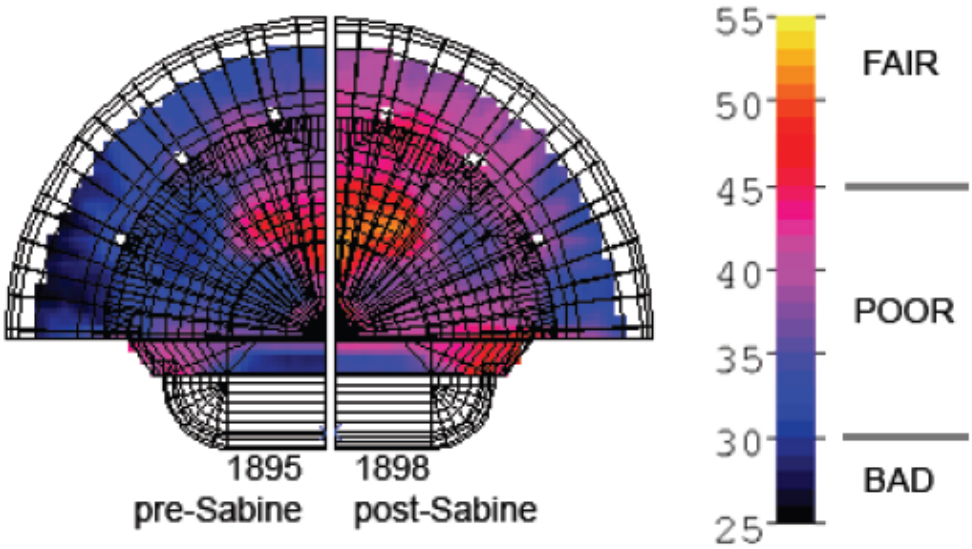


Figura 06: Comparação de Inteligibilidade do modelo acústico de 1895 com o modelo acústico de 1898, pós tratamento acústico proposto por Sabine Fonte: Katz e Wetheril 2007).

Através dessa referência, a reconstrução das salas de cinema foi obtida após o estudo sobre a vida do arquiteto Rino Levi. Primeiramente, estudou-se a biografia, apresentando algumas características do arquiteto, como a sua produção arquitetônica e a sua relação arquitetura/acústica.

Nesta fase, determinou-se o número de salas de cinema projetadas pelo arquiteto. Após essa determinação, iniciou-se o levantamento de materiais de apoio referente a esses cinemas, como desenhos arquitetônicos dos projetos executivos, artigos em revistas e trabalhos científicos, visando obter subsídios para a construção do modelo de cada sala de cinema.

A construção do modelo das salas foi realizada no programa Autocad. O Autocad é um software criado e comercializado pela Autodesk, sendo utilizado para a elaboração de desenhos técnicos (MIYAMOTO, 2009). Após a construção do modelo, exportou-se para um software de acústica.

Existem diversos softwares de acústica, e a definição de qual seria o ideal para essa pesquisa é decorrente de um trabalho programado. No trabalho programado, foram utilizados alguns softwares de acústica, como Catt, Odeon e EASE, para avaliar um cinema, e as vantagens apresentadas pelo Ease, decidiram a sua escolha.

O programa de simulação acústica adquirido consistiu no EASE 4.2. Esse software permitiu simular o tempo de reverberação, a inteligibilidade da palavra e outros parâmetros acústicos que ajudaram a resgatar e a avaliar as características e soluções empregadas pelo arquiteto.

O programa EASE 4.2 (Anexo 01) da empresa “Acoustic Design Ahnert” (Alemanha), gentilmente cedido pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, é um software que oferece recursos de simulação, cálculos e apresentação de diversos parâmetros acústicos.

As análises no programa são realizadas através do método clássico e do método da resposta impulsiva. O método clássico permite a verificação do tempo de reverberação para as fórmulas de Sabine ou Eyring. As fórmulas de Sabine ou Eyring são determinadas a partir do volume e dos coeficientes de absorção dos modelos. Esse método foi o mesmo utilizado por Levi para a determinação dos tempos de reverberação das salas de cinema, sendo assim, será adotado nessa pesquisa (RENKUS-HEINZ Inc., 2008).

O método de análise, realizado através da resposta impulsiva, permite a determinação de outros parâmetros acústicos que avaliam a qualidade acústica das salas, como definição, clareza e inteligibilidade, entre outros. Esses parâmetros são definidos pela norma ISO 3382 e são apresentados através de mapas acústicos, conforme pode ser visto na figura 07.

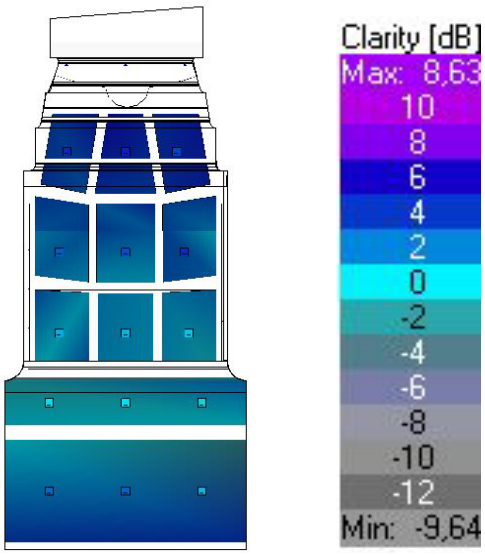


Figura 07: Mapa acústico gerado pelo EASE 4.2 através da resposta impulsiva

Fonte: EASE 4.2 (2004)

Essa análise foi utilizada no capítulo 04, “Cinemas projetados pelo arquiteto”, para a avaliação dos mapas acústicos gerados pelos modelos em relação à inteligibilidade e no capítulo 05, “Análise e discussão dos resultados”, para a comparação dos mapas acústicos, na situação de sala vazia e sala lotada, em relação ao tempo de decaimento inicial, definição, clareza e inteligibilidade.

3.2 Parâmetros acústicos para avaliar a qualidade sonora de salas

O objetivo do projeto acústico de uma sala é a obtenção de boas condições, que são bastante diversas em função do tipo de atividade realizada nessa sala. Seja para cinema, para teatro, para música, valores são adotados para cada atividade, visando qualificar e diferenciar uma sala da outra e determinando se a sala tem ou não boa acústica.

Existem diversos estudos e pesquisas que investigam e apresentam parâmetros que qualificam esses ambientes. Para as salas de cinemas, os parâmetros restringem-se praticamente ao nível de ruído de fundo e ao tempo de reverberação.

Entretanto, como foi realizada uma avaliação comparativa, alguns atributos subjetivos relevantes para as salas de cinemas foram apresentados, como a clareza, a espacialidade e a intensidade sonora. Esses atributos estão intimamente relacionados com a geometria da sala e com o tratamento das superfícies.

A sensação de clareza está associada às reflexões sonoras do forro, ouvidas logo após a chegada do som direto, entre 50 e 80ms, que contribuem para a percepção do nível sonoro em geral. A clareza está diretamente associada à presença de forro e paredes inclinadas no interior da sala, construídos com materiais refletores

A espacialidade decorre fundamentalmente das primeiras reflexões provenientes das paredes laterais, desde que cheguem ao ouvinte em até 80ms após a chegada do som direto. As reflexões sonoras atingem o ouvinte a partir de diversas direções da sala, ou seja, relaciona-se diretamente com a difusão da sala.

A intensidade sonora deve ser suficiente em qualquer ponto da sala para se ter o entedimento e para não ocorrer mascaramento por outros sons.

Esses atributos definem a impressão acústica de um ambiente, qualificando-os. Para qualificar esses atributos, temos os parâmetros objetivos definidos como índices

numéricos mensuráveis, correlacionados com atributos subjetivos e suficientes para descrever as qualidades acústicas de ambientes reais ou virtuais (PASSIERI, 2008). Diversos parâmetros visam avaliar objetivamente a qualidade sonora de uma sala. Serão apresentados aqueles que auxiliaram para qualificar as salas simuladas, como tempo de reverberação – TR, tempo de decaimento inicial – EDT, definição – D50, clareza – C80, índice de transmissão da fala.

3.2.1 Tempo de reverberação - TR

O mais conhecido, o mais antigo e o principal parâmetro que permite a caracterização de uma sala é o tempo de reverberação. Este pode ser definido como o tempo que a energia de um campo sonoro reverberante estacionário leva a decair 60 dB após a extinção da fonte sonora.

Esse parâmetro foi proposto por Wallace Clement Sabine no início do século XX e, apesar do surgimento de outros parâmetros, continua sendo o mais importante (PASSIERI, 2008). O tempo de reverberação é obtido através da conhecida fórmula de Sabine:

$$TR = \frac{0{,}161xV}{Sx\alpha} = \frac{0{,}161xV}{A}$$

T = tempo de reverberação, em segundos;
V = volume interno da sala, em metros cúbicos;
A = quantidade de absorção total do ambiente;
S = área, em metros quadrados de um determinado material de revestimento;
α= coeficiente de absorção desse material.

O tempo de reverberação ideal para cinemas pode ser fixado seguindo recomendações estabelecidas por algumas associações e empresas que visam à qualidade técnica das salas de cinema, como a Associação Brasileira Cinematográfica (ABC) e os sistemas de certificação THX® e Dolby® .

Será empregado o método para a determinação dos valores ideais para o tempo de reverberação estabelecido pela ABC, em função de ser a recomendação técnica adotada no país, além dos valores de referência determinados pelo sistema THX, por ser atualmente a principal certificação para salas de cinema.

A recomendação técnica (Anexo 02), estabelecida pela ABC e pela Secretaria de Audiovisual do Ministério da Cultura, tem o objetivo de determinar as características básicas para a boa qualidade técnica e de conforto do espectador, seguindo as características da mídia cinematográfica contemporânea e da fisiologia humana (ABC, 2010).

A norma técnica NBR12237(1992), “Projetos e instalações de salas de projeção cinematográfica”, é referência e o ponto de partida para a elaboração dessa recomendação técnica. Os parâmetros da norma foram revistos visando incorporar melhorias resultantes do desenvolvimento da tecnologia cinematográfica, e os que não eram estabelecidos pela norma foram acrescentados, de acordo com parâmetros definidos por normas e recomendações técnicas nacionais e internacionais, caso do tempo de reverberação (ABC, 2010).

O tempo de reverberação para as salas de cinema são determinados em função do volume da sala. Primeiramente, o tempo é determinado na faixa de oitava com centro em 500Hz (figura 08); nas demais faixas de oitavas varia de acordo com os limites estabelecidos pelo gráfico (figura 09), através de fatores de multiplicação que devem ser aplicados ao recomendado para 500Hz.

Em relação ao gráfico (figura 08), verificam-se dois limites: o inferior e o superior. O limite inferior refere-se à determinação do tempo de reverberação mínimo para as salas de cinema e o limite superior refere-se à determinação do tempo de reverberação máximo.

Será adotado o limite superior da figua 09 para a determinação dos tempos de reverberação ideais para as salas reconstruídas virtualmente. A escolha é em função da relação entre os tempos de reverberação recomendados pelo limite inferior e superior com os tempos de reverberação recomendados pela Curva Mac Nair e Knudsen, método utilizado por Levi durante os seus cálculos para a verificação dos tempos de reverberação ideais para as salas de cinema. Verificou-se, após a análise dos valores, que o limite superior apresentou valores próximos dos estabelecidos pela Curva Mac Nair e Knudsen.

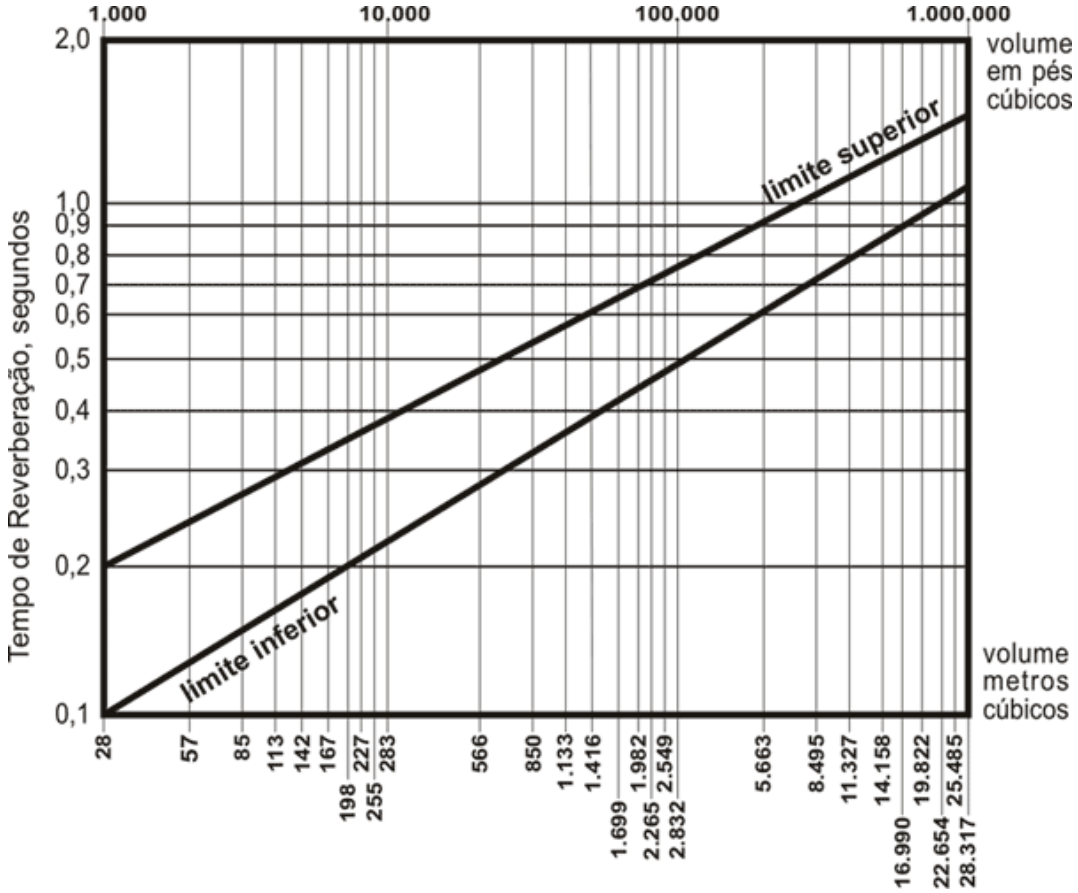


Figura 08: Tempo de reverberação(s) - 500Hz x volume da sala (m³) – ABC

Fonte: ABC (2010)

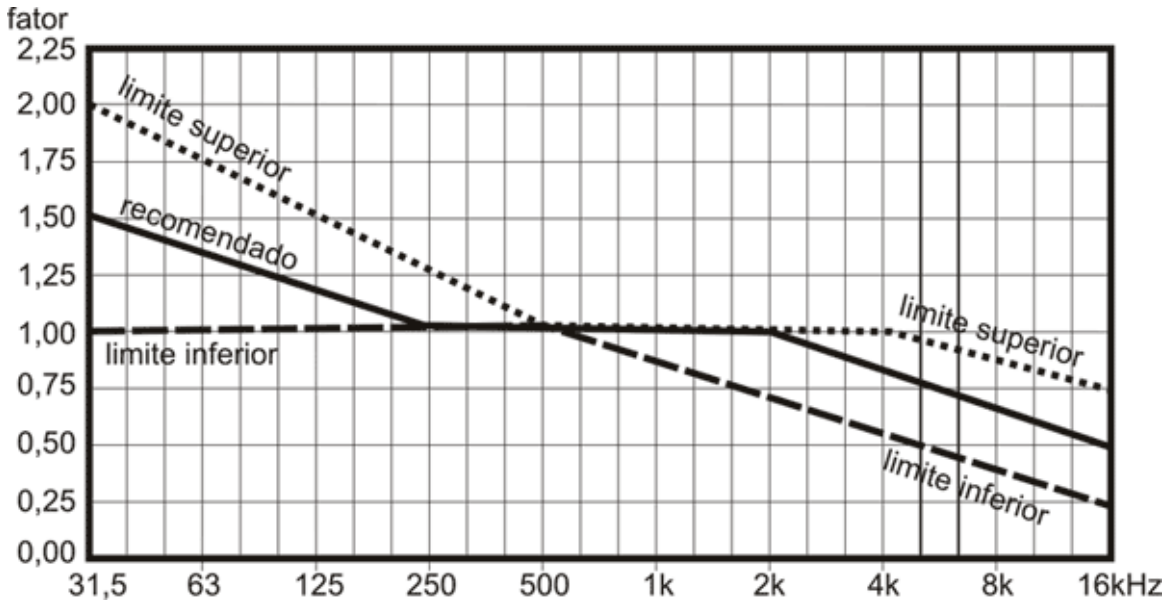


Figura 09: Variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas – ABC

Fonte: ABC (2010)

O sistema THX consiste num conjunto de padrões a serem obedecidos na construções das salas de cinema, visando assegurar uma qualidade uniforme de som e imagem (THX, 2006).

Para isso, determina rigoroso controle do desempenho do sistema de som, do nível de ruído e do tempo de reverberação da sala. Os detalhes para obtenção da certificação vão do projeto arquitetônico; da definição dos equipamentos de reprodução do som e imagem e dos aspectos acústicos da sala, como o tempo de reverberação.

Como o gráfico da ABC, o da THX apresenta limites inferiores e superiores em função do volume para a situação de 500Hz (figura 10) e posteriormente são corrigidos para as faixas de oitava através de fatores de multiplicação que devem ser aplicados ao recomendado para 500Hz (figura 11).

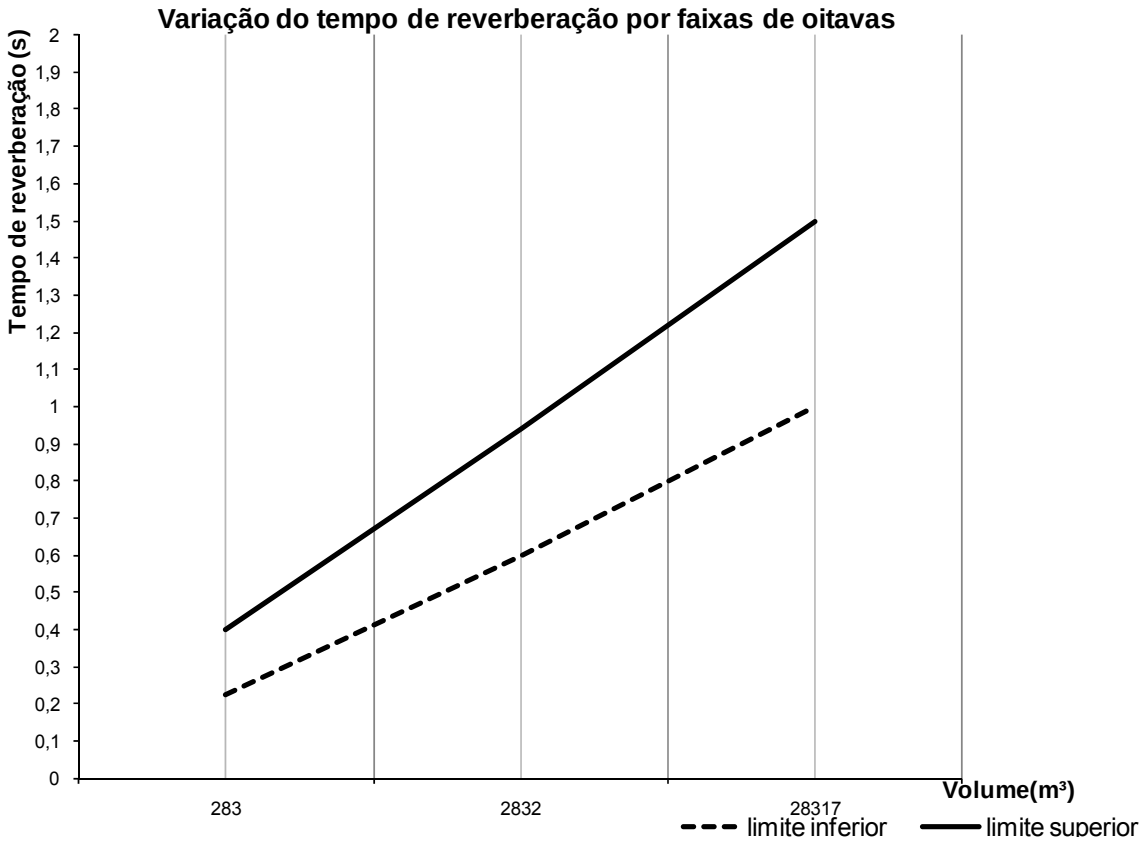


Figura 10: Tempo de reverberação(s) - 500Hz x volume da sala (m³) – THX

Fonte: Cavanaugh; Tocci; Wilkes (2010)

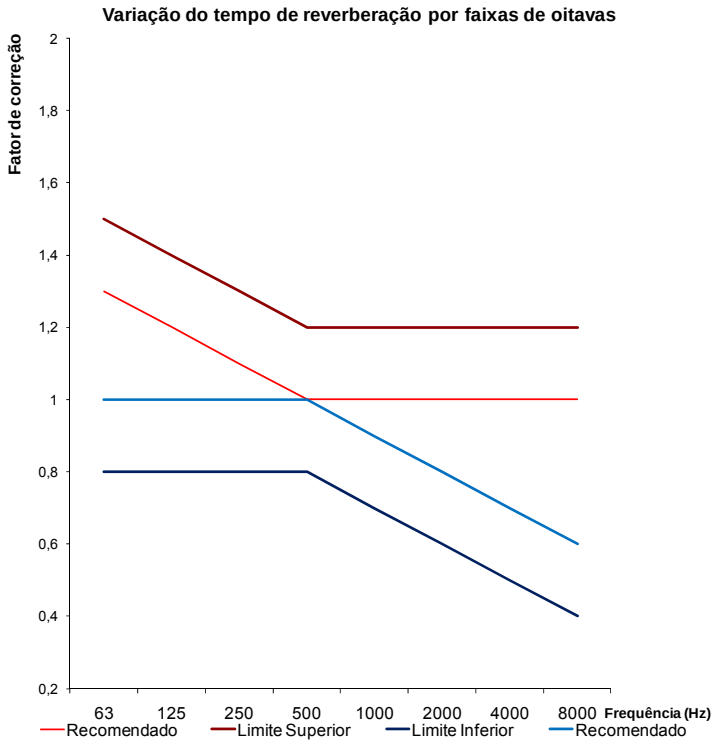


Figura 11: Variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas – THX

Fonte: EASE 4.2 (2004)

3.2.2 Tempo de caimento inicial - EDT

Também expresso em segundos, o EDT caracteriza a parte inicial da curva de decaimento energético do som em um determinado ponto de uma sala qualquer, e correlaciona-se com a impressão subjetiva de como o sinal transmitido parece ser modificado pela reverberação da sala.

O tempo de decaimento inicial – EDT – mede a taxa de decaimento inicial da mesma forma que o tempo de reverberação T60, mas relativo apenas aos primeiros 10 dB.

3.2.3 Definição - D50

O parâmetro definição caracteriza as reflexões sonoras consideradas benéficas, pois melhoram a audibilidade, relacionando-se com a inteligibilidade da fala. Para serem

consideradas benéficas, as reflexões devem chegar ao ouvinte em até 50ms após a chegada do som direto. Valores acima de 50ms podem ser consideradas reflexões tardias e percebidas como efeitos detrimentais, por exemplo, ecos.

A definição avalia a inteligibilidade da palavra, obtida através da razão entre a energia total e a energia inicial sonora.

A definição compara a energia contida no som direto mais a energia das reflexões úteis (até 50ms), com a mesma energia total da resposta impulsiva, e é calculada por intermédio da seguinte expressão:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt}$$

3.2.4 Clareza – C80

A clareza é o parâmetro objetivo utilizado para caracterizar a música. Apresenta o mesmo princípio da definição, entretanto, para serem consideradas úteis devem chegar ao ouvinte até 80ms após sua percepção do som direto. Através da resposta impulsiva, a clareza é determinada através da seguinte expressão:

$$C_{80} = \frac{\int_0^{80} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt}$$

3.2.5 Índice de transmissão da fala – STI

A inteligibilidade da palavra consiste na capacidade de entendimento por parte do ouvinte das palavras pronunciadas por um orador. Para isso, utilizam-se os índices STI (Índice de Transmissão da Fala).

O STI é baseado no conceito da função de transferência de modulação m(F). Quando os sinais da fala são transmitidos em um espaço fechado a modulação de amplitudes, e não o sinal portador, que contém a informação mais importante. A função de transferência de modulação m(F) é proporcional à transformada de Fourier da resposta impulsiva, cuja expressão é a seguinte:

$$m(F) = \frac{\left| \int_0^\infty h^2(t) e^{-j2n2n} dt \right|}{\int_0^\infty h^2(t) dt}$$

Multiplicando-se m(F) por um fator de redução de modulação adicional m, obtem-se o efeito do ruído ambiente. O fator de redução m é dado por:

$$\left[1 + 10^{(L_n - L_p)/10}\right]^{-1}$$

L_n = nível de ruído ambiente;

L_p = é o nível sonoro da fala.

A modulação F é determinada para cada frequência pelo seguinte produto: m *x* m(F). A média deste produto é calculada através dos valores obtidos nas diversas frequências. O resultado é normalizado e convertido em uma relação sinal/ruído aparente, que resulta em um único número, chamado de Índice de transmissão da Fala (STI).

Um procedimento padronizado de ponderação transforma em único número os diversos STI´s obtidos nas bandas de frequências de oitavas. Para a análise, o STI possui uma versão simplificada, chamada de Índice Rápido de Transmissão de Fala (RaSTI), calculado para as bandas de frequências de 500Hz e 2kHz. Esse foi o parâmetro adotado para a determinação dos mapas acústicos.

Em relação à inteligibilidade, os valores estabelecidos para mensurá-la são: 0,6 – 1,00= Muito bom; 0,45 – 0,60= Bom; 0,3 – 0,45= Pobre e 0 – 0,3= Inaceitável.

4. CINEMAS PROJETADOS PELO ARQUITETO

Este estudo tenciona realizar um documentário e, através do método de modelagem acústica, tentar reconstruir acusticamente as salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi. Utilizando-se de dados mensuráveis e relatos publicados por Rino e outros autores, modelos simulados foram criados. A partir dos modelos, realizaram-se comparações dos parâmetros acústicos e das respostas impulsivas, verificando a validade dos modelos.

Os modelos sobre as salas foram recuperados para que as suas características acústicas pudessem ser exploradas novamente. Modelos computacionais foram utilizados para comparar as várias possibilidades, em busca de uma realidade próxima das salas originais. As informações históricas encontram-se em forma de documentos de arquitetura, artigos científicos, artigos em jornais, bem como em entrevistas e fotos, fornecendo ideias sobre as salas de cinema.

Serão apresentados cinco cinemas projetados por Rino Levi. Quatro se encontram na cidade de São Paulo: Cine Ufa-Palácio, Cine Universo, Cine Piratininga, Cine Ipiranga; somente um localiza-se na cidade de Recife, o Cine Art-Palácio. Os cinemas marcam o início de uma nova fase na produção e na vida profissional do arquiteto.

O primeiro cinema a ser projetado por Rino Levi foi o Ufa-Palácio, em 1936. Com características modernas e elaborado estudo de acústica, o projeto tornou-se referência, resultando em uma série de encargos com o mesmo programa: o Cine Universo (1936), o Cine Art-Palácio de Recife (1937), o Cine Ipiranga (1941) e o Cine Piratininga (1941). Esses cinemas se tornaram obras de presença marcante no contexto urbano e cultural da época e de grande importância na construção da arquitetura moderna no Brasil.

Como mencionado no primeiro capítulo, as peculiaridades dos procedimentos projetuais revelam uma aproximação com a arquitetura racionalista, cujos postulados foram por ele assimilados durante sua formação na Itália. Em sua arquitetura, independente do projeto, a forma era consequência de processos lógicos, que interpretam problemas funcionais, técnico-construtivos e de inserção urbana, tornando-se uma síntese dessa interpretação (ANELLI, 1990).

Esse processo lógico era obtido através de estudos sobre as condicionantes de projeto. No caso dos cinemas, estudava a acústica, a visibilidade, a iluminação, a ventilação, a movimentação dos fluxos de público, a inserção do cinema na paisagem urbana e as técnicas construtivas dessas grandes estruturas; resolvendo-os tecnicamente e abstratamente os enfatiza em sua arquitetura. Podemos citar, como exemplo, a iluminação, onde a luz é o elemento fundamental do espetáculo cinematográfico, sendo utilizada nas fachadas, por exemplo, na fachada do Cine Ipiranga (figura 12), como um de seus símbolos.

Figura 12: Iluminação como destaque na entrada do Cine Ipiranga
Fonte: Simões, 1990

Assim como à luz não cabe apenas a tarefa de iluminar, outros elementos funcionais dos projetos, como a acústica, transcendem o caráter estritamente utilitário que possuíam em outros cinemas, assumindo papel de destaque no conjunto da edificação.

Segundo Rino Levi, a melhor forma para atender às necessidades acústicas seria a paraboloide: enfatiza, em todos os projetos, que a parábola, uma abstração matemática, significa a melhor solução de acústica. Nesse contexto, a parábola, observada na figura 13, passa a significar a acústica dentro do conjunto do projeto (ANELLI, 1990).

Figura 13: Interior da sala do Cine Ipiranga
Fonte: SIMÕES, 1990

Percebe-se que os cinemas de Rino Levi permitem e exigem um estudo mais aprofundado do projeto, destacando elementos, neste caso a acústica, que enfatiza o seu raciocínio projetual e revela a clareza de sua arquitetura. Para isso, foram analisados os projetos das salas de cinema projetados por Rino Levi.

4.1 Cine Ufa-Palácio

4.1.1 História do Cine Ufa-Palácio

O primeiro da série de cinemas projetados por Rino Levi, o cinema Ufa-Palácio (figura 14), projetado em 1936, foi construído na Avenida São João, na região constituída como Cinelândia, área de prestígio que concentrava os grandes edifícios e os elegantes restaurantes e cinemas de São Paulo (GOMES, 2004).

Figura 14: Fachada do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Anelli, 2001

O nome UFA estava associado à estatal alemã Ufa (Universum Film AF). A Ufa era uma empresa voltada para a produção, distribuição e exibição de filmes. Com o passar dos anos, em 1940, por ocasião da Segunda Guerra, o nome muda-se para Art Palácio a fim de se evitar associação direta com o governo nazista (OLIVEIRA, 2006).

Relata-se que o projeto do Cine Ufa-Palácio torna-se um “divisor de águas” dos projetos para cinemas, em virtude do estudo esmerado de acústica, de visibilidade e de aplicação de conceitos da arquitetura moderna.

Para se ter ideia da importância desse cinema, Mazzaropi, um dos grandes nomes do cinema brasileiro, só lançava os seus filmes nessa sala. Na década de 80 entra em decadência; atualmente é um cinema pornô. Observe a figura 15.

Figura 15: Fachada atual do cinema – 2010

Fonte: arquivo pessoal, 2010

4.1.2 Projeto Arquitetônico do Cine Ufa-Palácio

Através dos procedimentos modernos e do seu porte, o Ufa-Palácio se destaca na paisagem urbana da cidade de São Paulo (ANELLI 1990). Os cinemas nessa época eram construídos para abrigar grande número de espectadores, sendo que o Ufa-Palácio foi projetado para comportar 3.139 lugares, 1.960 na plateia e 1.279 no balcão. O cinema faz parte de um conjunto que abriga também seis pavimentos superiores de apartamentos. Mas o grande destaque refere-se à sala de exibição e ao foyer (figura 16).

Figura 16: Planta baixa do Cine Ufa-Palácio

Fonte: Anelli (2001)

O prédio apresenta um desenho limpo, e uma solução empregada para ocultar o volume da sala de projeções foi “esconder” atrás do prédio de seis andares a sala de projeções, obtendo com isso surpresas e sensações ao percorrer o trajeto do hall de entrada até a sala de projeções (figura 17).

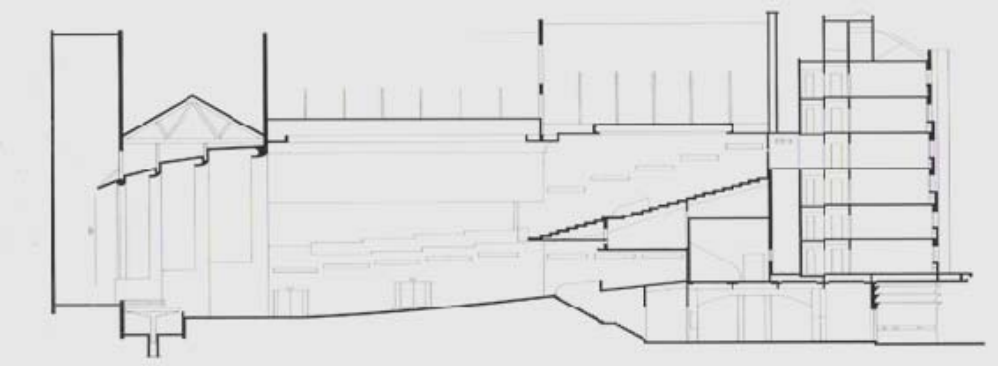


Figura 17: Corte longitudinal do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Anelli (2001)

Nesse projeto, alguns aspectos técnicos assumem papel de destaque nos detalhes arquitetônicos. Citam-se as linhas sinuosas, com forma paraboloide, encontradas na entrada e no foyer do cinema (figura 18), cuja inspiração remete ao interior do cinema, onde a presença dessa forma é funcional e técnica, referindo-se à acústica (figura 19). O sentido figurativo da parábola na entrada do cinema é destacado com o efeito da luz, ressaltando a sinuosidade de suas linhas.

Figura 18: Entrada do cinema
Fonte: Anelli (2001)

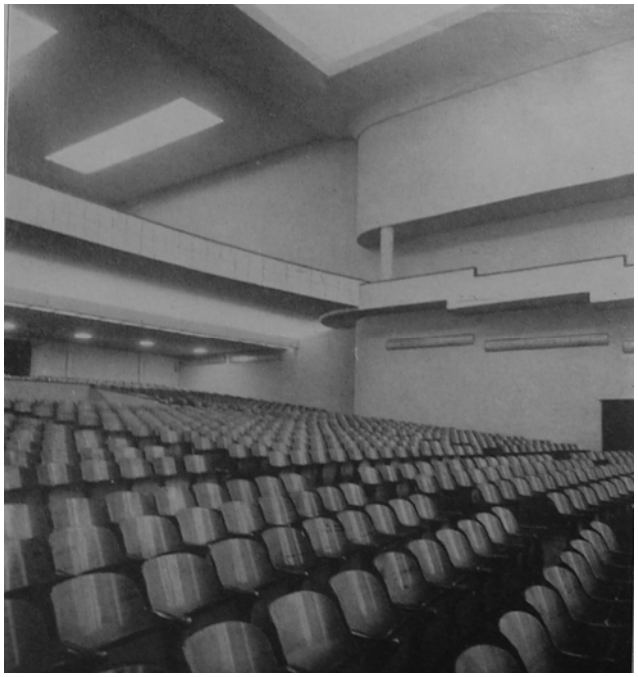


Figura 19: Interior do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Levi (1937)

Outra característica na concepção de Rino Levi: os filmes não poderiam ter a concorrência das cores, luzes, formas e decoração, que são tratadas de maneira discreta para não chamar mais a atenção que os filmes.

4.1.3 A acústica do Cine Ufa-Palácio

O Cine Ufa-Palácio foi o primeiro cinema no Brasil que resultou de estudos minuciosos de acústica e de cálculos de visibilidade, tornando-se rapidamente referência para os demais projetos dessa natureza. Neste projeto, o arquiteto relata ser importante a distribuição da intensidade sonora uniforme em todos os pontos da plateia, a inteligibilidade do som e a pureza do som.

Para ilustrar as soluções técnicas de acústica adotadas no projeto do Cine Ufa-Palácio, Rino Levi escreve o artigo “Considerações a propósito do estudo de um cinema em construção em São Paulo”, na Revista Polytécnica, no ano de 1936, explicando a metodologia de projeto.

Destaca que a condicionante acústica foi estabelecidada através de cálculos científicos e considerada como a mais importante, determinando a própria forma arquitetônica da sala de projeções. Como mencionado, a forma é a parábola, sendo, segundo Levi, a *"mais apropriada para uma boa difusão das ondas sonoras"* (LEVI, 1936b); está presente no corte das paredes, no forro próximo do proscênio (figura 20) e no corte do piso da plateia.

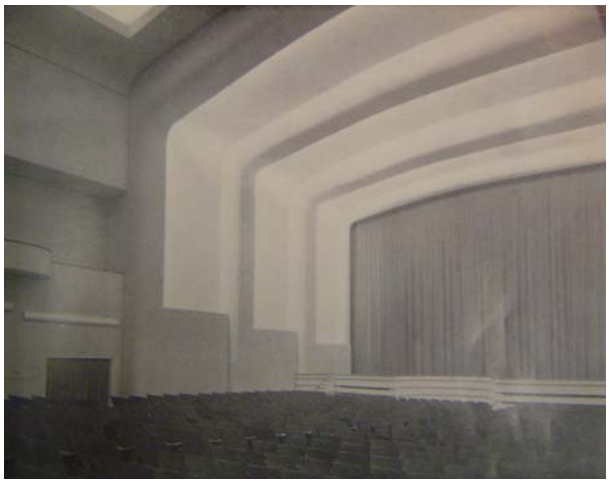


Figura 20: Parede lateral e teto – parábola

Fonte: Levi (1937)

O Ufa-Palácio tinha sua forma resultante da aplicação de modernos cálculos de acústica em projetos de salas de espetáculos (figura 21 e 22). Além do rigoroso cálculo do volume, em função do tempo de reverberação desejado, a forma paraboloide das paredes e do forro próximos do palco, foi definida para permitir a melhor distribuição das ondas sonoras (ANELLI, 2001).

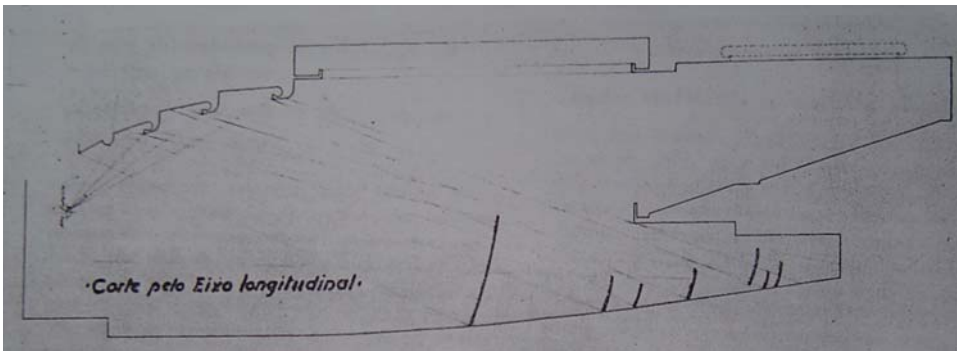


Figura 21: Estudo acústico de distribuição do som – corte

Fonte: Levi (1936a)

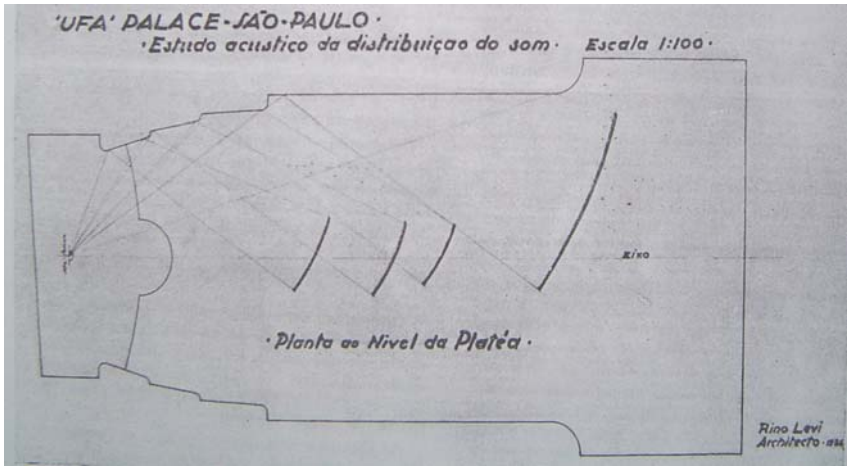
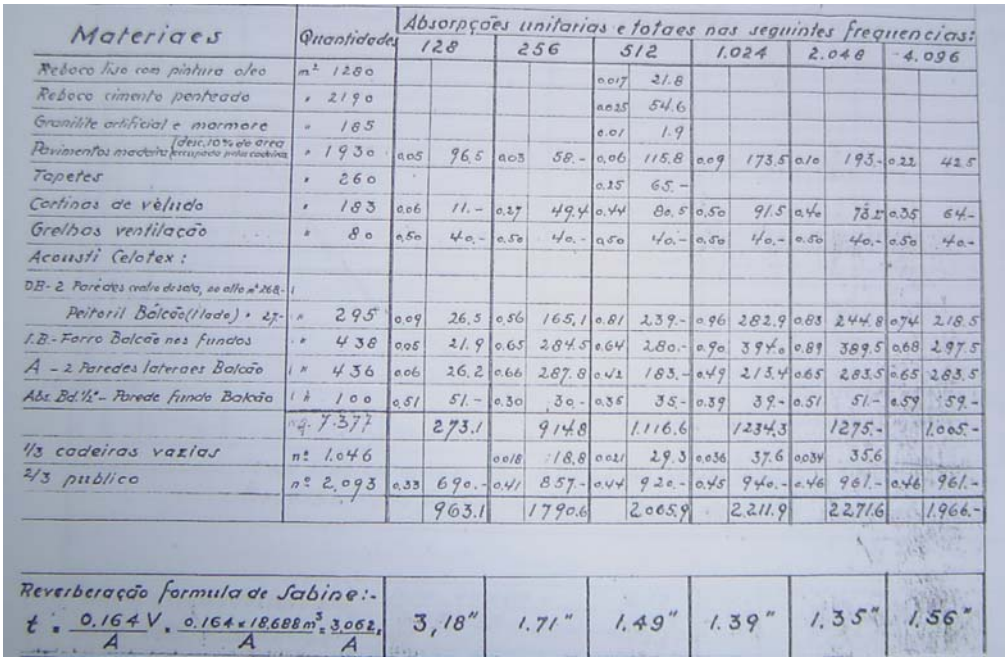


Figura 22: Estudo acústico de distribuição do som – planta

Fonte: Levi (1936a)

Com as traduções do livro de Sabine, Rino Levi desenvolve um método próprio para o desenvolvimento dos seus projetos: utiliza-se dos preceitos de Sabine para a elaboração de uma tabela para cálculo do tempo de Reverberação (figura 23) e das curvas de Mac Nair e Knudsen, para a verificação dos tempos de reverberação propostos (figura 24). Esse material, referente aos textos e desenhos arquitetônicos do projeto executivo do Cine Ufa-Palácio, se encontra nos arquivos da Biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU-USP.



Materiaes	Quantidades	Absorpções unitarias e totaes nas seguintes frequencias: 128		256		512		1.024		2.048		4.096	
Reboco liso com pintura oleo	m² 1280					0.017	21.8						
Reboco cimento penteado	» 2190					0.025	54.6						
Granilite artificial e marmore	» 185					0.01	1.9						
Pavimentos madeira (desc. 10% de area ocupada pelas cadeiras)	» 1930	0.05	96.5	0.03	58.-	0.06	115.8	0.09	173.5	0.10	193.-	0.22	42.5
Tapetes	» 260					0.25	65.-						
Cortinas de velludo	» 183	0.06	11.-	0.27	49.4	0.44	80.5	0.50	91.5	0.46	73.2	0.35	64.-
Grelhas ventilação	» 80	0.50	40.-	0.50	40.-	0.50	40.-	0.50	40.-	0.50	40.-	0.50	40.-
Acousti Celotex:													
DB-2 Paredes cralho de sala, ao alto m² 268.-	1												
Peitoril Balcão (1 lado) » 27.-	» 295	0.09	26.5	0.56	165.1	0.81	239.-	0.96	282.9	0.83	244.8	0.74	218.5
I.B.- Forro Balcão nos fundos	» 438	0.05	21.9	0.65	284.5	0.64	280.-	0.90	394.0	0.89	389.5	0.68	297.5
A - 2 Paredes lateraes Balcão	1 » 436	0.06	26.2	0.66	287.8	0.42	183.-	0.49	213.4	0.65	283.5	0.65	283.5
Abs. Bd. 1½ - Parede fundo Balcão	1 » 100	0.51	51.-	0.30	30.-	0.35	35.-	0.39	39.-	0.51	51.-	0.59	59.-
	m² 7.377		273.1		914.8		1.116.6		1234.3		1275.-		1.005.-
1/3 cadeiras vazias	nº 1.046			0.18	18.8	0.21	29.3	0.36	37.6	0.34	35.6		
2/3 publico	nº 2.093	0.33	690.-	0.41	857.-	0.44	920.-	0.45	940.-	0.46	961.-	0.46	961.-
			963.1		1790.6		2065.9		2.211.9		2271.6		1.966.-
Reverberação formula de Sabine:- $t = \frac{0.164\,V}{A} = \frac{0.164 \times 18.688\,m^3}{A} = \frac{3.062}{A}$		3,18"		1.71"		1.49"		1.39"		1.35"		1.56"	

Figura 23: Tabela com os cálculos - fórmula de Sabine

Fonte: Levi (1936c)

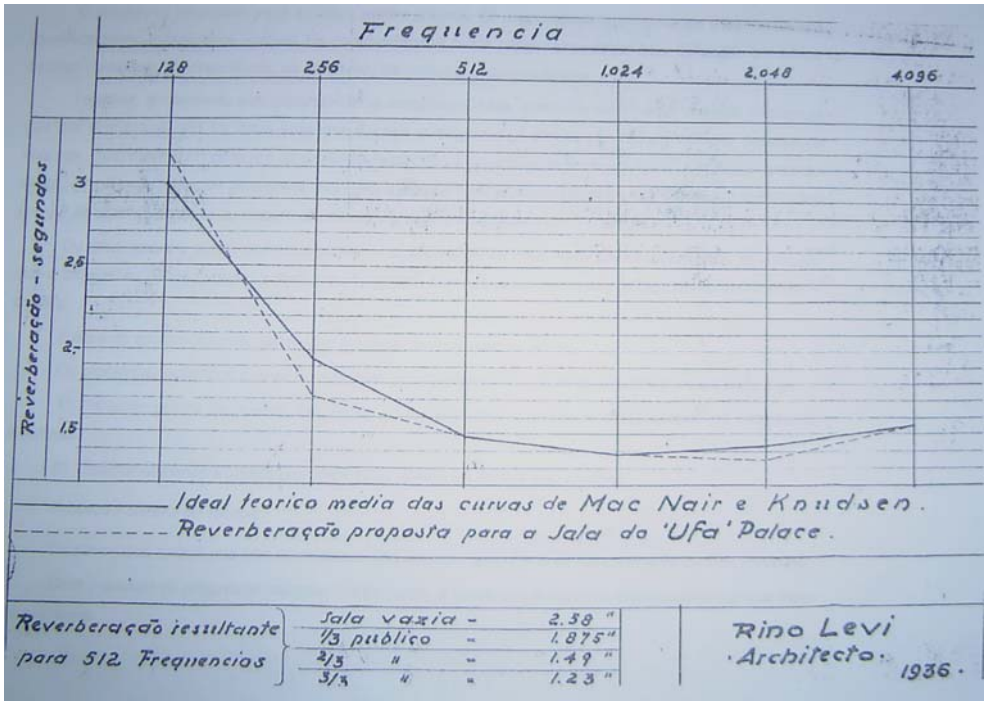


Figura 24: Gráfico - Curvas Mac Nair e Knudsen

Fonte: Levi (1936c)

REVERBERAÇÃO DEPOIS DO TRATAMENTO ACUSTICO

	Quantidade	128 frequencias		512 frequencias		2.048 frequencias	
		Coeffic.	TOTAL	Coeffic.	TOTAL	Coeffic.	TOTAL
REVERBERAÇÃO SALA VASIA			703,—		1.142,4		1.323,6
$t = \frac{0,164 \times V}{A} = \frac{0,164 \times 18.688 \text{ mc.}}{A}$			4,36 seg.		2.68 seg.		2,32 seg.
Factor correcção Eyring $= \frac{0,0885 \times V}{S} =$ $= \frac{0,0885 \times 18.688 \text{ mc.}}{7.652 \text{ mq.}} = 0,22$ segundos			0,22 „		0,22 „		0,22 „
			4,14 seg.		2,46 seg.		2,10 seg.
REVERBERAÇÃO 1/3 PUBLICO			703,—		1.142,4		1.323,6
Publico	n.º 1.046	0,33	342,2	0,44	460,2	0,46	481,2
			1.048,2		1.602,6		1.804,8
Descontar cadeiras	n.º 1.046	0,014	14,6	0,021	22,—	0,034	35,6
			1.033,6		1.580,6		1.769,2
—			2,96 seg.		1,94 seg.		1,73 seg.
F. C.			0,22 „		0,22 „		0,22 „
			2,74 seg.		1,72 seg.		1,51 seg.
REVERBERAÇÃO 1/2 PUBLICO			2,33 seg.		1,48 seg.		1,32 seg.
REVERBERAÇÃO 2/3 PUBLICO			2,03 seg.		1,30 seg.		1,16 seg.
REVERBERAÇÃO 3/4 PUBLICO			1,59 seg.		1,03 seg.		0,93 seg.

Figura 25: Tabela com os cálculos - fórmula de Sabine corrigidos por Eyring

Fonte: Levi (1936a)

A tabela apresentada (figura 23) para o cálculo do tempo de reverberação difere da publicada (figura 25) no artigo da revista “Considerações a propósito do estudo acústico de um cinema, em construcção em São Paulo”. As diferenças referem-se aos valores dos coeficientes de absorção dos materiais, mudanças de materiais de revestimento das superfícies e na aplicação do fator de correção Eyring para a determinação do tempo de reverberação. Essas mudanças podem ser vistas na figura 25, tabela publicada no artigo da revista, onde ser verificam os novos valores para os tempos de reverberação.

4.1.4 Reconstrução acústica do Cine Ufa-Palácio

Em 1936, um edifício significativo na história da acústica brasileira foi construído. O Cinema Ufa-Palácio abrigava a primeira sala de cinema com interesse em acústica arquitetônica. Com o passar dos anos, passou por modificações; encontra-se atualmente desfigurado. No entanto um modelo sobre este espaço foi recuperado, para que as suas características acústicas pudessem ser exploradas novamente. Modelos computacionais e simulações foram realizados para comparar as várias possibilidades e, assim, buscar uma realidade da sala original. Neste estudo, é feita uma tentativa em criar um modelo, com base em medições históricas, recriando e, portanto, retomando esta sala histórica.

Complementando, métodos de simulação e resultados obtidos formaram um esforço substancial para encontrar as informações históricas para recriar a construção. Essas informações históricas estavam em forma de documentos de arquitetura, artigos científicos, bem como de entrevistas e fotos. Apresenta-se também muito do contexto histórico a respeito da sala e os seus aspectos técnicos desenvolvidos pelo arquiteto.

Do estudo cuidadoso do trabalho de Rino Levi para a sala do cinema Ufa-Palácio, algumas conclusões podem ser traçadas: as circunstâncias para o início do estudo e aplicação de acústica num projeto de arquitetura e o talento em traduzir os ensinamentos de Sabine, através de exemplos arquitetônicos e artigos científicos. O estudo de Rino Levi iniciou-se ao aceitar o convite para projetar o cinema, onde, não

encontrando ninguém especializado, resolve retomar o estudo sobre acústica e traduzi-lo em soluções para o cinema Ufa-Palácio.

Uma maneira de reproduzir tais soluções é a reconstrução acústica desse edifício histórico, destacando a sua forma e os materiais empregados. Num importante trabalho, “Considerações a propósito do estudo de um cinema em construção”, o cinema Ufa-Palácio está inserido. Os desenhos, os valores dos parâmetros acústicos e os detalhes construtivos são apresentados pelo arquiteto e utilizados como referência para a construção do modelo. Utilizam-se também os desenhos arquitetônicos do projeto executivo que se encontram na Biblioteca da FAU – USP (LEVI, 1936b).

A sala apresenta um desenho limpo, sem ornamentos, entretanto utiliza-se da forma paraboloide para melhorar a difusão do som no ambiente. Tal característica, enfatizada como uma das principais soluções empregadas para melhorar o desempenho acústico da sala, foi considerada e realizada com todos os detalhes obtidos nos desenhos originais e fotos de referência.

Através do acervo dos projetos de arquitetura, de fotografias e de detalhes acústicos, a tarefa em construir um modelo acústico para estudo e subsequente simulação foi possível. Como a sala tinha sido calculada para cinco situações: sala vazia, 1/3 de ocupação, ½ de ocupação, 2/3 e ocupação e sala lotada, a meta, para ter validade, fez-se a recriação das situações, através de modelos específicos. O processo adotado foi a criação de uma sequência de modelos; apresenta-se na figura 26 o modelo padrão gerado pelo EASE 4.2.

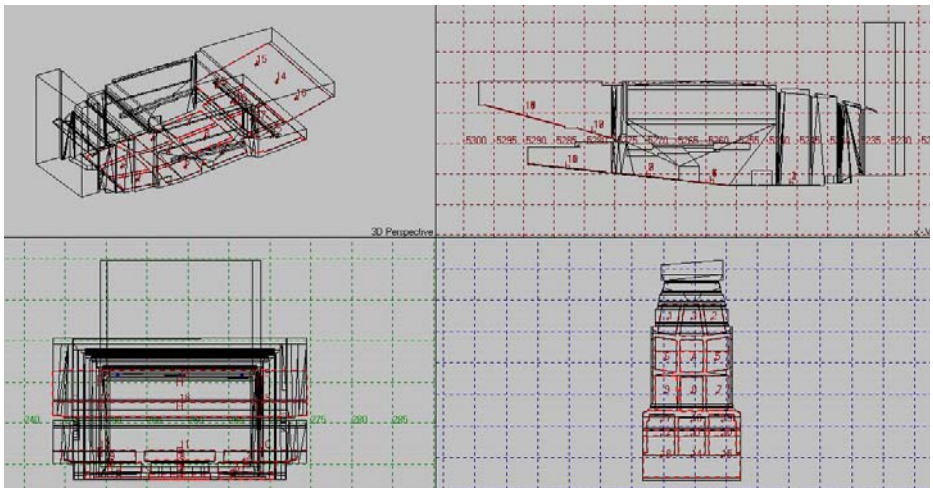


Figura 26: Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Ufa-Palácio

Na reaplicação das características da sala, os tempos de reverberação calculados pelo arquiteto foram comparados com os tempos de reverberação obtidos pelos modelos. O parâmetro foi exibido para as frequências de 125, 500 e 2.000Hz, nas cinco situações de uso.

Pequenos ajustes foram feitos: o primeiro refere-se aos coeficientes de absorção e o segundo à simplificação do desenho. Isso é necessário em função do software utilizado, o EASE 4.2 (programa de simulação acústica). O software permite comparar e resgatar as características e soluções empregadas pelo arquiteto, entretanto, como não foram informados alguns coeficientes de absorção para algumas frequências, o software realiza uma interpolação e os calcula automaticamente. Quanto à simplificação do desenho, ela se torna necessária devido a conflitos durante a importação do desenho 3D e pelo aumento significativo do tempo para a determinação dos parâmetros; isto porque quanto maior o número de detalhes, maior será o tempo gasto para a sua determinação. Em estudos realizados pelos criadores do software, para diversas situações, verificou-se que não existem diferenças significativas nos resultados encontrados (RENKUS-HEINZ, 2008).

Através dos modelos, pôde-se obter muitos parâmetros que na época não poderiam ser calculados e simulados. Primeiramente, foram apresentados os parâmetros objetivos de maior interesse e importância para salas com tal finalidade, como tempo de reverberação – TR e Inteligibilidade da palavra; para isso, utilizaram-se os índices RaSTI (Índice Rápido de Transmissão da Fala).

Outra avaliação tipológica que pode ser realizada refere-se ao estudo da Acústica Geométrica, que analisou o traçado de raios sonoros, determinando a eficiência das paredes laterais e do forro. Para essa análise, através dos modelos e do programa computacional EASE 4.2, avaliou-se a natureza e participação do som refletido no campo sonoro.

4.1.5 Avaliação dos parâmetros acústicos

Dentre os tempos de reverberação apresentados sobre a sala de cinema do Ufa-Palácio, utilizaram-se os apresentados no artigo da revista, figura 24, para a

realização avaliação comparativa entre os tempos calculados e simulados. A escolha, segundo Anelli (2001), ocorreu em função do conteúdo do artigo ter sido transformado em material de apoio dos cursos ministrados por Levi sobre acústica e por apresentar um maior detalhamento para a determinação desses parâmetros. O arquiteto determinou os valores para cinco situações: sala vazia, 1/3 de ocupação, ½ de ocupação, 2/3 de ocupação e sala lotada.

Na tabela 02, são apresentados os valores dos tempos de reverberação simulados através da reconstrução virtual acústica. São apresentados para as cinco situações: sala vazia, 1/3 de ocupação, ½ de ocupação, 2/3 de ocupação e sala lotada, nas frequências de 125, 500 e 2.000Hz. Outra particularidade nesse projeto refere-se à adoção da fórmula de Eyring para corrigir os cálculos determinados pela fórmula de Sabine.

Nesse contexto, são apresentados os tempos de reverberação do modelo com as correções realizadas pela fórmula de Eyring, pois o programa utilizado para a avaliação dos parâmetros acústicos determina os tempos de reverberação para as duas situações, Sabine e Eyring.

Tabela 02 – Tempos de reverberação simulados do Cine Ufa-Palácio, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	4,87s	2,37s	1,68s
1/3 público	4,16s	1,99s	1,45s
½ público	3,63s	1,88s	1,41s
2/3 público	3,12s	1,73s	1,31s
Sala Lotada	2,35s	1,52s	1,17s

Em função desse fato, torna-se necessário explicar as fórmulas de Sabine e Eyring. A fórmula de Sabine, uma das grandes contribuições do pesquisador Wallace Sabine, idealizada em 1896, relaciona o tempo de reverberação e absorção sonora, dada por: TR= 0,161x V/A, onde V é o volume do recinto (em m³) e A é a absorção total do recinto (BISTAFA, 2006). O parâmetro A (absorção) de um material é obtido através da multiplicação do coeficiente de absorção (α) pela área de superfície (S).

O recinto, constituído de diversas superfícies recobertas por materiais diversos, tem A como a soma de todas as absorções individuais, ou seja:

$$A = \alpha_1.S_1 + \alpha_2.S_2 + ... + \alpha_n.S_n .$$

A partir de A é possível calcular o coeficiente médio de absorção (α_m), dividindo a absorção total (A) pela superfície total do recinto (S): α_m=A/S. Esse parâmetro é determinante para a escolha da fórmula que deve ser empregada para determinado espaço.

A fórmula de Sabine é clássica e a mais utilizada para o cálculo do tempo de reverberação, entretanto alguns pesquisadores, como Eyring e Milligton, verificaram que era necessária uma correção na fórmula de Sabine. Destaca-se Eyring por ter sido citado por Rino Levi para a realização do cálculo do tempo de reverberação para o Cine Ufa-Palácio.

Eyring verificou que quando na fórmula de Sabine α=1, ou seja, absorção do ambiente é total, o tempo de reverberação não é nulo, propondo assim a seguinte expressão (GRANADO, 2003):

$$TR = \frac{0{,}163.V}{-Sn.\ln(1-\alpha_m)}$$

Analisando, a fórmula de Sabine conduz a bons resultados quando os materiais que envolvem o espaço apresentam coeficientes de absorção pequenos ($\alpha_m \leq 0{,}1$), entretanto a fórmula de Eyring deve ser utilizada quando o coeficiente de absorção médio (α_m) for maior que 0,3; quando os materiais absorventes estejam uniformemente distribuídos, e em recintos onde o campo sonoro seja difuso.

O cine Ufa-Palácio, na análise realizada, apresenta as três características: o α_m= 0,32; os materiais absorventes foram distribuídos no forro e nas paredes laterais e a geometria da sala, seja nas paredes e no forro, tornam a sala de cinema difusa, ou seja, a correção realizada pelo arquiteto era necessária.

Ao compararmos os tempos de reverberação calculados com os simulados no gráfico (figura 27), percebe-se uma diferença significativa para baixa (125Hz) e média (500Hz) frequência, entretanto para alta frequência (2.000Hz) os valores

estão abaixo para a situação de sala vazia, 1/3 de ocupação e nas demais situações apresentam praticamente os mesmos valores.

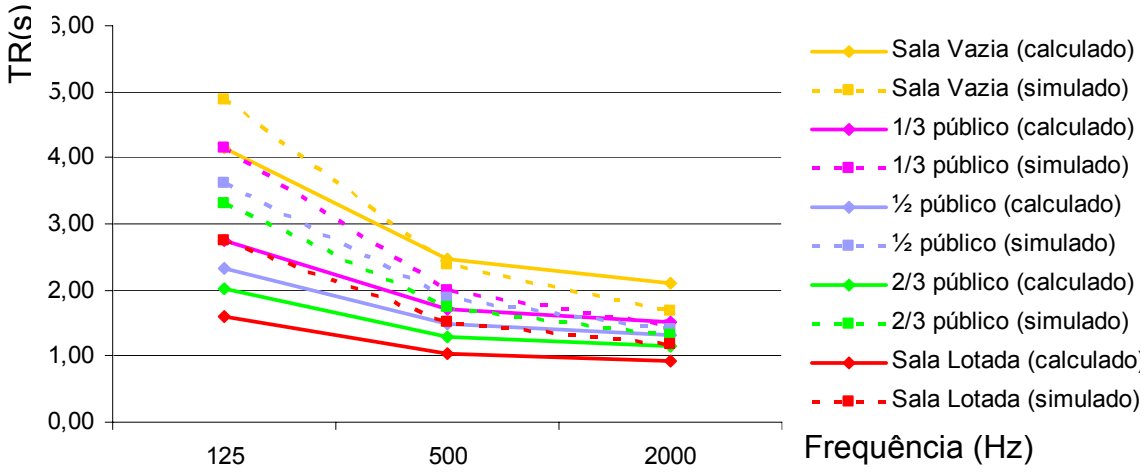


Figura 27: Gráfico dos valores dos Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Ufa-Palácio

Na análise do gráfico e dos valores da tabela, percebe-se uma diferença significativa entre os tempos de reverberação. Várias questões foram levantadas para buscar uma explicação e, ao verificar o volume adotado por Rino Levi, encontramos a possível causa para tal discrepância. O volume calculado por Rino apresenta 18.688m^3 (figuras 23 e 25), enquanto o volume gerado pelo modelo tem o valor de 24.715,94m^3 (figura 28).

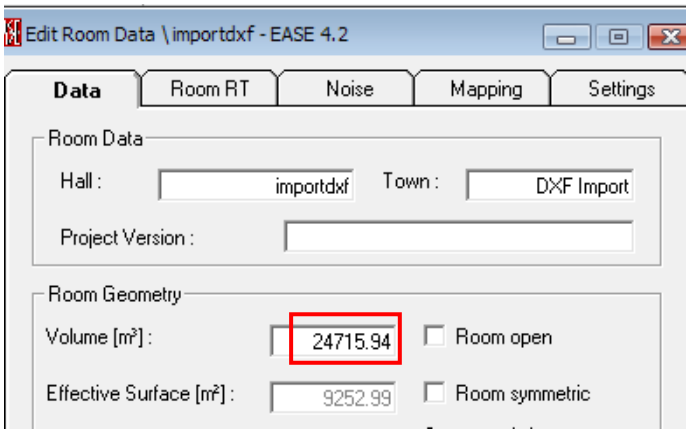


Figura 28: Volume determinado pelo programa EASE 4.2

Assim, ao se realizar os cálculos considerando a mesma equação, a mesma área de superfícies e os mesmos coeficientes de absorção adotados pelo arquiteto para cada frequência específica, alterando somente o volume, conforme determinado pelo modelo, temos para a situação de sala lotada os seguintes valores (tabela 03):

Tabela 03 – Tempos de reverberação calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, com o volume gerado pelo modelo de simulação

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
TR (s) Calculado com o mesmo volume do modelo	2,10s	1,36s	1,22s

Comparando esses novos valores do tempo de reverberação com os simulados (tabela 02), os valores aproximam-se dos simulados, destacando para a frequência de 2.000Hz, conforme pode ser observado na figura 29.

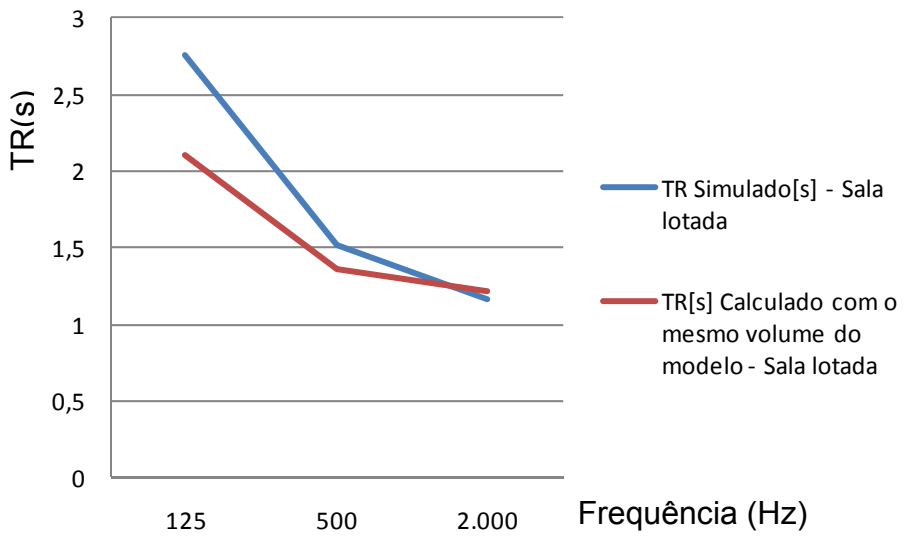


Figura 29: Comparativo entre os TR(s) simulado e calculado – condição de volumes iguais

Comprova-se que a metodologia adotada pelo arquiteto para o cálculo dos tempos de reverberação era confiável e que o software de análise apresenta-se como uma ferramenta segura. A diferença entre os volumes encontra-se na dificuldade em determinar valores precisos através de cálculos manuais; isso devido às formas adotadas, mas que não ocorre quando se utiliza ferramental específico.

Neste capítulo, realiza-se a avaliação das salas em relação aos parâmetros objetivos tempo de reverberação – TR e inteligibilidade da palavra falada – RaSTI.

Outros parâmetros gerados pelo modelo através do software de simulação, serão apresentados no quinto capítulo – “Análise e discussão dos resultados”.

A simulação foi feita utilizando-se do programa EASE 4.2. O Modelo 3D foi gerado em AutoCad e importado para o software EASE 4.2, onde foram posicionados o sistema de áudio (alto-falantes), em posições atrás da tela, compatível com o sistema da época, para possibilitar uma avaliação mais confiável.

Através da simulação, são gerados resultados de diversos parâmetros que interessam na avaliação da qualidade da sala; nesse momento apresenta-se o parâmetro referente ao tempo de reverberação – TR e à inteligibilidade da palavra falada – RaSTI.

Em relação ao tempo de reverberação adota-se o gráfico da Associação Brasileira Cinematográfica - ABC e da certificação THX, conforme pode ser visto na figura 30 e 31.

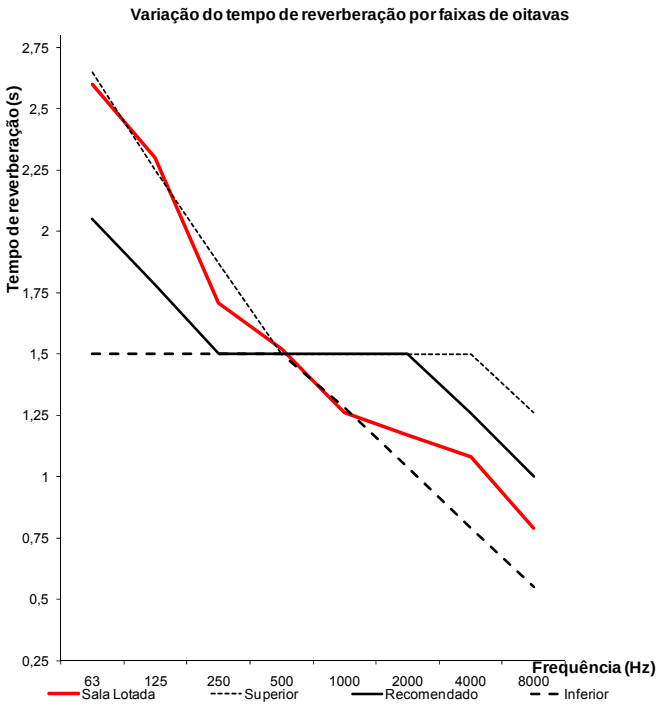


Figura 30: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula de Eyring

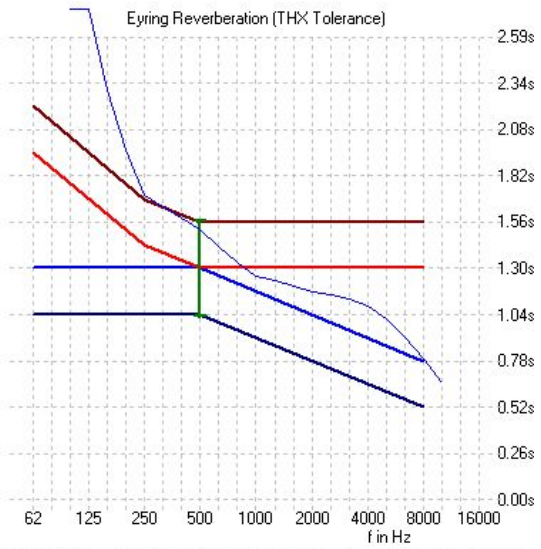


Figura 31: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula de Eyring

Em relação à análise ABC (figura 30), verifica-se que os tempos de reverberação estão no limite do limite superior para baixas frequências e a partir de 500Hz apresenta-se entre o limite inferior e recomendado.

Através do gráfico THX (figura 31), observa-se que os tempos de reverberação encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela certificação THX nas médias e altas frequências, no limite na frequência de 250Hz e acima para 125Hz. Os gráficos, ABC e THX, apresentaram os mesmos resultados em relação aos tempos de reverberação.

Em relação à inteligibilidade (RaSTI), os valores estabelecidos para mensurá-la são: 0,6 – 1,00= Muito bom; 0,45 – 0,60= Bom; 0,3 – 0,45= Pobre e 0 – 0,3= Inaceitável. Percebe-se no balcão que a predominância de valores encontra-se abaixo de 0,55 e em alguns locais de até 0,45, enquanto no pavimento inferior encontram-se valores acima de 0,55 e de até 0,75.

Na análise, verifica-se que a inteligibilidade na maior área da sala é considerada boa e, em alguns locais, muito boa, como nas primeiras fileiras da plateia e na parte inferior do balcão (figura 32).

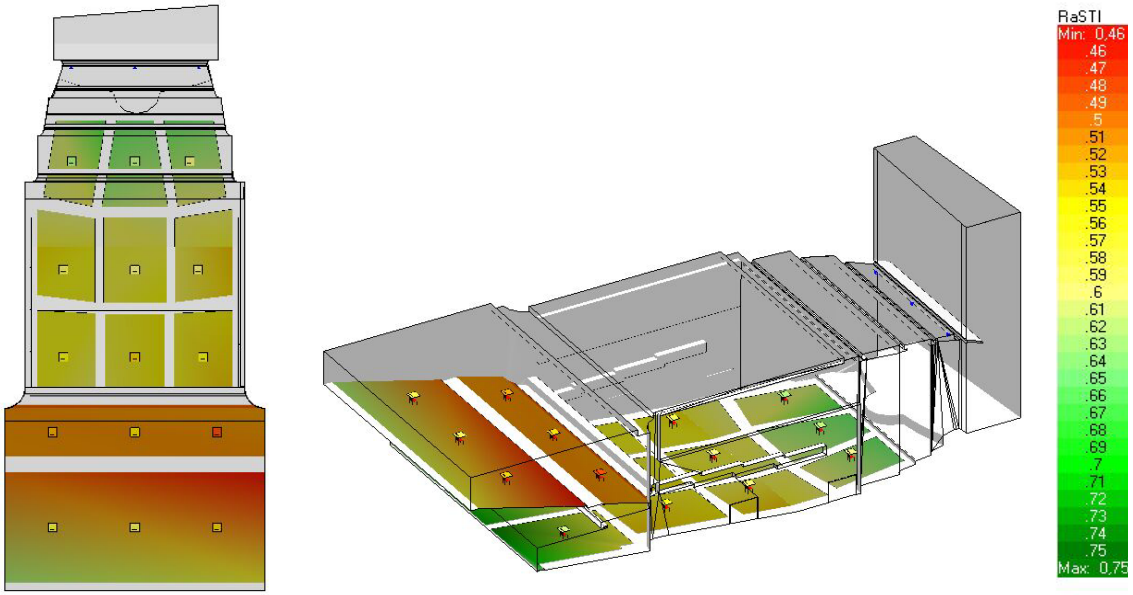


Figura 32: Inteligibilidade da Palavra (sala lotada) – Cine Ufa-Palácio

Através dos mapas acústicos, determina-se que o pavimento inferior apresenta condições favoráveis em relação ao balcão e o fato mais marcante refere-se à falta de homogeneidade da sala. A falta de homogeneidade refere-se às dimensões da

sala e a potência e localização das fontes sonoras, que, em função da cultura das grandes salas e dos tipos de sistema áudio disponíveis na época, contribuíram para tal situação.

Destaca-se a parte inferior do balcão, enfatizada pelo arquiteto através do estudo acústico de distribuição do som (Figura 33), onde se verifica, através dos mapas acústicos (figura 34), a eficiência do forro próximo do proscênio, consequentemente de sua famosa forma paraboloide, contribuindo para a difusão do som.

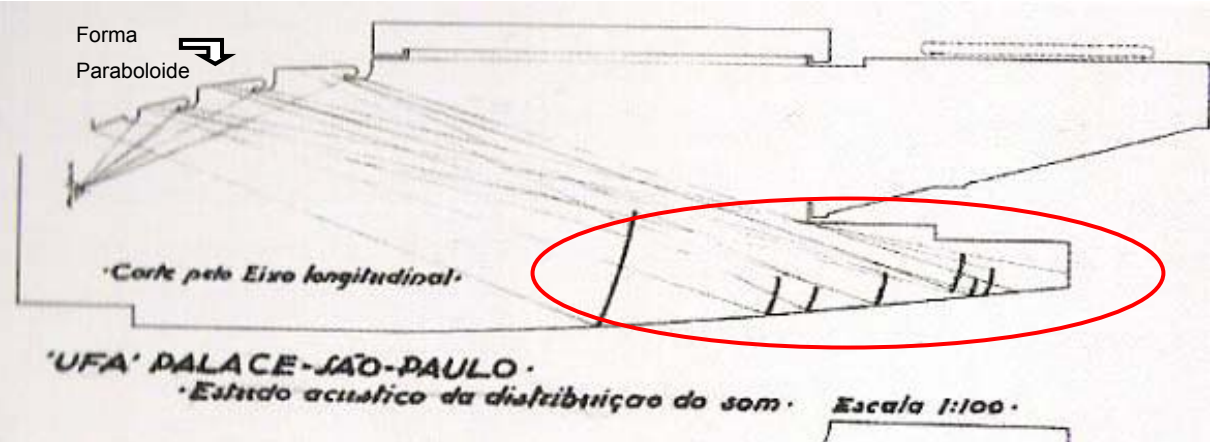


Figura 33: Difusão do som - Forma

Fonte: ANELLI (2001)

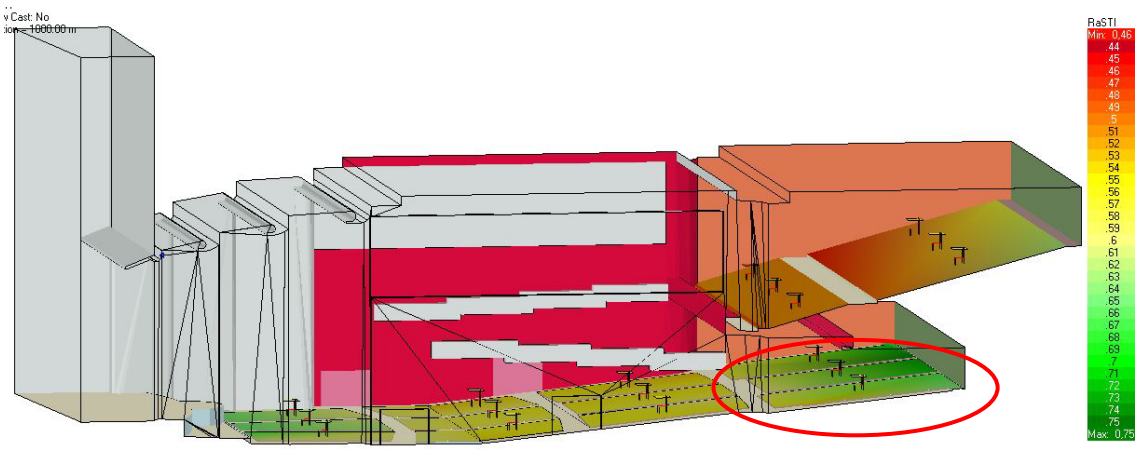


Figura 34: Inteligibilidade da palavra: em destaque a parte inferior do balcão

Assim, a forma adotada e os materiais utilizados pelo arquiteto, ou seja, a metodologia desenvolvida para a realização do tratamento acústico é pertinente e realmente revolucionária para a época.

E em relação aos objetivos propostos pelo arquiteto, realizou-se primeiramente a avaliação dos seguintes objetivos: distribuição da intensidade sonora uniforme em todos os pontos da plateia e a inteligibilidade do som. Verificou-se que o objetivo da distribuição da intensidade sonora uniforme em todos os pontos da plateia não foi alcançado, entretanto não comprometeu a inteligibilidade.

4.2 Cine Universo

4.2.1 História do Cine Universo

O Cine Universo foi construído na época num dos bairros mais populosos de São Paulo, o Brás. O terreno para a construção do cinema situa-se na Avenida Celso Garcia, com acesso também pela Rua Bresser (figura 35).

Figura 35: Fachada do cinema em funcionamento – Cine Universo

Fonte: Anelli, 2001

Figura 36: Fachada atual do cinema – Cine Universo (2010)

Fonte: arquivo pessoal, 2010

Atualmente, o prédio que abrigava o Cine Universo pertence a uma Rede de Varejo de Roupas, sendo utilizado como Centro de Distribuição. Na figura 36, verifica-se a atual condição do prédio. O atual proprietário não autorizou a entrada no interior da antiga sala de cinema.

4.2.2 Projeto Arquitetônico do Cine Universo

O projeto do Cine Universo foi elaborado em pouco mais de três meses e a sua construção foi realizada em cinco meses. Destaca-se que tanto para a elaboração quanto para a construção o tempo foi considerado curto. Em relação ao projeto, destaca-se o processo projetual rigoroso do arquiteto e em relação à construção, esse tempo deve-se ao programa de trabalho estabelecido (figura 37) e a alteração dos tipos de fundações, de sapatas de distribuição a uma profundidade média de 3,00m para estacas Franki. Essa solução reduziu em pelo menos quinze dias o tempo de execução, além de permitir a melhor organização dos outros serviços durante a cravação das estacas.

Figura 37: Cronograma de execução – Cine Universo

Fonte: Levi, 1939

Entre as condicionantes do projeto, destaca-se a exigência de maior número de lugares, o custo baixo da construção e o padrão técnico elevado. As dimensões da sala do cinema apresentam comprimento de 50,00m, largura de 35,00m e altura máxima de 15,00m, obtendo um volume de 21.250m³. A capacidade da sala é para 4.324 espectadores, ou seja, a um volume de 4,92m³ por espectador.

Destacam-se nesse projeto as novas exigências do Código Municipal de Obras em decorrência de tumulto gerado por um alarme falso no Cine Oberdan em 1938, que ocasionou o óbito de 31 pessoas (ANELLI, 1992).

As novas exigências influenciaram no número de espectadores: redução de 5.500 para 4.324 espectadores. Diretamente relacionada com a exigência do empreendedor, o maior número de espectadores foi contestado pelo arquiteto através de um estudo de vazão em caso de emergência, que comprovava a eficiência para 5.500 espectadores; no entanto não foi aprovada pelos orgãos responsáveis.

As principais alterações ocorreram no 1º balcão e no 2º balcão, com a redução significativa do número de espectadores: de 1.000 para 659 espectadores no 1º balcão e de 1.500 para 961 espectadores no 2º balcão.

Após a definição no número de espectadores, a visibilidade foi estudada. Os critérios adotados no Cine Ufa-Palácio são novamente empregados no Cine Universo pelo arquiteto Rino Levi:

> ..., a fórmula consiste em fazer com que o raio visual, que liga os olhos do espectador ao ponto mais baixo do palco (nos teatros) ou da têla (nos cinemas), seja tangente á cabeça do primeiro espetador sentado logo adiante. Admite-se também a solução que considera esse linha tangente ao segundo espetador; pensamos não ser o caso de aplicarmos este criterio aos nossos cinemas, devido ao fato quasi totalidade dos films serem falados em língua extrangeira, e portanto com disticos a margem inferior do quadrante luminoso. (Levi, 1939, p.107)

O projeto de ventilação, baseado num fator determinante, o econômico, apresenta um sistema que só prevê insulflamento de ar. A exaustão é feita livremente por aberturas distribuídas em várias posições da sala e a renovação do ar através do forro móvel localizado no centro da sala.

4.2.3 A acústica do Cine Universo

As soluções acústicas para o Cine Universo são baseadas num estudo criterioso das superfícies que receberam material absorvente; da definição de formas e materiais que contribuem para melhorar a distribuição sonora; e dos cálculos dos tempos de reverberação adequados para a sala.

Em relação aos revestimentos internos da sala, verfica-se a aplicação de materiais abosrventes somente no forro e nos parapeitos dos balcões, conforme pode ser visto na figura 38.

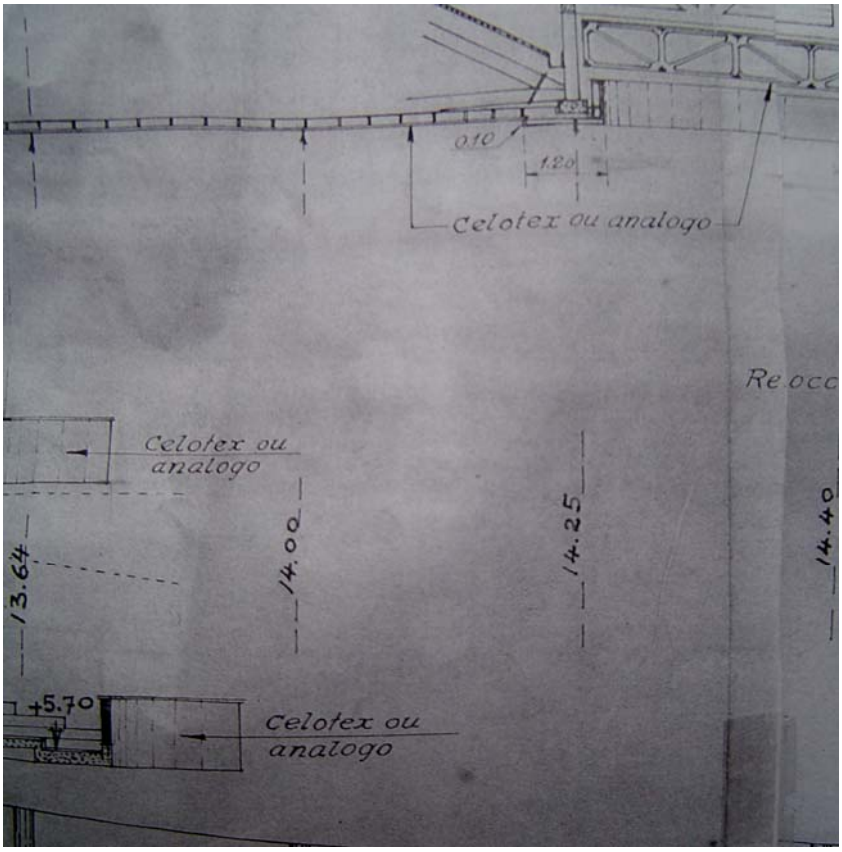


Figura 38: Destaque da indicação dos materais absorventes no forro e parapeitos dos balcões - corte

Fonte: Levi (1936b)

Quanto ao direcionamento do som, temos quatro refletores situados no forro (figura 39), onde, em contrapartida do restante do forro da sala, o revestimento é acabado em reboco liso, de maneira a direcionar o som para os fundos da sala.

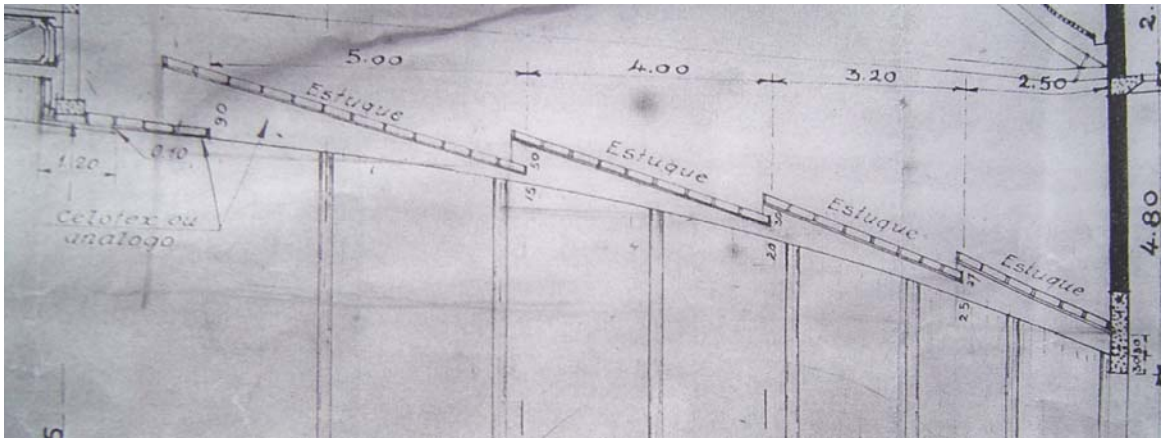


Figura 39: Refletores no forro – corte

Fonte: Fonte: Levi (1936b)

As paredes laterais também apresentam um desenho diferenciado (figura 40), como o próprio arquiteto enfatiza: “Note-se a divergência entre as paredes laterais, criada com o fito de se evitar as ondas sonoras repercutindo repetidas vezes, de uma a outra parede.” (LEVI, 1939, p.107).

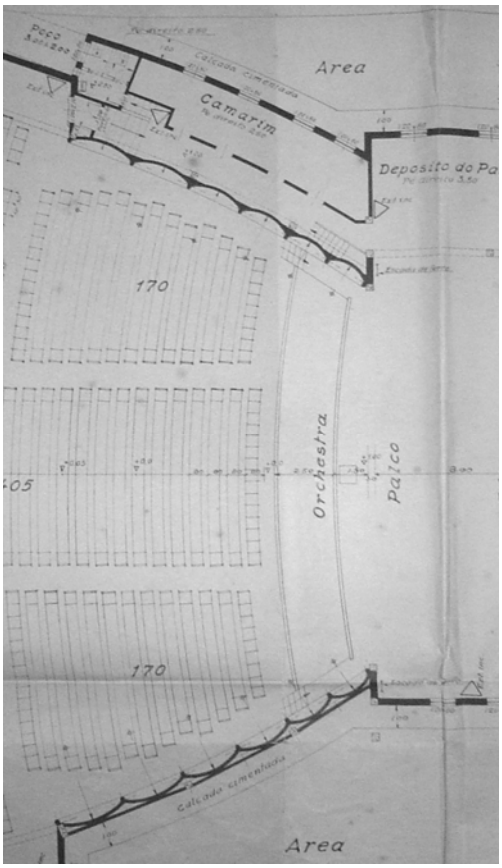


Figura 40: Paredes laterais - planta

Fonte: Fonte: Levi (1936b)

Se o balcão for muito comprido, os espectadores que se sentarem nas últimas fileiras sob ele não receberão a parcela útil do som proveniente das reflexões do teto da sala. Por isso, o comprimento do balcão deve ser igual ou menor que duas vezes a altura de sua abertura. Essa limitação assegurará aos espectadores das últimas fileiras a percepção dos sons refletidos pelo teto da sala (PASSIERI, 2003).
Em relação ao tempo de reverberação, após a realização dos cálculos, Rino obteve os seguintes resultados para o Cine Universo (tabela 04):

Tabela 04 – Tempos de reverberação calculados por Levi para o Cine Universo
Fonte: LEVI, 1939

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	4,95s	3,49s	2,88s
1/3 público	2,87s	2,03s	1,79s
½ público	2,34s	1,66s	1,48s
2/3 público	1,97s	1,39s	1,25s
Sala Lotada	1,46s	1,02s	0,93s

Segundo Rino, para o volume do Cine Universo, que é de 21.250m³, a condição ideal seria mais ou menos para a metade da lotação, com um tempo de 2,34s, 1,66s e 1,48Hz respectivamente para 128Hz, 512Hz e 2.048Hz. Verifica-se uma diferença da baixa (128Hz) para média frequência (512Hz), na qual expõe: “A absorção nas notas baixas é um pouco elevada, constituindo um pequeno defeito que não era possível corrigir devido a razões econômicas”. (LEVI, 1939, p.108).

4.2.4 Reconstrução acústica do Cine Universo

O Cine Universo atualmente está completamente desfigurado e, para avaliar suas características, construiu-se um modelo em 3D. A construção desse modelo permite a realização de simulações das mais diversas situações, da sala vazia para a sala lotada. Através dos projetos originais e de fotos da época, o modelo recria as soluções e os detalhes elaborados pelo arquiteto.

O projeto apresenta soluções que foram empregadas no Cine Ufa-Palácio de São Paulo, entretanto alguns aspectos os diferenciam, como a escolha de aplicar o revestimento absorvente somente no forro e nos parapeitos dos dois balcões.

No artigo “Cine Universo”, o arquiteto descreve as condicionantes projetuais: características do local, tipo de público, visibilidade da plateia, cronograma de execução, ventilação, tipo de estrutura e acústica. Os desenhos, os valores dos parâmetros acústicos e os detalhes construtivos são apresentados pelo arquiteto e utilizados como referência para a construção do modelo.

O desenho limpo, a ausência de ornamentos e a utilização de formas que auxiliem na qualidade do espaço são novamente empregadas pelo arquiteto no Cine Universo. Procura-se enfatizar, no modelo 3D, o emprego das formas que tinham função acústica, como as paredes laterais próximas do palco e os planos refletores do teto. Na figura 41, apresenta-se o modelo recriado do Cine Universo.

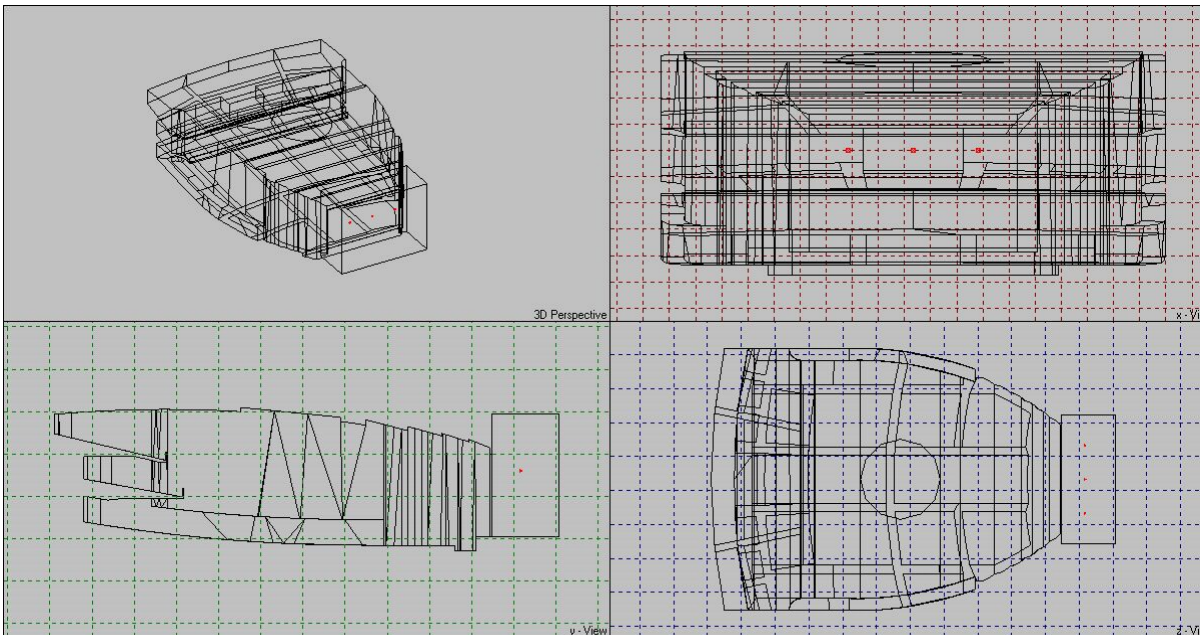
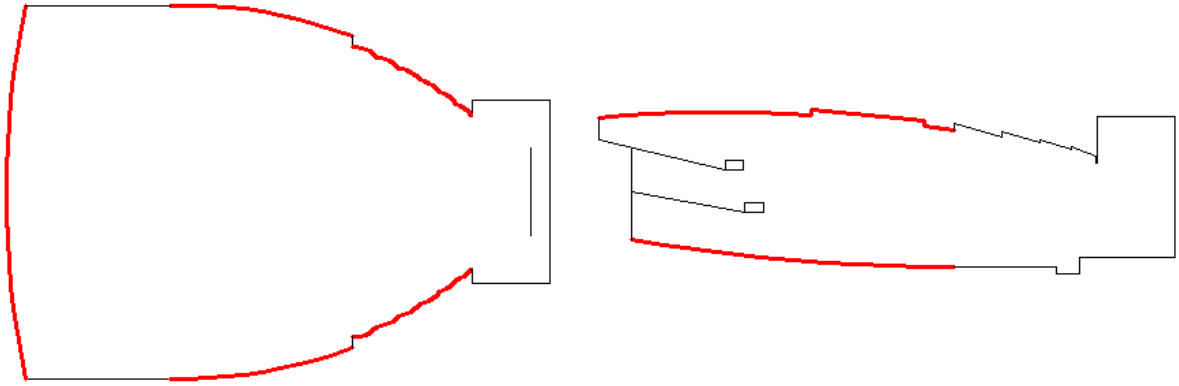


Figura 41: Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Universo

No desenho da sala de cinema, novamente a forma paraboloide é empregada (figura 42). Na planta baixa, as paredes laterais e a parede do fundo da plateia; no corte, tanto a curvatura do piso quanto do teto relaciona-se com a hipérbole de Sabine, que relaciona a absorção com tempo de reverberação.



PLANTA CORTE

Figura 42: Forma “paraboloide” empregada na sala de cinema – Cine Universo

Na figura 43 explica-se essa relação entre absorção e tempo de reverberação que levaram Sabine a exclamar: *“... Mother, it´s a hyperbola!...”(1898 apud BARRON, 2000, p.06)*

$$TR = \frac{0{,}161xV}{Sx\alpha}$$

TR = Tempo de reverberação

V= Volume – Ex: V=10m^3

S= Superfícies – Ex: S=1m^2

α = Coeficiente de Absorção

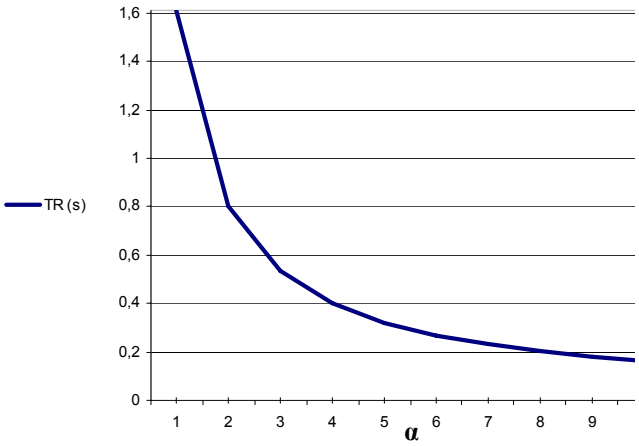


Figura 43: Relação entre absorção e tempo de reverberação de Sabine

Os tempos de reverberação calculados pelo arquiteto foram comparados com os tempos de reverberação obtidos pelos modelos. O parâmetro foi exibido para uma frequência de 125, 250 e 500Hz, nas cinco situações de ocupação: sala vazia, 1/3 de ocupação, ½ de ocupação, 2/3 de ocupação e sala lotada.

Outros parâmetros podem ser gerados, contribuindo para verificar a qualidade acústica da sala de cinema. Destacam-se os parâmetros relacionados com a inteligibilidade da palavra.

4.2.5 Avaliação dos parâmetros acústicos

A construção do modelo está rigorosamente de acordo com os projetos originais; após a sua construção, o modelo apresenta um volume de 23.948,66m³. Comparativamente, o volume está acima do calculado pelo arquiteto Rino Levi, que foi de 21.250,00m³. Como no Cine Ufa-Palácio, o volume do modelo simulado do Cine Universo está acima do calculado.

Na tabela 04 são apresentados os tempos de reverberação simulados, e percebe-se uma diferença significativa entre os tempos de reverberação calculados e simulados. O tempo de reverberação apresenta o fator de correção Eyring, pois no Cine Ufa-Palácio e no Cine Art Palácio o arquiteto enfatiza o emprego dessa fórmula.

Tabela 05 – Tempos de reverberação do Cine Universo, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease - Volume = 23.948,66m³

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	4,26s	3,28s	2,54s
1/3 público	3,52s	2,70s	2,16s
½ público	3,38s	2,55s	2,08s
2/3 público	3,14s	2,34s	1,94s
Sala Lotada	2,70s	2,05s	1,72s

A construção do modelo foi realizada primeiramente considerando a sala vazia; posteriormente, foram realizadas diversas situações de ocupação: 1/3 de público, ½ de público, 2/3 de público e sala lotada. Verifica-se que os valores para os tempos de reverberação simulados são menores do que os calculados somente para a situação de sala vazia, entretanto, quando realizamos outras simulações de ocupação, os valores encontram-se acima dos calculados pelo arquiteto, conforme pode ser visto no gráfico (figura 44).

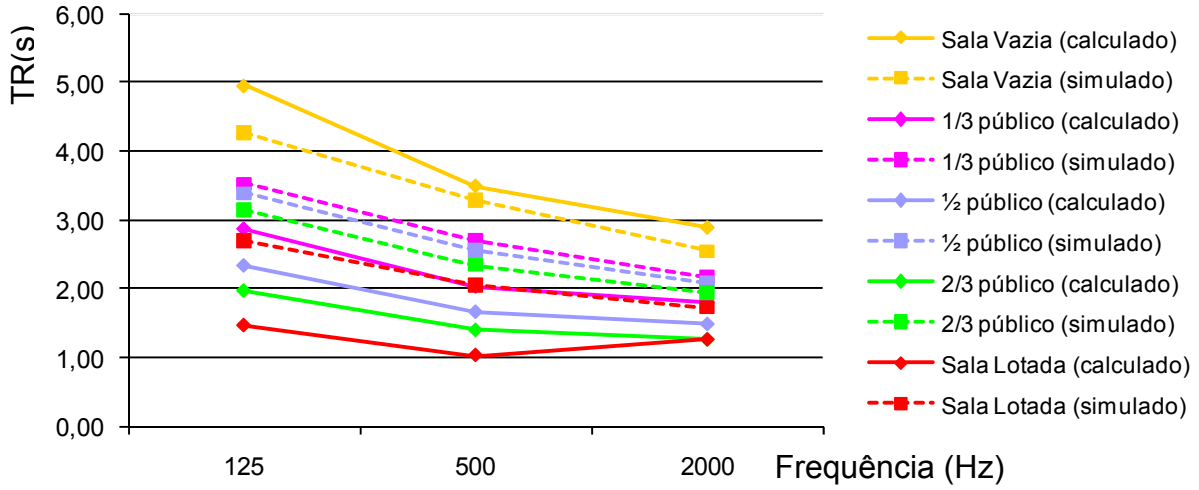


Figura 44: Gráfico dos valores do tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Universo

Algumas questões são levantadas e, como ocorrido no Cine Ufa-Palácio de São Paulo, verificamos novamente uma diferença nos valores dos volumes: o volume adotado por Rino Levi apresenta 21.250m^3, enquanto o volume gerado pelo modelo tem o valor de 23.948,66m^3.

Como o projeto apresenta formas curvas e balcões, é muito difícil a determinação precisa do volume pelo arquiteto através de cálculos manuais. Entretanto, buscando verificar outros fatores que justifiquem essa diferença, realizou-se uma simulação que não considerava a caixa cênica do palco, obtendo um volume de 21.745,46m³ (figura 45).

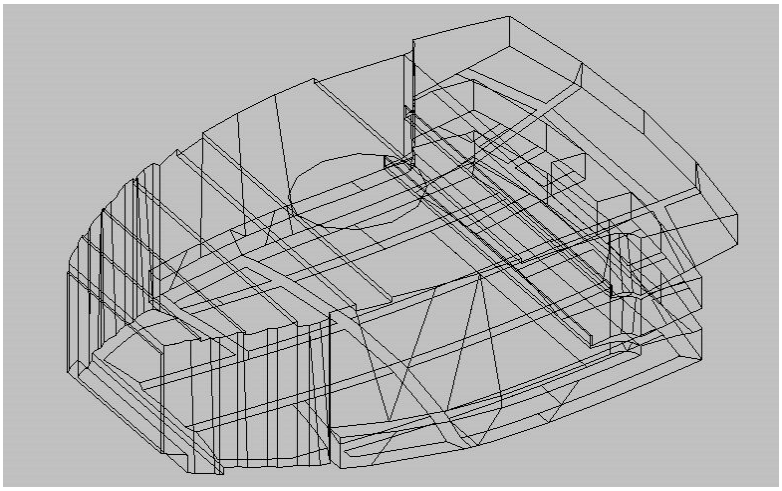


Figura 45: Modelo gerado sem caixa cênica do palco – Cine Universo

Esse novo volume aproxima-se do calculado pelo arquiteto e, numa nova tentativa, foram realizadas simulações para a determinação dos tempos de reverberação para tal situação (Tabela 06).

Tabela 06 – Tempos de reverberação do Cine Universo, calculados com a fórmula Eyring pelo programa de simulação Ease - Volume = 21.745,46m³

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	4,08s	3,15s	2,41s
1/3 público	3,13s	2,62s	2,11s
½ público	3,34s	2,51s	2,05s
2/3 público	2,85s	2,30s	1,91s
Sala Lotada	2,55s	2,02s	1,69s

Verifica-se uma pequena redução nos tempos de reverberação, mas ainda os valores encontram-se bem acima dos calculados, conforme pode ser visto na figura 46.

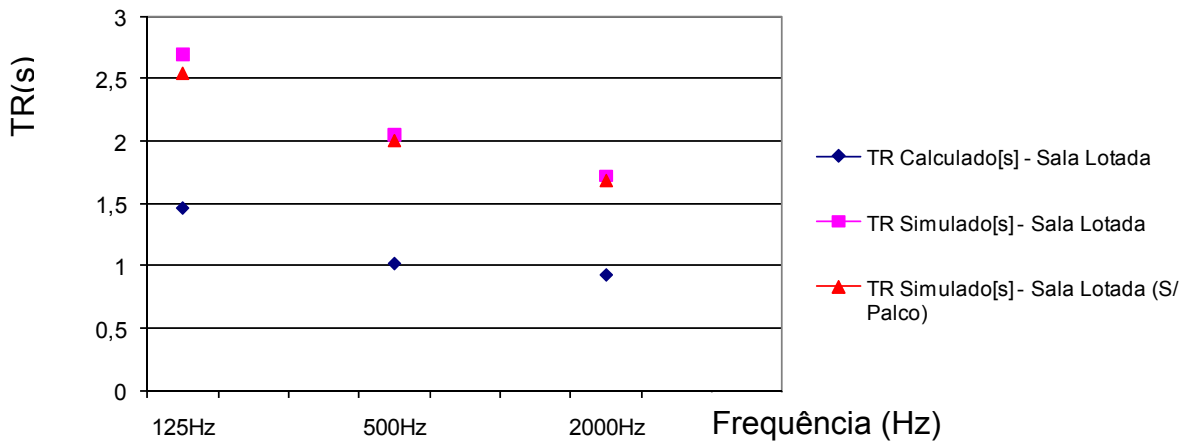


Figura 46: Gráfico dos valores do tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo – Cine Universo

A diferença entre os tempos de reverberação simulados é insignificante; assim, adota-se o volume do Cine Universo de 23.948,66m³ para a obtenção de outros parâmetros, com o objetivo de avaliar a qualidade acústica da sala de cinema.

Um dos melhores parâmetros para avaliar a acústica da sala é a inteligibilidade da palavra – RaSTI. Realizou-se a avaliação para a situação de sala lotada.

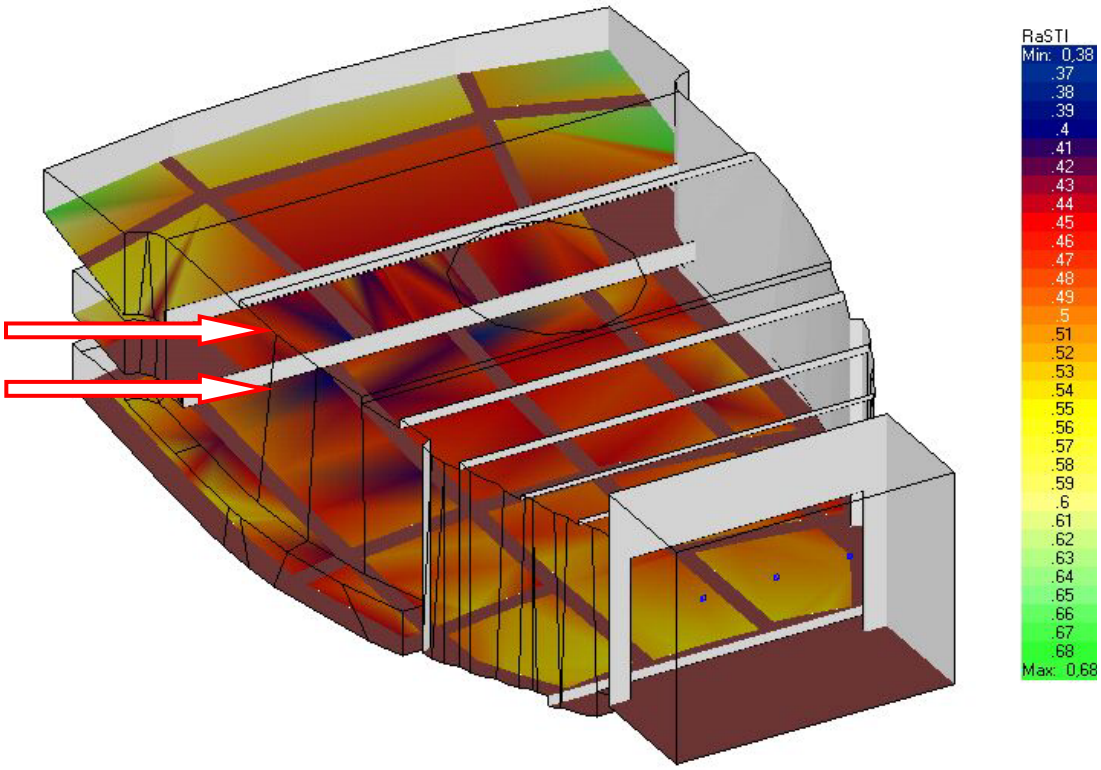


Figura 47: Inteligibilidade da palavra (Sala lotada) – Cine Universo

Através da figura 47, verifica-se que, numa maior área da sala, a inteligibilidade é boa (entre 0,45 – 0,60), entretanto embaixo do 1º balcão, no 1º balcão e na região próxima do parapeito do 2º balcão, a inteligibilidade é pobre (0,3 – 0,45).

O fator que contribuiu diretamente para esse resultado refere-se aos balcões profundos, pois as principais características do campo acústico sob balcões profundos e as impressões subjetivas resultantes são caracterizadas por não proporcionar intimidade e envolvimento acústico com o espaço.

As impressões subjetivas são distintas para o tipo de atividade a ser realizada. Para música, a relação profundidade – D não deve exceder à altura – H (figura 48), sendo que um balcão profundo estabelece uma energia tardia que causa um crescimento objetivo da clareza e um decréscimo no tempo de reverberação, impressões prejudiciais para a música. Para palavra falada, a relação profundidade – D não deve exceder 2 vezes à altura – H (figura 49), sendo que as impressões subjetivas, desde que atendendo essa relação, podem ser consideradas boas (EGAN, 2007).

Nas cavidades que correspondem aos balcões da sala do Cine Universo, as profundidades excedem 2 vezes as alturas, comprovando o resultado obtido.

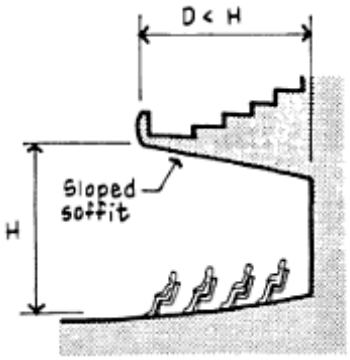


Figura 48: Para sala de Concerto e De Ópera, D não deve exceder H.
Fonte: Egan (2007)

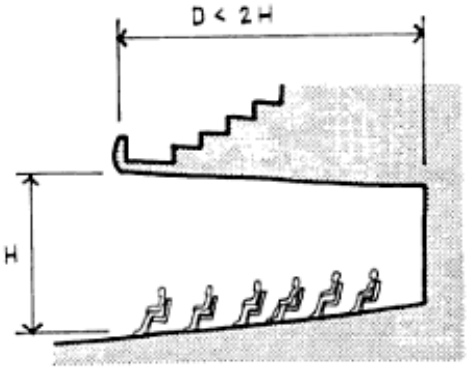


Figura 49: Para sala de Teatro, D D não deve exceder 2H.
Fonte: Egan (2007)

As dimensões dos balcões, a forma paraboloide e o emprego de materais absorventes somente no forro contribuíram para que a sala não apresentasse a qualidade acústica que almejava o arquiteto.

Para ilustrar a qualidade da sala, realizou-se uma relação entre os tempos de reverberação obtidos com os recomendados pela ABC e pela THX.

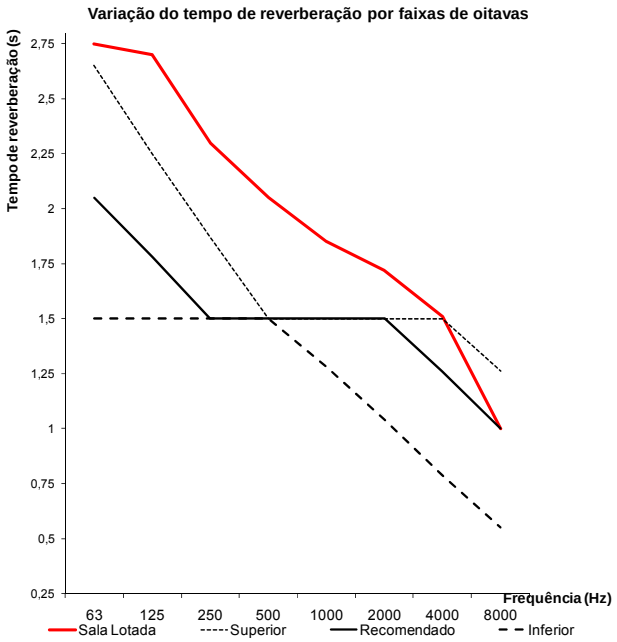


Figura 50: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

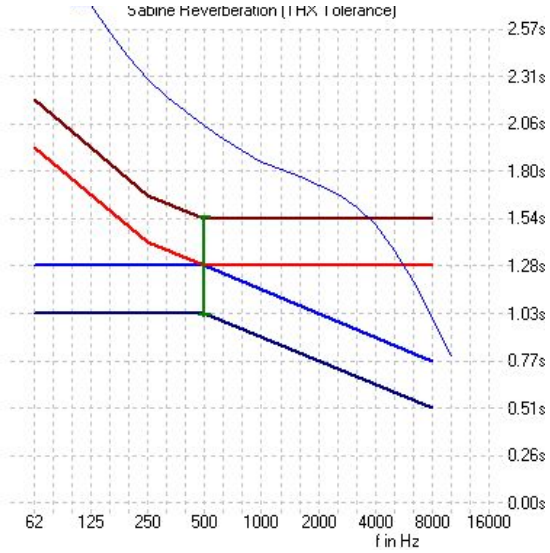


Figura 51: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

Os tempos de reverberação em ralação à análise ABC (figura 50) apresentam-se acima do limite superior, exceto para as frequências de 4.000 e 8.000Hz, que se encontram entre o limite recomendado e superior. Em relação aos parâmetros THX, verifica-se na figura 51 que os tempos de reverberação para a sala lotada encontram-se acima do recomendado para baixas e médias frequências e somente para frequência acima de 4.000Hz encontra-se dentro do recomendado.

4.3 Cine Art Palácio

4.3.1 História do Cine Art Palácio

O Cine Art Palácio era da mesma empresa do Ufa de São Paulo e localiza-se na zona Central de Recfie, no Bairro de Santo Amaro, entre a Rua da Palma e Rua Matias de Albuquerque (figura 52). O cinema faz parte de um complexo que compreende também um prédio de escritórios e lojas e foi construído numa área que estava sendo urbanizada, na cidade de Recife (GOMES, 2004).

A concepção do projeto iniciou-se em 1937, conforme as pranchas de desenhos arquitetônicos e construído entre 1939 e 1940, conforme memorial descritivo e especificações.

Figura 52: Fachada do Cine Art Palácio – 1940

Fonte: Levi (1940)

O prédio atualmente se encontra numa área degradada e em situação precária (figura 53). O cine Art Palácio, juntamente com os outros edifícios do região, estão no meio de uma discussão sobre a reurbanização e valorização dessa área da

cidade. O Edifício Trianon, construído na mesma época e localizado ao lado do Cine Art Palácio, foi comprado e será transformado num Shopping; vislumbra-se que esse será o mesmo fim do Cine Art Palácio (PASSOS, 2010).

Figura 53: Fachada do Cine Art Palácio em 2009
Fonte: Nascimento (2009)

4.3.2 Projeto Arquitetônico do Cine Art Palácio

O projeto do Cine Art Palácio esteticamente obedece, segundo Levi, a *"uma expressão moderna, racional na sua preocupação de tirar partido dos elementos puramente construtivos e mecânicos".* As linhas arquitetônicas são singelas, os planos lisos, as cores discretas e as proporções cuidadosamente estabelecidas, resultando num *"aspecto agradável e repousante"* (Levi, 1940, p.42).

O Cine Art Palácio foi implantado nas ruas de maior movimento e de fácil acesso, determinando a concepção do plano de setorização do conjunto de edifícios. Com essa setorização, as lojas e o prédio para escritórios, construídos numa segunda fase, foram expostos nos lados com maiores insolações e com vista para o rio Capibaribe (figura 54).

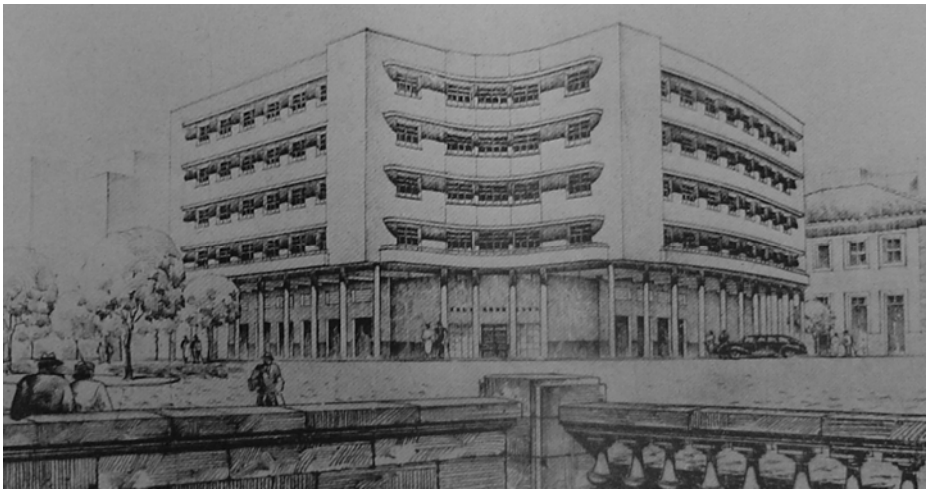


Figura 54: Perspectiva do prédio de escritórios
(em primeiro plano o gradil do rio Capibaribe)
Fonte: Levi (1940)

Destaca-se nesse cinema o sistema de ventilação, tendo o sistema insuflador independente do sistema exaustor. O insuflamento é realizado na parte posterior da sala e no forro, conforme pode ser visto na figura 55. A exaustão é realizada na parte frontal do palco.

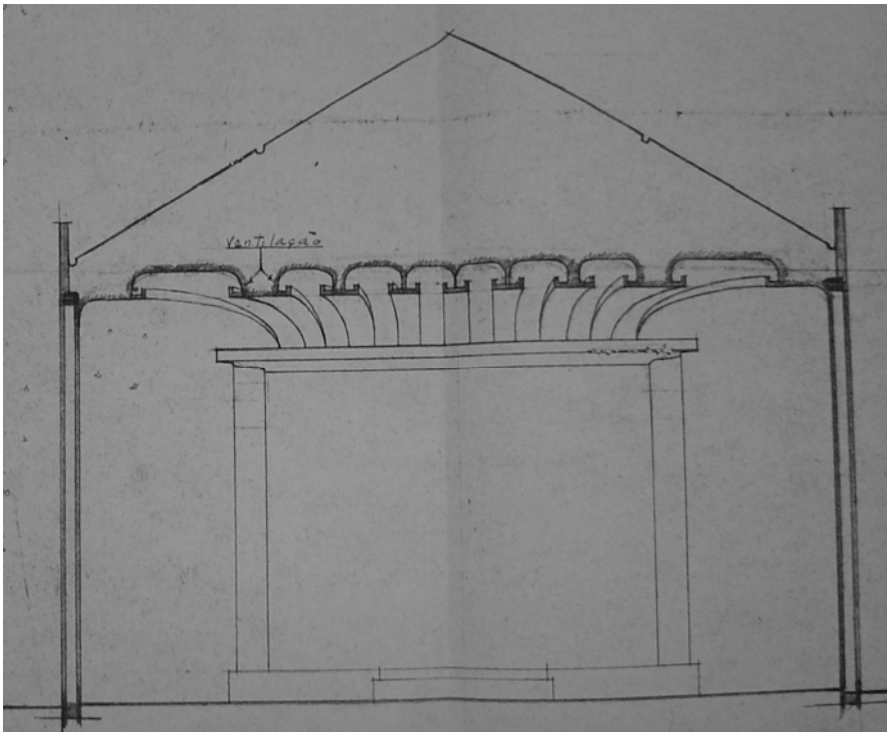


Figura 55: Sistema de ventilação do Cine Art Palácio
Fonte: Levi (1937b)

Como o Cine Universo, o Cine Art Palácio foi construído num prazo muito curto, em apenas 06 meses, e a construção ficou a cargo da Companhia Construtora Nacional S/A.

4.3.3 A acústica do Cine Art Palácio

A acústica do Cine Art Palácio apresenta as seguintes diretrizes determinadas pelo arquiteto: forma da sala visando à distribuição uniforme em todos os pontos da plateia e o controle do tempo de reverberação.

Para Levi, *"a forma da sala obedece às mais recentes investigações acústicas, tendo a mesma função de distribuir o som de maneira uniforme em todos os pontos"(* LEVI, 1940, p.44)*,* utilizando como solução paredes laterais divergentes (figura 56).

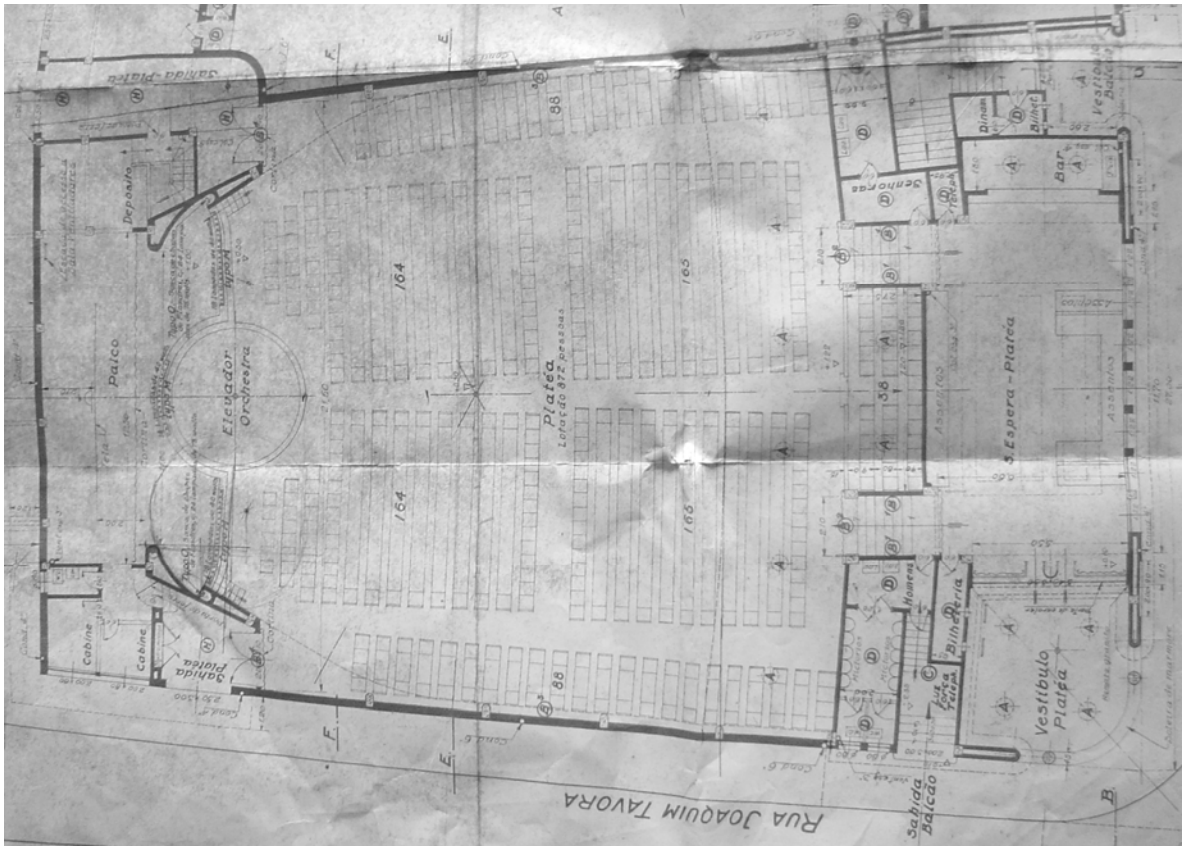


Figura 56: Paredes laterais divergentes em relação à entrada

Fonte: Levi (1937b)

No forro, refletores acústicos próximos ao palco são elaborados a fim de espalhar o som para o fundo da plateia, principalmente na parte coberta pelo balcão. Na figura 57, destaque para os refletores e para a especificação da tela e dos alto-falantes.

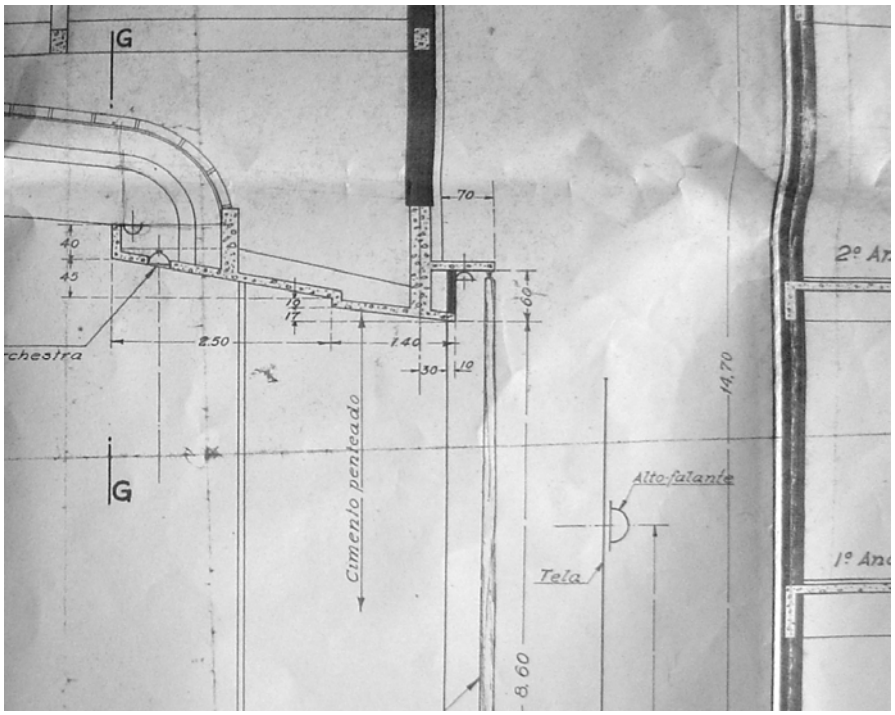


Figura 57: Forros – planos inclinados e destaque dos alto-falantes

Fonte: Levi (1937b)

Em relação ao tratamento acústico para a determinação dos tempos de reverberação recomendados, o arquiteto adota o material de absorção exclusivamente no forro. Os cálculos foram realizados com a conhecida fórmula de Sabine, obtendo os seguintes tempos de reverberação para as seguintes situações:

Tabela 07 – Tempo de reverberação calculado por Levi para o Cine Art Palácio

Fonte: LEVI, 1940

	128Hz	**512Hz**	**2.048Hz**
Sala Vazia	2,63s	2,55s	2,55s
1/3 público	1,96s	1,77s	1,77s
½ público	1,75s	1,54s	1,53s
2/3 público	1,57s	1,36s	1,35s
Sala Lotada	1,30s	1,10s	1,09s

O volume da sala de projeção e a capacidade de espectadores apresentados pelo arquiteto são contraditórios. No artigo da Revista Acrópole (LEVI,1940), apresenta um volume de 7.500 m³, enquanto nas pranchas dos desenhos arquitetônicos, o volume apresentado é de 9.340m³. Em relação à capacidade de espectadores, apresenta no artigo da revista a capacidade de 1.500 espectadores (1.000 na platéia e 500 no balcão) e nas pranchas dos desenhos arquitetônicos a capacidade é de 1.429 (872 na plateia e 557 no balcão).

4.3.4 Reconstrução acústica do Cine Art Palácio

O Cine Art Palácio encontra-se desativado. Através dos desenhos arquitetônicos, construiu-se o modelo 3D, respeitando as particularidades e os detalhes elaborados pelo arquiteto. Novamente percebe-se a preocupação de tirar partido dos elementos puramente construtivos e o desenho limpo sem ornamentos. Na figura 58, apresenta-se o modelo recriado do Cine Art Palácio.

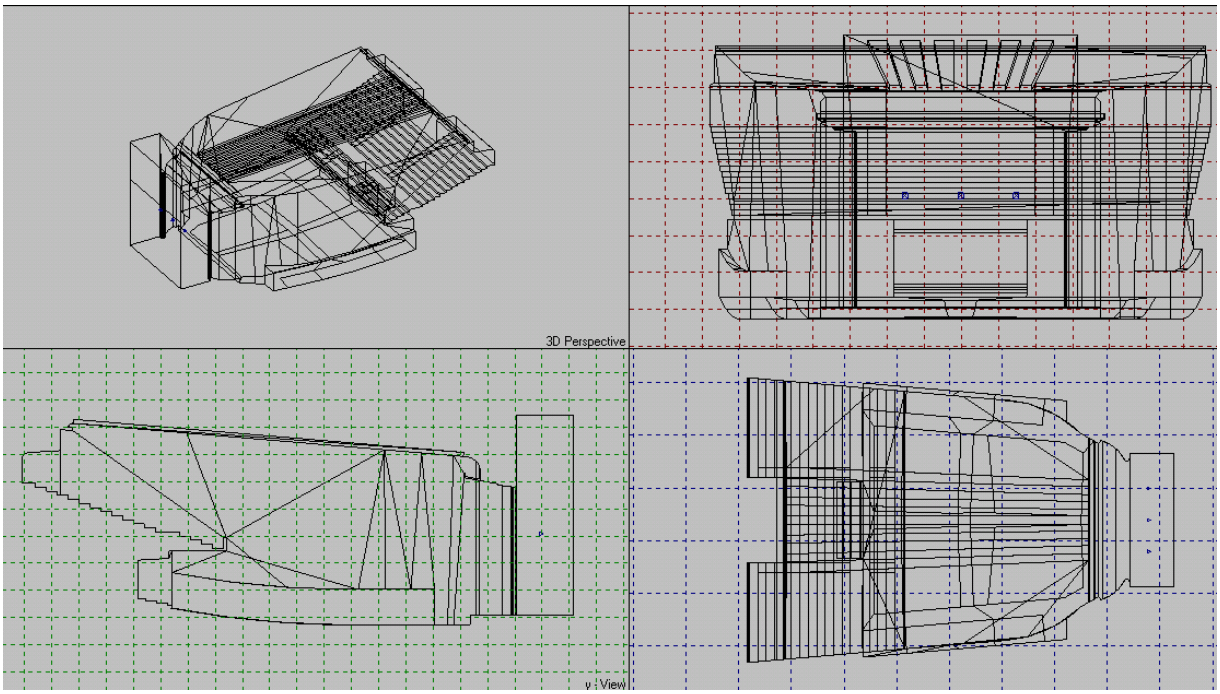


Figura 58: Modelo gerado no Programa EASE 4.2 – perspectiva, cortes e planta – Cine Art Palácio

A forma paraboloide empregada no Cine Ufa-Palácio e no Cine Universo não apresenta a mesma função. É empregada no Cine Art Palácio com a função de visibilidade (figura 59), sendo determinada *"de maneira a que linha traçada entre os olhos do espectador e o ponto mais baixo da tela, seja tangente à cabeça do espectador sentado logo adiante"* (LEVI, 1940, p.42).

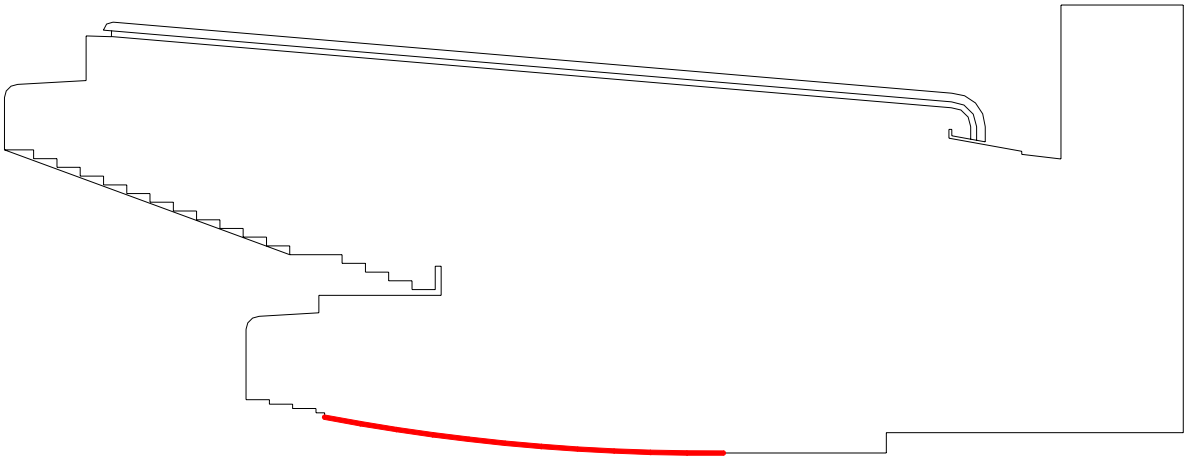


Figura 59: Corte – forma em função da visibilidade

O volume determinado após a construção do modelo foi de 9.220,35m³. Corfome explicado no tópico 4.3.3, "Acústica do Cine Art Palácio", o volume calculado poderia ser 7.500m³ ou 9.340m³, e, comparativamente, verifica-se que o volume de 9.340m³ se aproxima do estabelecido pelo modelo.

Analisando, verifica-se que no artigo da revista, os desenhos arquitetônicos utilizados para ilustrar as explicações do projeto são os mesmos utilizados para a reconstrução do modelo; assim, verifica-se que possa ter existido algum engano em relação ao valor apresentado pelo arquiteto no artigo da revista. Observando a capacidade do cinema apresentada pelo arquiteto, verifica-se que os valores são muito próximos.

4.3.5 Avaliação dos parâmetros acústicos

Em comparação com os modelos gerados para o Cine Ufa-Palácio e para o Cine Universo, o Cine Art Palácio apresentou o modelo com um volume muito próximo do empregado pelo arquiteto para a realização dos cálculos acústicos.
Outra particularidade, nesse projeto, refere-se à adoção da fórmula de Eyring para corrigir os cálculos determinados pela fórmula de Sabine.
Nesse contexto, são apresentados os tempos de reverberação do modelo com as correções realizadas pela fórmula de Eyring (tabela 08), pois o programa utilizado para a avaliação dos parâmetros acústicos determina os tempos de reverberação também para essa situação:

Tabela 08 – Tempos de reverberação do Cine Art Palácio, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 9.220,35m³

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	3,16s	2,30s	1,80s
1/3 público	2,85s	1,95s	1,56s
½ público	2,59s	1,86s	1,51s
2/3 público	2,43s	1,72s	1,41s
Sala Lotada	2,11s	1,52s	1,26s

Ao compararmos os tempos de reverberação calculados com os simulados na figura 60, percebe-se que a diferença para baixa e média frequência é significativa, entretanto para alta frequência (2.000Hz) os valores são parecidos, exceto na situação de sala lotada.

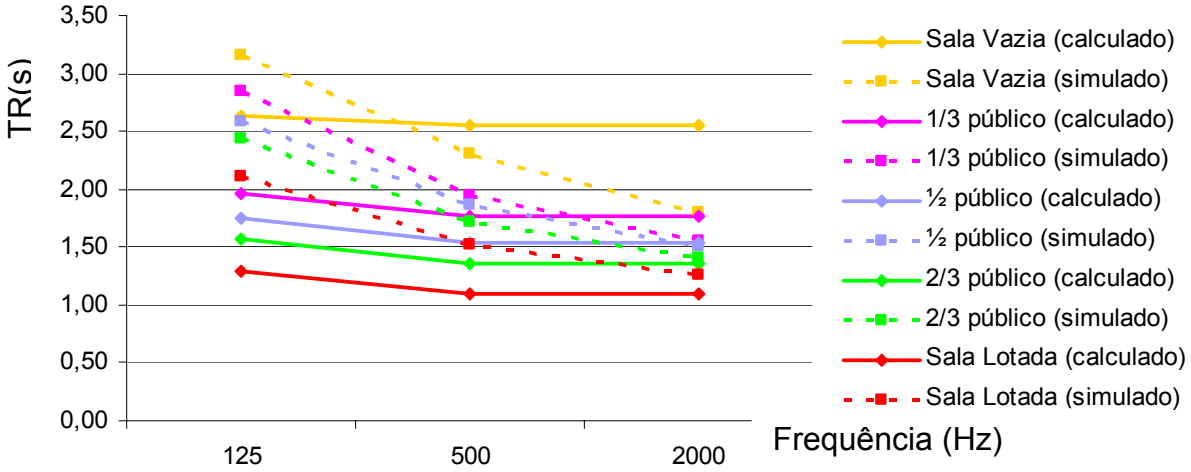


Figura 60: Gráfico dos valores do Tempos de reverberação calculados por Rino Levi e simulados no modelo, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring – Cine Art Palácio

Para avaliar se as soluções empregadas pelo arquiteto atingiram o objetivo, foram gerados os mapas acústicos de parâmetros que visam qualificar a sala em relação à acústica. Entre esses parâmetros destaca-se a inteligibilidade da palavra (RaSTI). Na figura 61, verifica-se que a inteligibilidade é considerada boa (entre 0,45 – 0,60) numa grande área da sala. Ao contrário do Cine Universo, não apresenta nenhuma área na situação de insatisfatória.

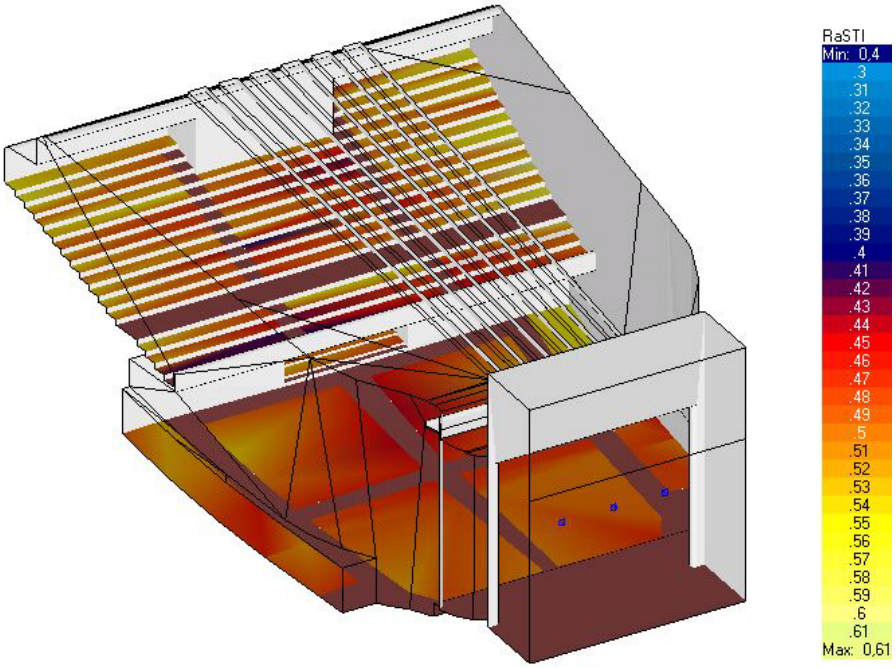


Figura 61: Inteligibilidade da palavra (Sala Lotada) – Cine Art Palácio (Recife)

Destaca-se o emprego no forro de refletores acústicos, visando ao espalhamento do som, principalmente na parte inferior do balcão. Na figura 62, verifica-se que o objetivo foi alcançado, pois a Inteligibilidade da palavra – RaSTI apresenta valores considerados satisfatórios.

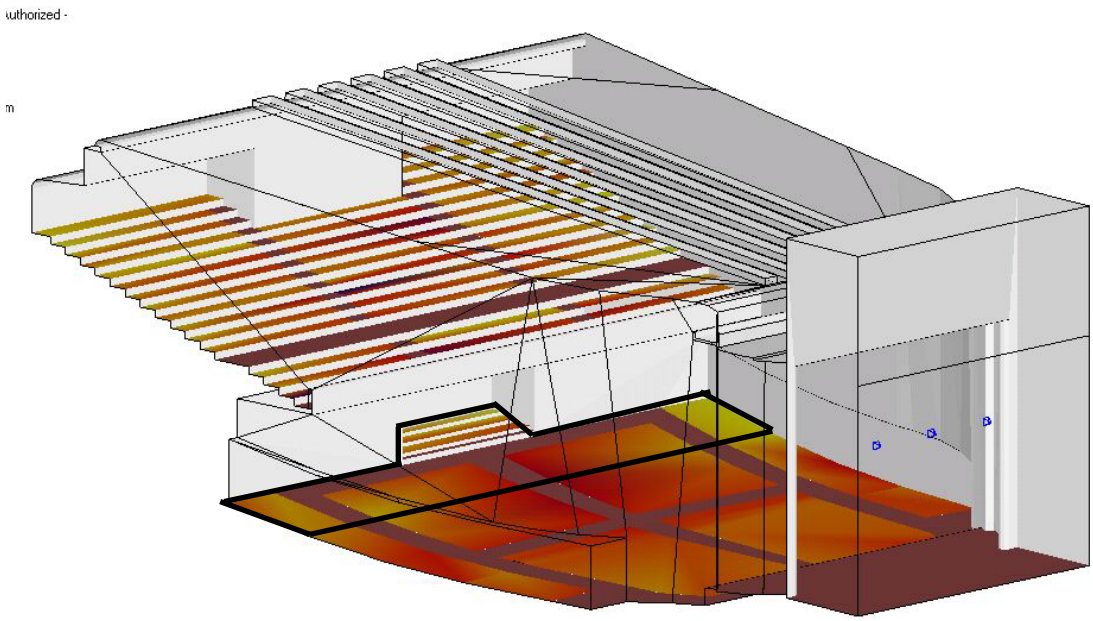


Figura 62: Inteligibilidade da palavra – (Sala Lotada) – destaque parte inferior do balcão

Na figura 63, realiza-se o traçado de raios para ilustrar que o emprego de refletores acústicos próximos ao palco projetados pelo arquiteto apresenta inclinação e tamanhos adequados para o objetivo proposto: espalhar o som na parte inferior do balcão.

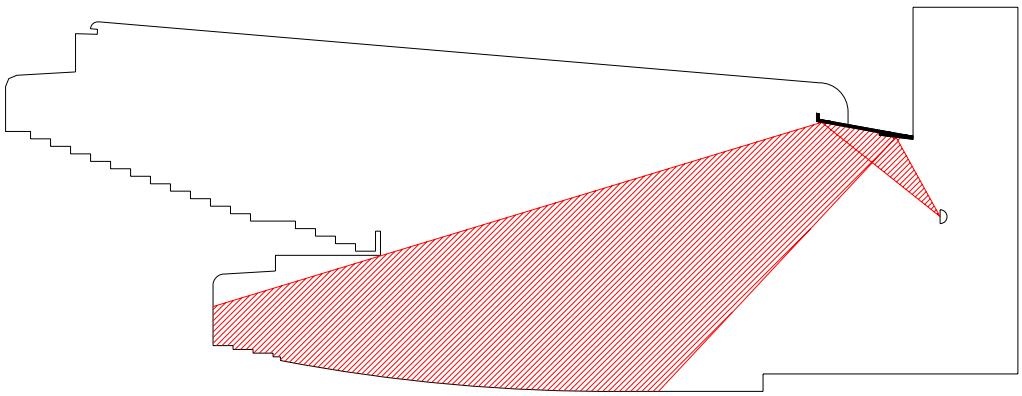


Figura 63: Traçado de raios – destaque dos refletores acústicos

Segundo Silva (2002), a reflexão do som assemelha-se muito à da luz e, se representarmos as ondas sonoras pelos seus raios sonoros, elas serão retas dirigidas segundo o rumo para o qual caminham, ou seja, o ângulo do raio incidente é igual ao ângulo formado pelo raio refletido com aquela mesma linha e estão no mesmo plano.

Sobre o emprego de refletores acústicos, Levi remete ao exemplo de Sabine, que apresenta os conceitos e a importância no livro “Collected Papers on Acoustics” (SABINE, 1922), em relação às reflexões das ondas sonoras no projeto de um teatro (figura 64):

> “The acoustically important reflections in the vertical section are the waves c1, c2 , and c3 . The waves bi and b2 from the screen in front of the boxes and from the back of the boxes are also of great importance, but the peculiarities of these waves are better shown by photographs taken vertically through a horizontal section…Were the geometrical representation by rays an adequate one the reflected wave would thus be a flat disc equal in area to the oblique projection of the panel.” (SABINE, 1922, p.183)

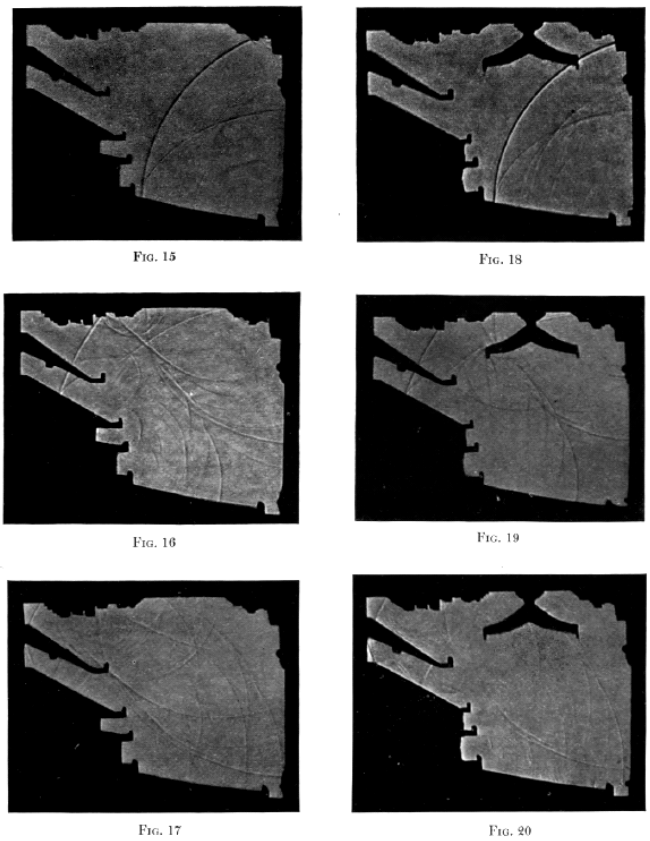


Figura 64: Corte - comparativo sem e com o emprego de refletores acústicos

Fonte: Sabine (1922)

Através dessa análise, verifica-se a reflexão do som na parte inferior do balcão através dos refletores acústicos é alcançada. Destaca-se que somente em relação aos tempos de reverberação apresentados pelo arquiteto ocorre uma diferença. Essa diferença pode ter sido causada pelo emprego incorreto do volume para a determinação dos tempos de reverberação.

Adota-se o gráfico ABC e THX, através dos seus parâmetros em relação ao tempo de reverberação, para também avaliar a sala. Na figura 65, o gráfico de referência ABC mostra o comportamento dos tempos de reverberação para a situação de sala lotada. Observa-se que os tempos de reverberação encontram-se acima do recomendado e somente a partir de 4.000Hz entre o limite recomendado e superior.

Em relação ao gráfico de referência THX, verifica-se, na figura 66, que os tempos de reverberação estão acima dos limites estabelecidos pela certificação THX nas baixas, médias e altas frequências; somente a partir da frequência de 4.000Hz encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos.

Os gráficos, ABC e THX, apresentaram os mesmos resultados durante a avaliação realizada.

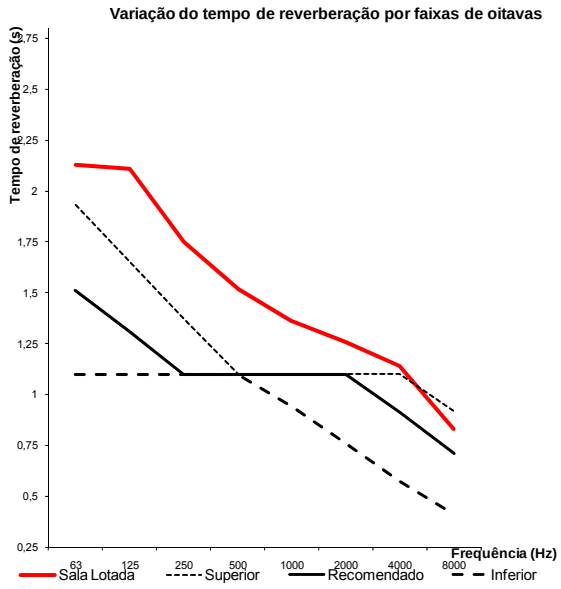


Figura 65: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

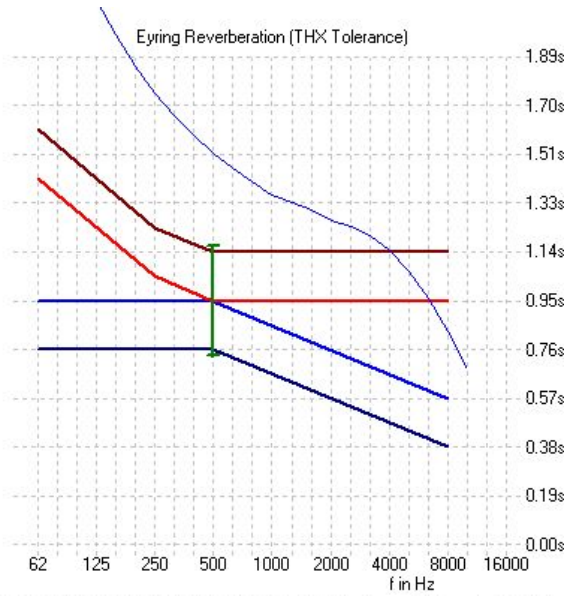


Figura 66: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

4.4 Cine Ipiranga

4.4.1 História do Cine Ipiranga

O Cine Ipiranga teve seu projeto concebido no ano de 1941 e, como o Cine Art Palácio de Recife, faz parte de um conjunto de edifícios, cinema e hotel, conforme pode ser visto na figura 67.

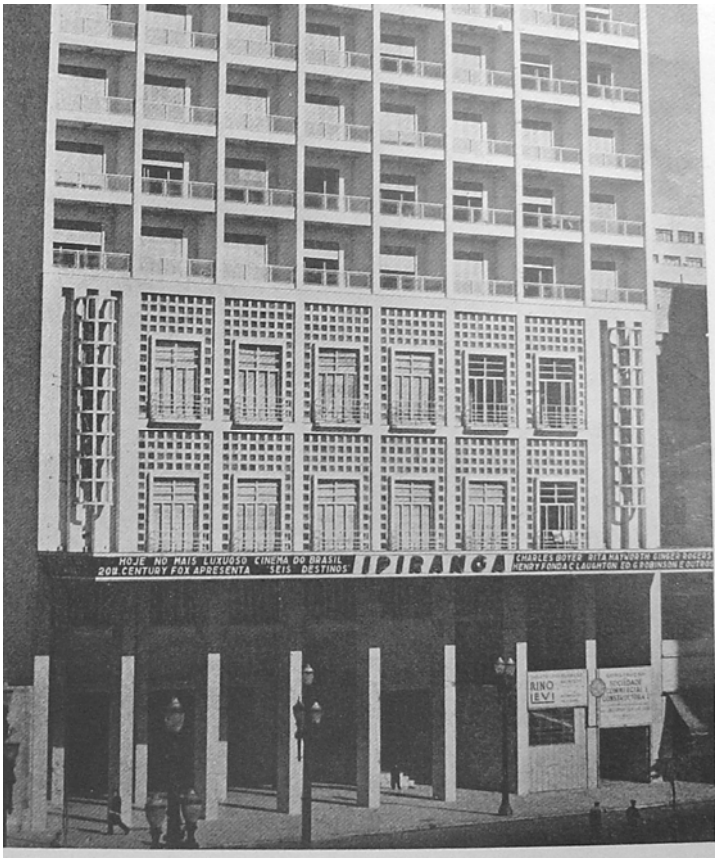


Figura 67: Fachada principal do Cine Ipiranga e do Hotel Excelsior
Fonte: Levi (1943)

Inaugurado em 1943, foi considerado o mais luxuoso da América Latina (NOVAES, 2005). Localizado na avenida de mesmo nome, na cidade de São Paulo, viveu os grandes momentos dos cinemas de rua na região central. Em 2005, fecha as suas portas, após 62 anos de funcionamento; atualmente se encontra fechado e sem previsão de reabertura (figura 68).

Figura 68: Fachada do Cine Ipiranga e do Hotel Excelsior – 2010

Essa região era conhecida como “Cinelândia paulistana” – área perto da Avenida São João, entre o Largo do Paiçandu e a Avenida Duque de Caxias, que entre as décadas de 1940 e 1960 reuniu mais de 20 salas de cinema. Desses cinemas, o único que resiste é o Cine Marabá (figura 69), que passou por readequações em 2009 e funciona normalmente. (SIMÕES, 1960).

Figura 69: Fachada do Cine Marabá – 2010

O Cine Ipiranga, segundo Lefrève (MACHADO E BRANDALISE, 2009), representa bem a obra do arquiteto Rino Levi, além de ser um cinema bem resolvido e inovador. Devido à sua importância e por ser considerado um exemplar da arquitetura moderna da Cinelândia Paulistana, o Cine Ipiranga foi o único cinema projetado pelo arquiteto tombado pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental de São Paulo (Conpresp). O tombamento acontece em duas etapas: da parte externa do cinema em 2005 e, agora, em novembro de 2010, do espaço interno do tradicional Cine Ipiranga.

Hoje são sete obras do arquiteto tombadas pelo órgão estadual do patrimônio histórico. A lista inclui o conjunto do Cine Ipiranga e Hotel Excelsior, o Banco Sul Americano (hoje Banco Itaú), a garagem América, a residência Castor Delgado Peres, todos no centro de São Paulo. Fora da capital, entraram na lista o Centro Cívico de Santo André e a residência Olívio Gomes, na cidade de São José dos Campos.

4.4.2 Projeto Arquitetônico do Cine Ipiranga

O projeto do Cine Ipiranga apresenta muitas novidades e alguns aspectos considerados inovadores, fatores que consolidaram Rino Levi como o grande arquiteto de salas de cinemas daquele tempo (Oliveira, 2006).

No projeto, os conceitos de ergonomia, de visibilidade e, principalmente, de acústica são explorados durante a concepção da sala, fruto do amadurecimento conceitual adquirido durante a elaboração dos outros cinemas. A sala tem capacidade para cerca de 2.000 espectadores – 1.100 na plateia, 400 no primeiro balcão e 500 no segundo balcão.

A questão estrutural, a disposição da tela, os acessos e as formas são alguns aspectos que diferenciam a sala do Cine Ipiranga. Em relação à questão estrutural, o emprego de enormes vigas de transição, faz com que os pilares do hotel não atravessem a sala, tornando-se um marco de engenharia da época (OLIVEIRA, 2006).

A disposição da tela e o acesso do público são os aspectos mais inovadores, pois, ao contrário dos outros cinemas e casas de espetáculo, a tela está colocada na

direção da rua e as pessoas acessam a sala passando por baixo da plateia (figura 70). Essas mudanças foram necessárias por questões estruturais, pois, sendo o proscênio a menor dimensão da sala, reduz o vão a ser vencido.

As formas paraboloides novamente são empregadas em vários detalhes – balcões, forro e piso. O forro se adapta em função dos limites da estrutura do edifício, conforme pode ser visto na figura 70. Essa forma sinuosa é resultado de razões de acústica e de visibilidade, tornando-se a própria representação dessas funções, característica marcante nos cinemas projetados pelo arquiteto.

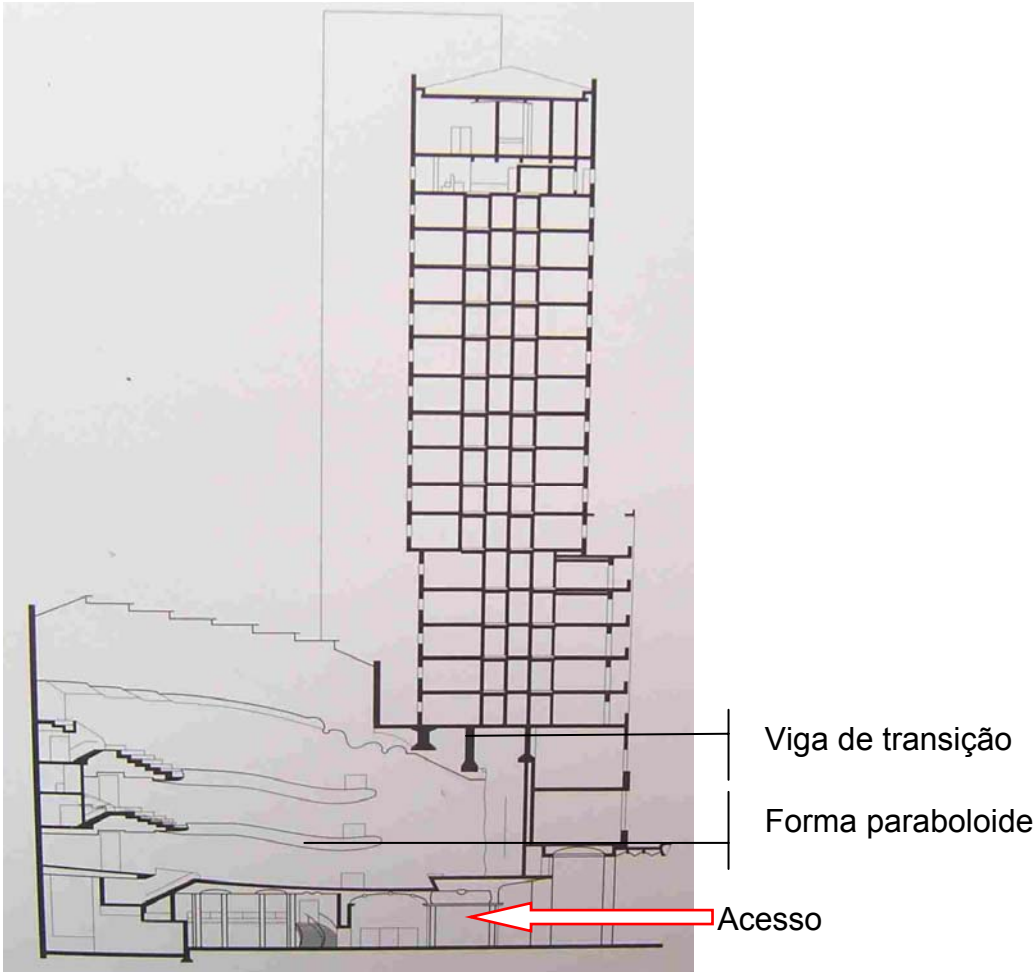


Figura 70: Corte – condicionantes projetuais

Fonte: ANELLI (2001)

O acesso à sala de cinema é realizado através do foyer principal (figura 71), que proporciona ao espectador surpresas durante o trajeto e o prepara para a exibição. Esse efeito é obtido pela diminuição do pé-direito, redução da luminosidade do ambiente e pelas escadas de acesso.

Figura 71: Foyer principal – hall de distribuição
Fonte: Anelli (2001)

4.4.3 A acústica do Cine Ipiranga

O Cine Ipiranga figura como o auge da criação de elementos de composição com determinada intenção de projeto, em especial, de acústica. Os elementos e volumes de composição se tornam formas geométricas abstratas e interpretam princípios funcionais. Essa consolidação é resultado do aprimoramento dos estudos e aplicações realizados nos outros cinemas.

O método utilizado nos projetos anteriores repete-se no Cine Ipiranga, mas agora, após o "sucesso" obtido, as formas são exploradas livremente. No projeto do Cine Ufa-Palácio, a forma paraboloide era considerada por Levi *"uma forma architectonica por demais avançada para o nosso público, ainda não habituado a uma esthetica que lhe poderia parecer extravagante"* (LEVI, 1936a). A forma em parábola considerada por Levi a mais apropriada para a difusão do som é aplicada nas paredes laterais, nos balcões e no piso do Cine Ipiranga, conforme pode ser visto nas figuras 72 e 73.

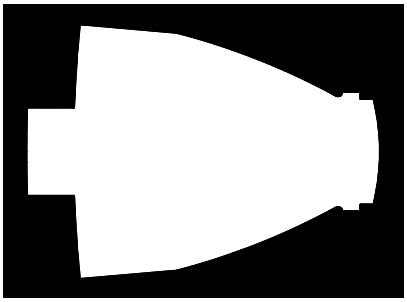


Figura 72: Planta –paredes laterais

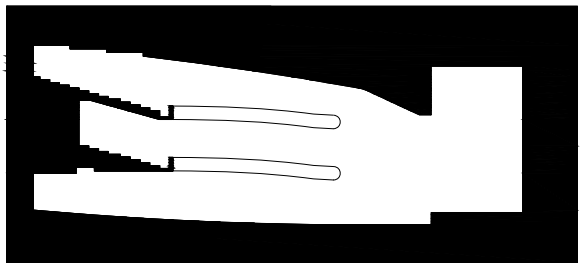


Figura 73: Corte – forro, balcões e piso

O sentido de unidade espacial no Cine Ipiranga é marcado pela forma paraboloide e a continuidade do emprego dessa forma permite a identificação de uma linha sequencial de soluções de problemas técnico-funcionais similares.

Não foram encontrados dados referentes ao volume e aos tempos de reverberação do Cine Ipiranga, pois os registros da época não estão disponíveis para pesquisa. Em virtude das considerações sobre a acústica serem as mesmas nos cinemas projetados por Rino Levi, realizam-se análises análogas, como as que foram realizadas nos outros cinemas.

O volume relaciona-se diretamente com o tempo de reverberação; assim, verifica-se que o volume do Cine Ipiranga é determinado pelo pé-direito da sala, pois a planta é proporcional ao número de espectadores, à circulação e visibilidade. Os pés-direitos altos são condenados por Levi, determinando tempos de reverberação mais elevados.

No corte (figura 74), verifica-se que, através do traçado de raios, o desenho do forro reforça as ondas sonoras no fundo da sala. A distribuição uniforme da intensidade sonora em toda a sala, condicionante determinante nos projetos de Levi, novamente é empregada nessa sala.

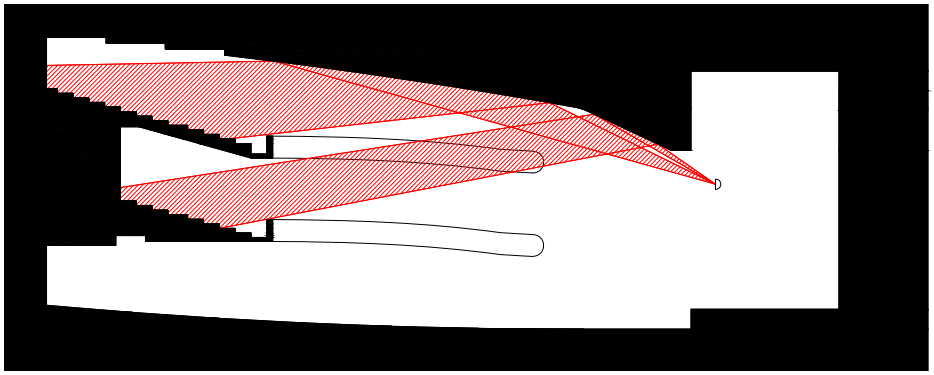


Figura 74: Corte – traçado de raios

4.4.4 Reconstrução acústica do Cine Ipiranga

O Cine Ipiranga, fechado em 2005, continua nas mesmas condições até o presente momento. Esperando por um fim que resgate toda a exuberância desse cinema, realiza-se a reconstrução acústica desse cinema, a fim de avaliar a qualidade acústica da sala de exibição.

Através dos desenhos arquitetônicos e das fotos, construiu-se o modelo 3D (figura 75). O princípio aplicado nos outros cinemas repete-se no Cine Ipiranga: a sala de exibição em primeiro plano e as atividades correlatas, como circulação e acessos de maneira subordinada. Mesmo com as mudanças necessárias em função das dimensões do terreno e da capacidade exigida pelo cliente, o arquiteto inverte a posição da sala e, através de mudanças estruturais e de acesso, consegue obter a mesma linguagem para a sala de exibição: elementos de composição especificados com determinada intenção de projeto; em destaque, a forma paraboloide.

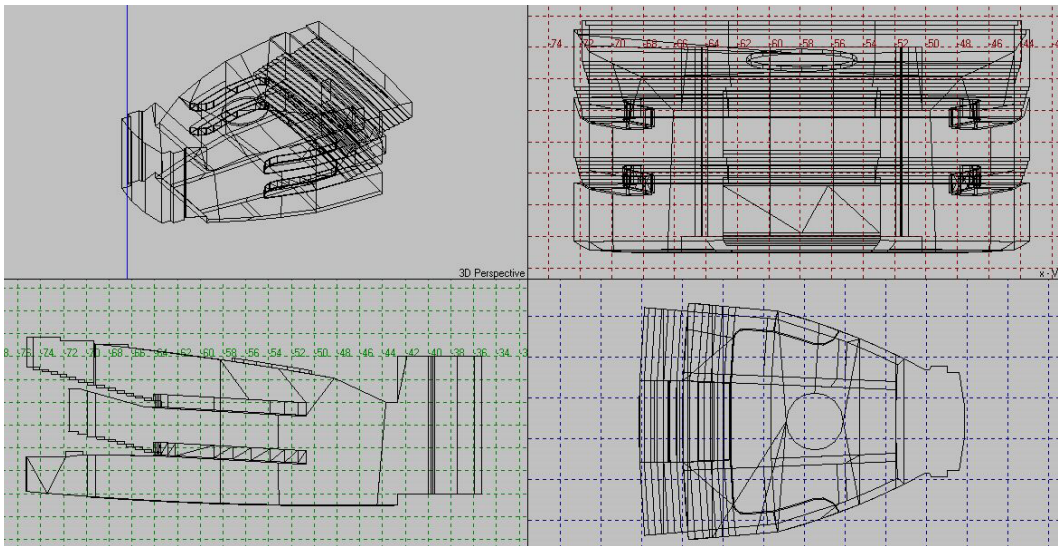


Figura 75: Modelo gerado no Programa EASE 4.2 – perspectiva, cortes e planta – Cine Ipiranga

O volume determinado após a construção do modelo foi de 9.622,59m³. Destaca-se que, devido ao número de espectadores desejados e ao tamanho do terreno, a sala apresenta dois balcões. A forma paraboloide é explorada novamente em vários detalhes do projeto, conforme pode ser visto na figura 76, tornando-se a

representação da acústica e da visibilidade funções primordiais para o projeto de um cinema.

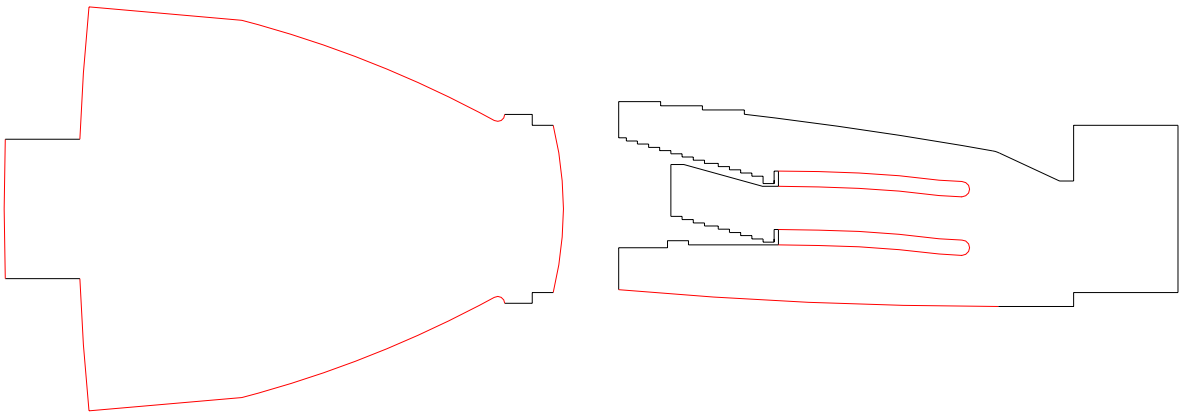


Figura 76: Planta e corte – decorrentes de razões de acústica e de visibilidade

4.4.5 Avaliação dos parâmetros acústicos

Como citado, não existem dados referentes a alguns valores para o Cine Ipiranga, como o volume e os tempos de reverberação. Assim, após a construção do modelo, esses valores são apresentados. O volume apresenta 9.622,59m³ e os tempos de reverberação corrigidos por Eyring obtidos foram (tabela 09):

Tabela 09 – Tempos de reverberação do Cine Ipiranga, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 9.622,59m³

	125Hz	**500Hz**	**2.000Hz**
Sala Vazia	2,86s	1,91s	1,52s
1/3 público	2,49s	1,56s	1,27s
½ público	2,20s	1,47s	1,22s
2/3 público	2,03s	1,34s	1,12s
Sala Lotada	1,71s	1,15s	0,98s

Ao relacionar esses valores com os determinados nos outros cinemas, percebe-se uma relação entre o volume do Cine Ipiranga com o Cine Art Palácio de Recife. O volume no Cine Ipiranga é de 9.622.59m^3 e no Cine Universo de 9.222,35m^3, entretanto o Cine Ipiranga apresenta capacidade para 1.936 espectadores e o Cine Art Palácio para 1.429, fator determinante para a obtenção de tempos de reverberação menores no Cine Ipiranga.

O Cine Ipiranga, como o Cine Universo, é constituído por dois balcões. No Cine Universo, verifica-se que, na parte inferior do 1º balcão (platéia) e no 1º balcão a profundidade é maior que a recomendada; no Cine Ipiranga essa relação não apresenta valores acima do recomendado na parte inferior do 1º balcão e no 1º balcão. Na figura 77, verifica-se que na parte inferior do 1º balcão os valores em relação à inteligibilidade são os menores de toda a sala, enquanto no 1º balcão os valores apresentam o mesmo comportamento que o restante da sala.

Em relação à inteligibilidade da palavra – RaSTI, os valores concentram-se entre 0,40 – 0,60, classificando a sala com boa inteligibilidade. Destaca-se homogeneidade nos valores encontrados no 1º e 2º balcão.

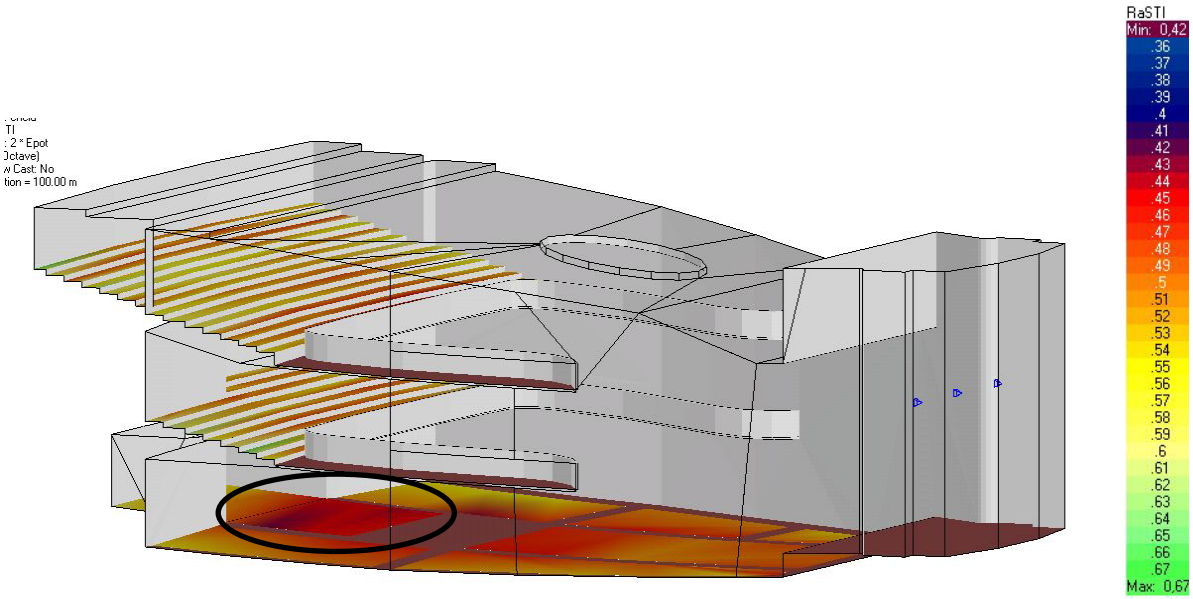


Figura 77: Inteligibilidade da fala – em destaque a parte inferior do 1º balcão

Analisando os tempos de reverberação, verifica-se que, na situação de sala lotada, os valores encontrados estariam próximos dos parâmetros recomendados para a certificação dos cinemas da era digital, que utilizam da certificação ABC e THX.

Em relação aos parâmetros ABC (figura 78), observa-se que os tempos de reverberação encontram-se próximos do limite superior até a frequência de 500Hz e entre o limite inferior e recomendado, a partir da frequência de 500Hz.

Em relação aos parâmetros THX, nas baixas e médias frequências, os valores encontram-se acima dos recomendados e, a partir de 500Hz, dentro do recomendado (figura 79). Novamente verifica-se a relação entre os resultados da recomendação técnica ABC e da certificação THX.

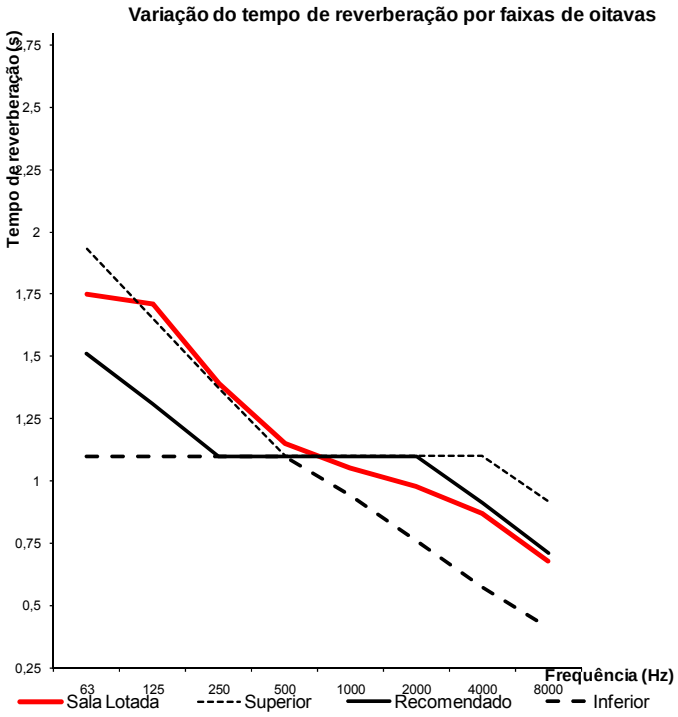


Figura 78: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

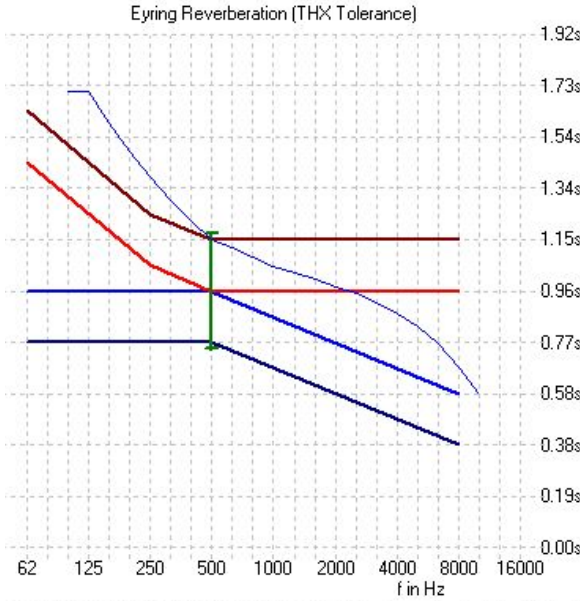


Figura 79: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

Em relação à inteligibilidade (RaSTI), como pode ser visto na figura 77, esta pode ser considerada boa, pois os valores encontram-se entre 0,45 e 0,60. Verifica-se que novamente alguns fatores devem ter contribuído para esse comportamento, como o emprego da forma paraboloide, do volume e tempo de reverberação adequados.

4.5 Cine Piratininga

4.5.1 História do Cine Piratininga

O Cine Piratininga, entre todos os cinemas já apresentados, é o que apresenta o menor número de publicações em revistas. Desse modo, o material coletado foi obtido nos arquivos da biblioteca da FAU – USP, da Politécnica – USP e em trabalhos científicos e de pesquisas, como dissertações e teses.

O projeto do Cine Piratininga foi elaborado em 1941 e a construção demorou três anos, com inauguração do cinema no início de 1944 (OLIVEIRA, 2006).

Como o Cine Universo, o Cine Piratininga localizava-se na época num dos bairros mais populares de São Paulo, o Brás. O cinema localizava-se na Avenida Rangel Pestana, 1554, e fazia parte de um conjunto que inclui, além do cinema, um edifício de apartamentos e lojas no térreo, conforme pode ser visto na figura 80.

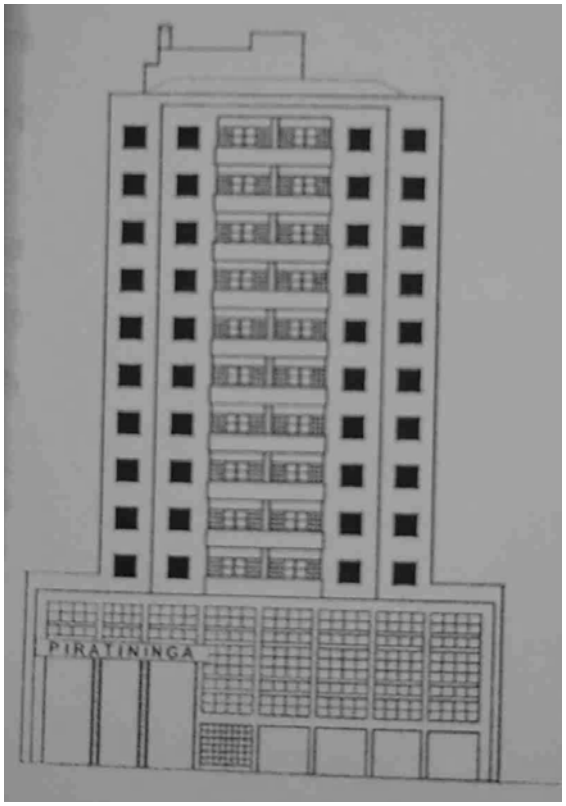


Figura 80: Fachada do Cine Piratininga

Fonte: Oliveira (2006)

O Brás transforma-se como local de transição entre o centro e os bairros, adquirindo grande movimento e, consequentemente, torna-se o segundo maior circuito exibidor de filmes (SIMÕES, 1990). Uma das características dos cinemas localizados no Brás refere-se à capacidade dos cinemas. Ilustra-se que os dois maiores cinemas projetados por Levi localizam-se no Brás. O Cine Universo tem capacidade para 4.324 espectadores e o Cine Piratininga para 4.343.

Atualmente, o Cine Piratininga foi demolido, transformando-se num estacionamento. A configuração do cinema ainda é visível em alguns pontos, entretanto não é possível mostrar essas imagens, pois o proprietário não autorizou o registro. Na figura 81, a fachada ilustra a situação atual em que se encontra e o que restou do cinema.

Figura 81: Fachada atual do Cine Piratininga - 2010

4.5.2 Projeto Arquitetônico do Cine Piratininga

Por ser uma sala popular e de grandes dimensões, o projeto deveria representar o máximo de racionalização e de economia na construção. Levi era o arquiteto ideal

para esse desafio, ao transformar essas determinantes num projeto funcional e com baixo custo de construção (Oliveira, 2006).

O terreno, ao contrário do Cine Ipiranga, apresenta grandes dimensões e, como nos outros cinemas, foi possível implantá-lo nos fundos do terreno. Com essa solução, a estrutura do edifício de apartamentos coincide com as lojas comerciais e a entrada do cinema, não interferindo na sala de cinema (figura 82). Outro fator positivo consiste no resultado harmonioso do conjunto, já que o grande volume da sala de projeção era amenizado pelas lojas e pelo edifício residencial (figura 83).

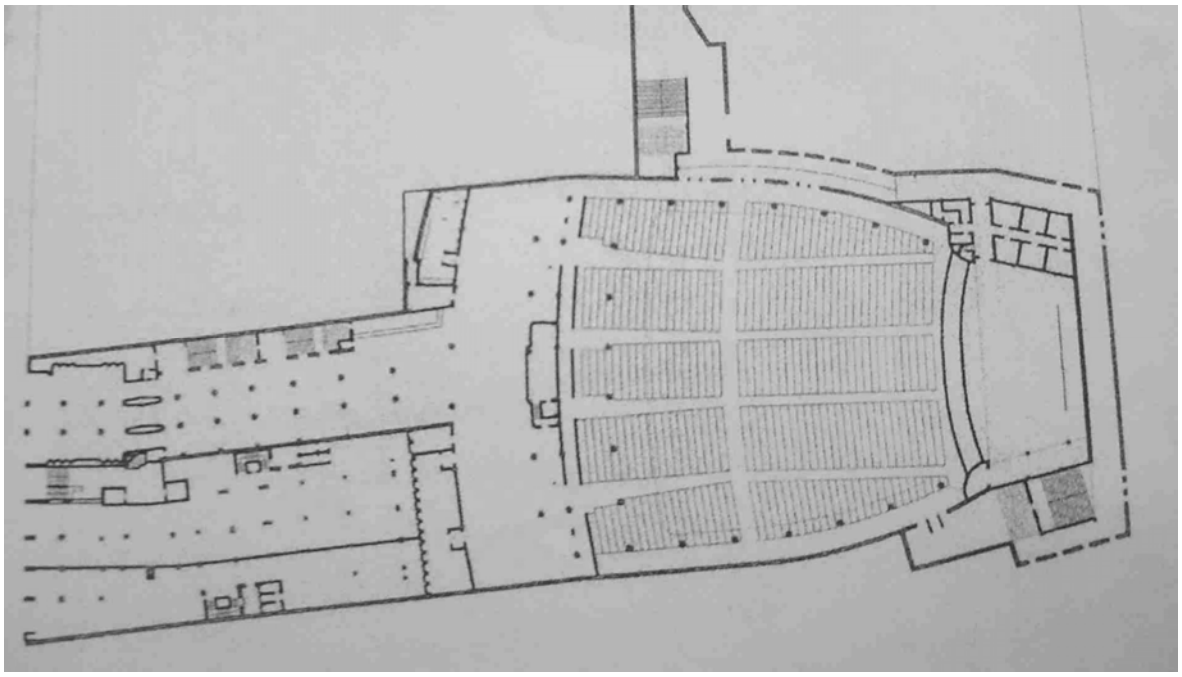


Figura 82: Planta do Cine Piratininga

Fonte: Oliveira (2006)

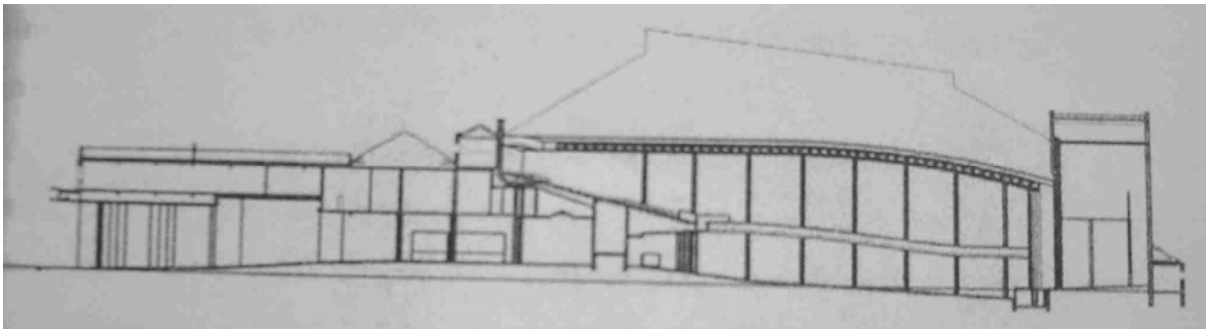


Figura 83: Corte do Cine Piratininga

Fonte: Oliveira (2006)

O hall de entrada novamente é explorado como lugar de transição entre o mundo real e o mundo fantástico da sala de cinema. Como no Cine Ipiranga, a dramaticidade durante o percurso que dá acesso à sala de projeções é marcado pela escala dos ambientes, pé-direito elevado e efeitos da iluminação indireta.

Segundo Oliveira (2006), essas características presentes nos projetos dos cinemas remetem ao expressionismo alemão, que tem como principais características: contraste entre os volumes, aberturas, planos e linhas e efeitos de iluminação e sombreamento das superfícies.

No projeto do Cine Piratininga, a sala foi concebida para funcionar como cinema e teatro, contemplando um palco de grandes dimensões e ambientes de apoio.

O arquiteto Rino Levi, além de autor do projeto, era o responsável pela sua construção. Não existem registros de motivos, mas em 1942 outra empresa, a Construtora Lindenberg, Alves & Assunção, assumiu a construção e finalizou o cinema somente em 1944 (GOMES, 2004).

Os pilares no auditório são dispostos nas laterais e nos fundos da sala, sustentando o balcão. O piso no auditório é revestido com madeira e as paredes com reboco e cimento batido.

A visibilidade, como nos projetos anteriores de Rino Levi, é definida através do raio visual que liga os olhos do espectador até o ponto mais baixo da tela, tangenciando a cabeça do primeiro espectador, determinando a inclinação do piso da plateia (figura 84).

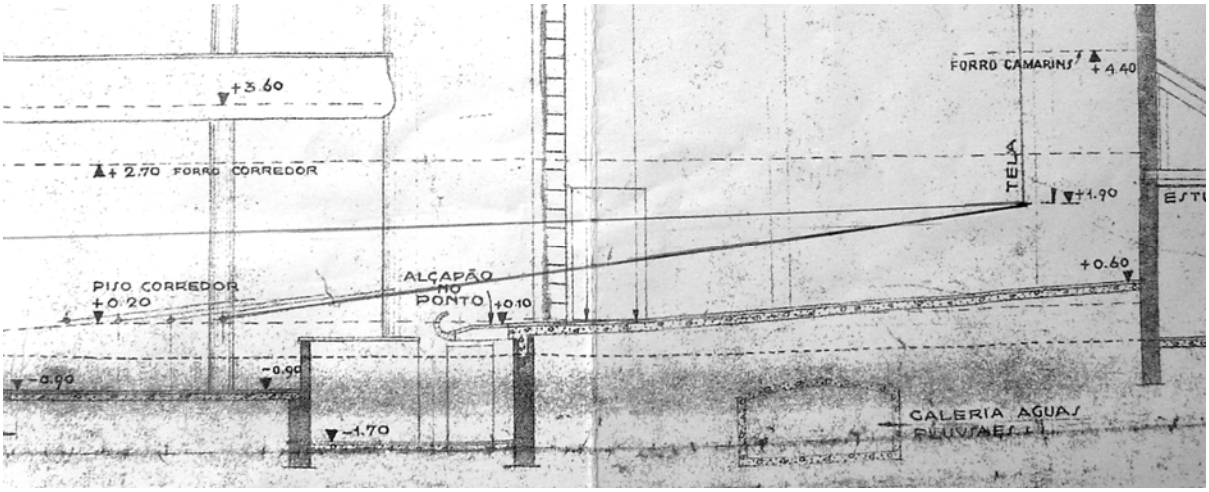


Figura 84: Cálculo de visibilidade - Cine Piratininga

Fonte: Levi (1941)

4.5.3 A acústica do Cine Piratininga

A acústica é novamente a condicionante que determina o projeto da sala de projeção. O emprego da parábola, empregada também nos outros projetos de cinema, é utilizada para determinar a forma da planta, do piso e do forro.

A planta, levemente curva, apresenta a forma de um leque. Essa forma era considerada por Levi como a ideal para cinemas, pelo fato de as paredes divergentes evitarem que a reflexão das ondas sonoras repercuta diversas vezes uma na outra, ou seja, a forma em leque permite uma reflexão e distribuição mais adequada do som por todo o ambiente.

As salas em formato de leque surgem por volta da década de 1920, para atender às demandas de uma nova manifestação artística que se impunha: o cinema. Essa forma permite maximizar o tamanho da plateia, acomodando grande número de espectadores. (PASSIERI, 2008).

A forma de leque apresenta vantagens e desvantagens. Uma das desvantagens refere-se à largura extrema da parte traseira da sala, que tende a deixar uma grande área da parte central posterior da plateia com poucas reflexões laterais. Outra desvantagem é o fato de que as paredes laterais direcionam boa parte de suas reflexões para a parede dos fundos da plateia, o que reduz o seu potencial para reflexões múltiplas, limitando o grau de impressão espacial. Entretanto, deve-se destacar que essas desvantagens são principalmente para ambientes que apresentam atividades com música, como sala de concertos e óperas.

As vantagens da forma de leque não se restringem somente na maximização do ambiente; permitem o não-paralelismo entre superfícies opostas, evitando a formação de ondas estacionárias, ecos, ecos palpitantes e ressonâncias em alguns pontos da sala.

Em relação ao tratamento acústico da sala, verifica-se o emprego novamente de materiais de absorção somente no forro, solução que foi utilizada a partir do Cine Universo. Nos desenhos do projeto executivo (figura 85), verifica-se essa especificação.

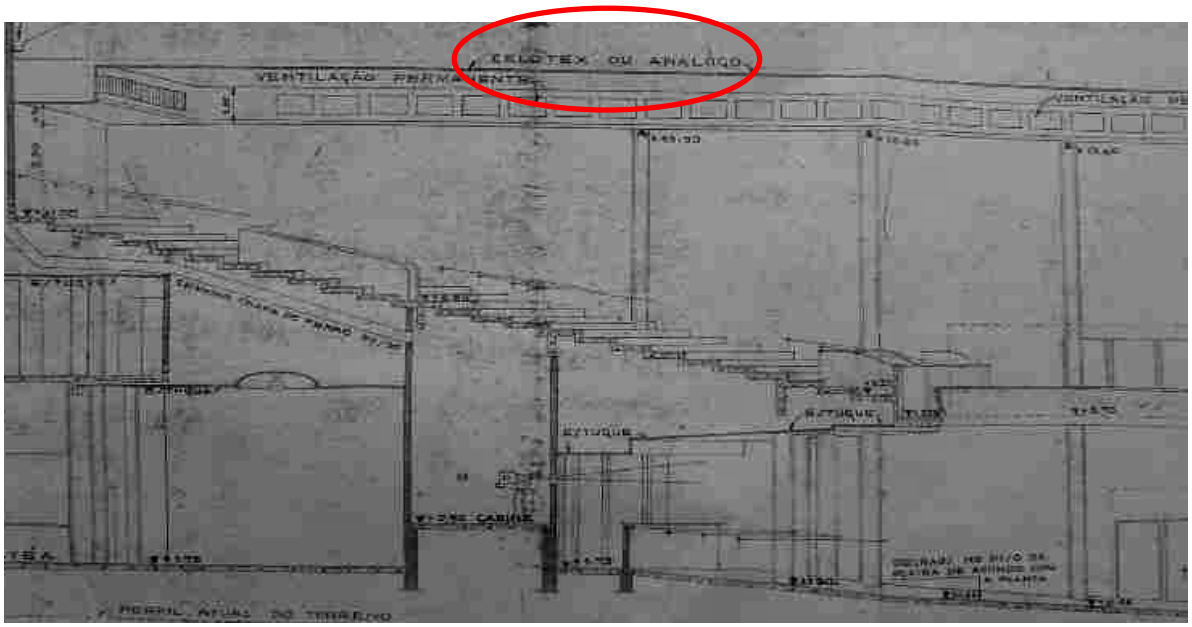


Figura 85: Corte - detalhe do emprego do material absorvente no forro

Fonte: Levi (1941)

Verifica-se que, a partir da geometria da sala e dos acabamentos das superfícies, Levi quer explorar as vantagens que a forma de leque proporciona e a correta distribuição de superfícies refletoras e absorventes do ambiente, a fim de obter uma intensidade adequada e uma boa difusão sonora no ambiente. Segundo NEWMAM (1962), a intensidade adequada e a boa difusão são determinadas quase que completamente pela forma e os acabamentos das superfícies dos ambientes.

4.5.4 Reconstrução acústica do Piratininga

O Cine Piratininga teve seu declínio e encerramento das atividades na década de 1970, sendo transformado num estacionamento, que persiste até hoje. Com a reconstrução acústica desse cinema pretende-se resgatar um dos maiores cinemas da cidade de São Paulo e avaliar a qualidade acústica da sala de exibição.

O modelo foi realizado através dos desenhos arquitetônicos do projeto executivo que se encontram no acervo da Biblioteca da FAU - USP. Na figura 86, verifica-se a configuração espacial e a geometria da sala.

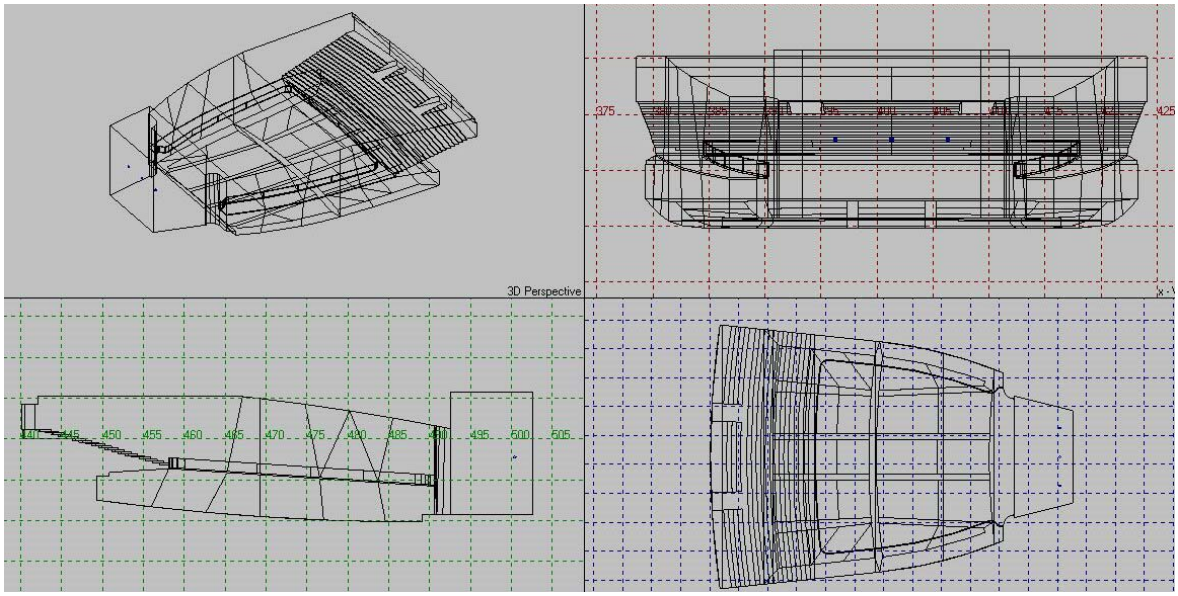


Figura 86: Modelo gerado no Programa EASE 4.2 – Perspectiva, cortes e planta – Cine Piratininga

O volume determinado após a construção do modelo foi de 25.810,51m³ para uma capacidade de 4.343 espectadores, ou seja, um volume de 5,94m³ por espectador. Destaca-se o comprimento da sala, com 52,00m, um dos maiores entre todos os cinemas projetados pelo arquiteto.

A geometria da sala apresenta grandes semelhanças com a sala do Cine Ipiranga. Na figura 87, verifica-se essa semelhança e novamente em destaque o emprego da forma paraboloide na planta, no piso e no forro.

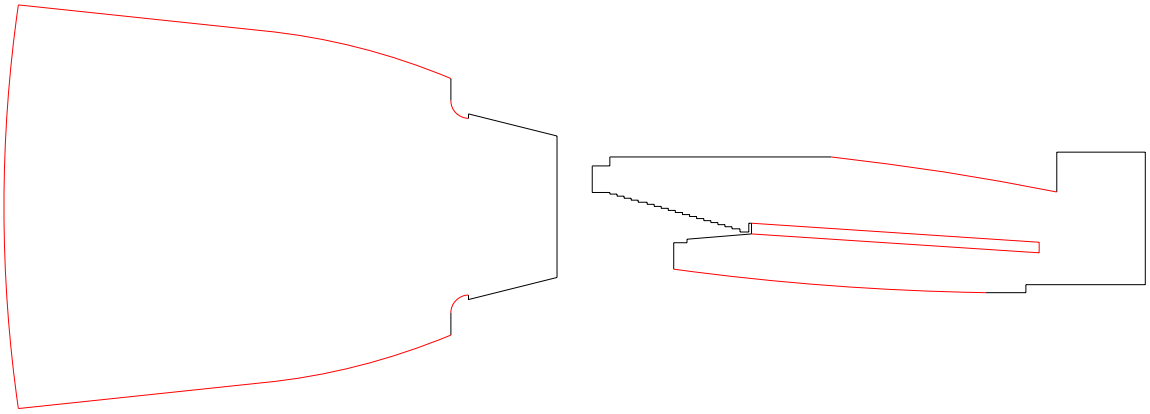


Figura 87: Planta e corte – decorrentes de razões de acústica e de visibilidade

4.5.5 Avaliação dos parâmetros acústicos

Os parâmetros acústicos foram determinados pelo programa EASE 4.2, com o intuito de avaliar a qualidade acústica da sala do Cine Piratininga. O Cine Piratininga apresenta um volume próximo do Cine Universo e do Ufa-Palácio, e capacidade próxima do Cine Universo, conforme pode ser visto na tabela 10.

Tabela 10 – Volume e capacidade do Cine Ufa-Palácio, Universo e Piratininga

	Volume (m³)	**Capacidade**
Cine Ufa-Palácio	24.715,94	3.139
Cine Universo	23.948,66	4.324
Cine Piratininga	25.810.51	4.343

O Cine Piratininga apresenta-se como uma síntese das soluções empregadas nos outros cinemas projetados pelo arquiteto. Mesmo com uma grande capacidade, a sala é definida pela plateia e um balcão, solução empregada no Cine Ufa-Palácio e Art-Palácio. Essa solução determina um dos maiores comprimentos entre todas as salas.

A determinação dos tempos de reverberação para a sala do Cine Piratininga parece ser o resultado do volume adequado e da aplicação de materiais absorventes no forro e acabamentos convencionais, como reboco e madeira no restante da sala. Como relatado, não existe nenhum material que apresenta os tempos de reverberação calculados por Levi para o Cine Piratininga; assim, os tempos de reverberação corrigidos por Eyring foram determinados através da simulação, como pode ser visto na tabela 11:

Tabela 11 – Tempos de reverberação do Cine Piratininga, calculados com a fórmula de Eyring pelo programa de simulação Ease, na condição lotado, com volume de 25.810.51m³

	125Hz	**500Hz**	**2.048Hz**
Sala Vazia	3,80s	2,90s	2,20s
1/3 público	3,42s	2,44s	1,90s

½ público	3,11s	2,32s	1,84s
2/3 público	2,92s	2,13s	1,72s
Sala Lotada	2,55s	1,92s	1,59s

Ao analisar a inteligibilidade da fala – RaSTI, verifica-se a mesma situação identificada no Cine Ipiranga. No centro da parte inferior do balcão, encontra-se a pior situação da inteligibilidade, fato que pode estar relacionado com a geometria da sala, a forma de leque (figura 88). Essa área da plateia, em função de reflexões sonoras tardias, deve ter sido afetada por eco. No restante da sala verifica-se que a inteligibilidade pode ser considerada boa, pois os valores concentram-se entre 0,40 e 0,60.

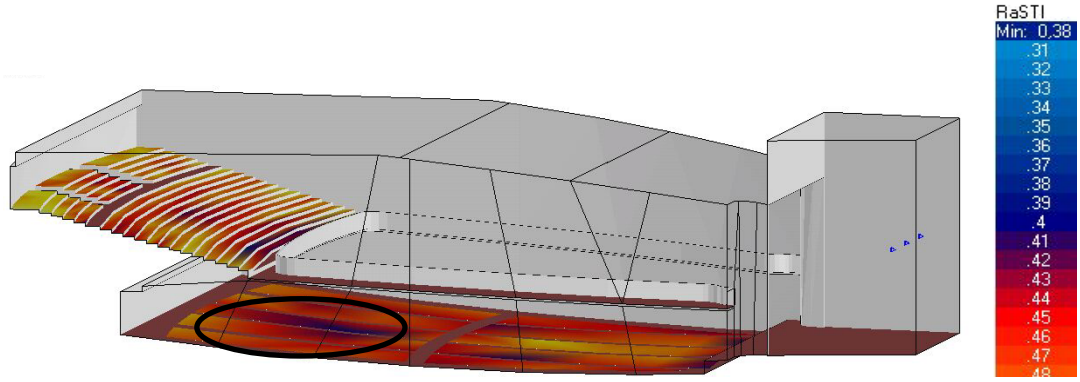


Figura 88: Inteligibilidade da palavra – em destaque a parte inferior do balcão

Na análise dos tempos de reverberação em relação aos parâmetros recomendados para a certificação dos cinemas da era digital, como ABC e THX, percebe-se no gráfico de referência ABC (figura 89) e gráfico de referência THX (figura 90) o comportamento da sala na situação de sala lotada.

No gráfico de referência ABC (figura 89), variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas em relação aos parâmetros ABC, verifica-se que os tempos de reverberação estão acima do limite superior e somente a partir da frequência de 4.000Hz encontram-se entre o limite recomendado e superior.

Em relação aos parâmetros THX, verifica-se a mesma a situação nas baixas e médias frequências, os valores encontram-se acima dos recomendados e, para as altas frequências, a partir de 2.000Hz, dentro do recomendado (figura 90).

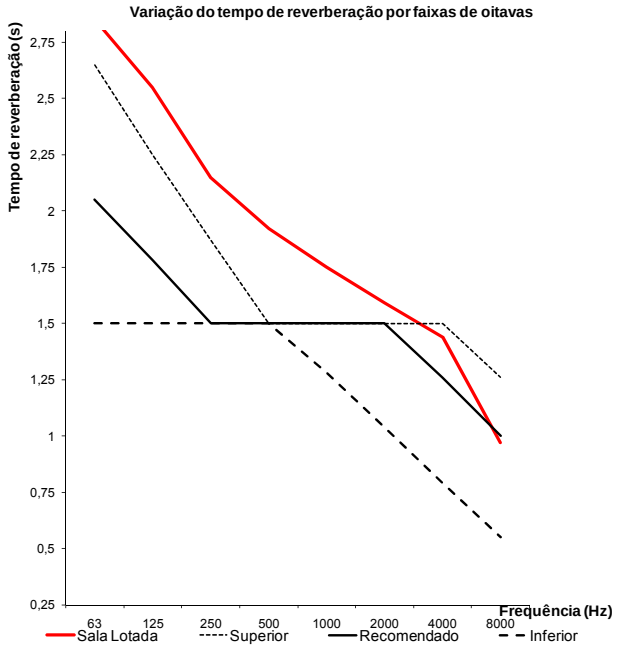


Figura 89: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

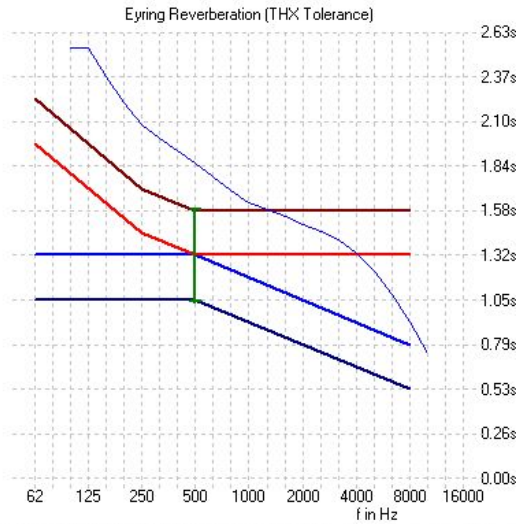


Figura 90: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula Eyring

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Atualmente, como já citado, a bibliografia que avalia os aspectos relacionados à correta resolução acústica de salas de cinemas é conclusiva: os parâmetros Nível de ruído de fundo – NC e tempo de reverberação – TR são determinantes. No nosso caso, o objetivo é identificar e avaliar as soluções em relação à acústica adotadas nas salas de cinema pelo arquiteto Rino Levi, respeitando as características e especificidades para a época em que foram construídas.

A determinação de subsídios para o projeto de cinemas não é o objetivo deste trabalho, pois as salas reconstruídas virtualmente são muito diferentes das atuais salas de cinema, não só nas suas dimensões, mas principalmente na questão tecnológica do som e imagem.

Nesse contexto, são apresentados os resultados referentes à avaliação de todas as salas de cinemas projetadas pelo arquiteto Rino Levi. Através de quadros comparativos, plantas esquemáticas, relações dimensionais e parâmetros objetivos, como tempo de reverberação - TR, inteligibilidade da palavra falada - RaSTI, tempo de decaimento inicial - EDT, definição – D50 e clareza - C80, são relacionados e discutidos.

Os parâmetros TR e RaSTI são apresentados para duas situações: sala vazia e sala lotada. Esses parâmetros apresentam critérios que avaliam as salas de cinema. Os parâmetros EDT, D50 e C80 são apresentados para as frequências de 500Hz. Embora não existam critérios definidos para salas de cinema para os parâmetros EDT, D50 e C80, esses são importantes para avaliar e comparar o comportamento de cada sala, estabelecendo relações e verificando as técnicas empregadas pelo arquiteto.

Através dessas comparações, verifica-se a influência das dimensões entre salas, a relação entre essas dimensões, a relação de volume por espectador, a relação dimensionais do balcão e a geometria de cada sala reconstruída virtualmente.

Através da avaliação dos resultados, é possível comprovar se existe uma relação entre os projetos do arquiteto Rino Levi para salas de cinema e se as técnicas empregadas contribuíram para os resultados pretendidos. Apresenta-se primeiramente o TR, utilizando os critérios ABC e THX para a avaliação das salas;

posteriormente são apresentados RaSTI, EDT, Definição, C80, a geometria das sala e as relações dimensionais.

5.1 Tempo de Reverberação – TR

Em relação ao Tempo de reverberação – TR, realiza-se a avaliação através dos parâmetros estabelecidos pela Associacão Brasileira de Cinematografia – ABC e pela empresa THX para a situação de sala vazia e sala lotada.

Os gráficos de referência ABC (tabela 12) mostram o comportamento da sala vazia (linha azul) e da sala lotada (linha vermelha) das cinco salas projetadas pelo arquiteto Rino Levi.

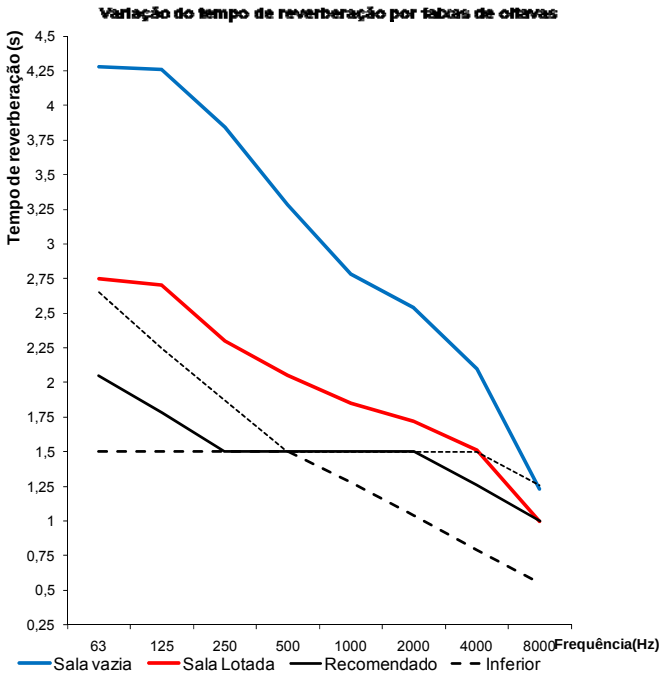
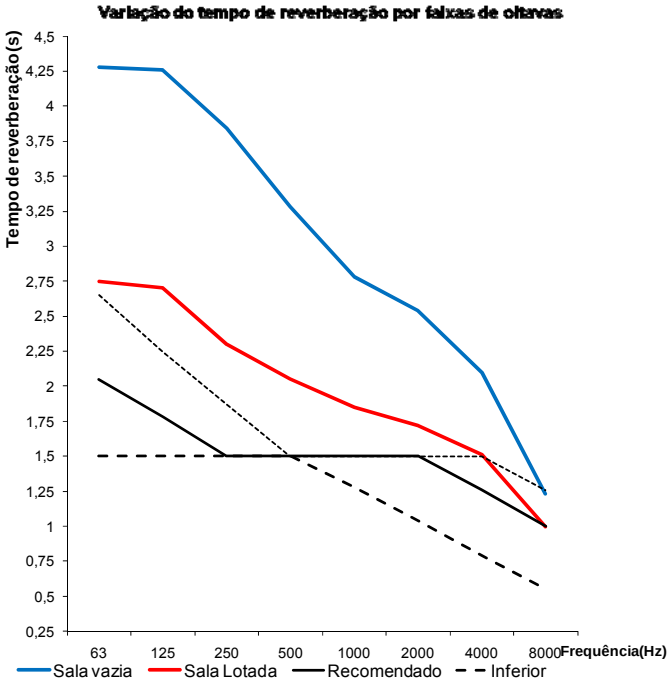
Verifica-se que as salas apresentaram o mesmo comportamento na situação de sala vazia. Destaca-se o Cine Ufa-Palácio, que apresentou valores dentro do recomendado a partir de 4.000Hz. Na situação de sala lotada, os Cines Ufa-Palácio e Ipiranga apresentaram os melhores desempenhos.

O Cine Ufa-Palácio apresentou os valores dos TRs dentro dos limites em praticamente todas as frequências, exceto para a frequência de 125Hz.

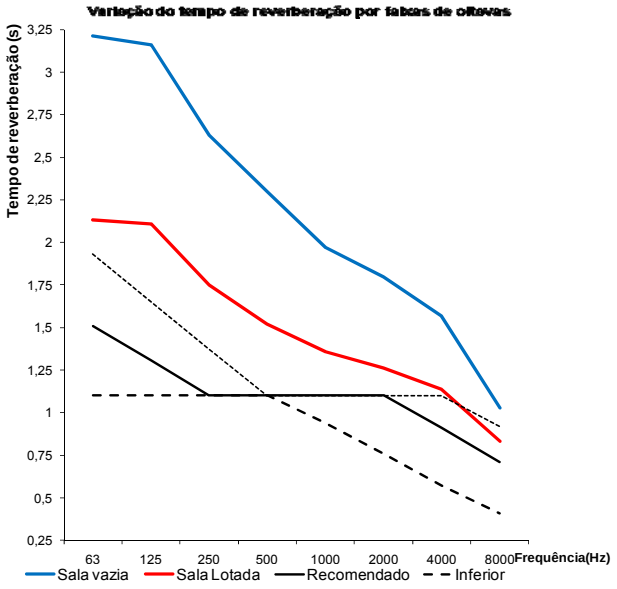
No Cine Ipiranga, os valores dos TRs estão próximos do limite superior para as frequências de 63 a 500Hz e a partir desta encontra-se dentro do limite inferior e recomendado.

Os cines Universo, Art Palácio e Piratininga apresentaram resultados parecidos e acima dos limites superiores e somente para as altas frequências mostraram resultados dentro dos limites.

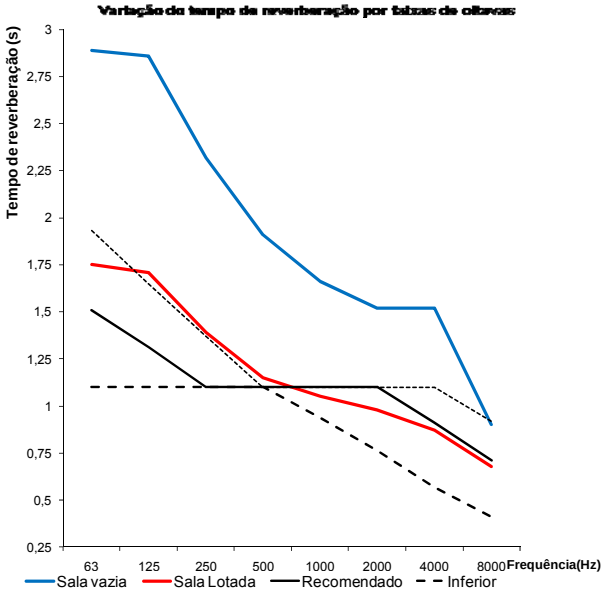
Tabela 12: Enquadramento segundo as prescrições da ABC, dos tempos de reverberação de cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE, utilizando a fórmula de Eyring

	Situação: Sala Vazia e Sala Lotada
Cine Ufa-Palácio	
Cine Universo	

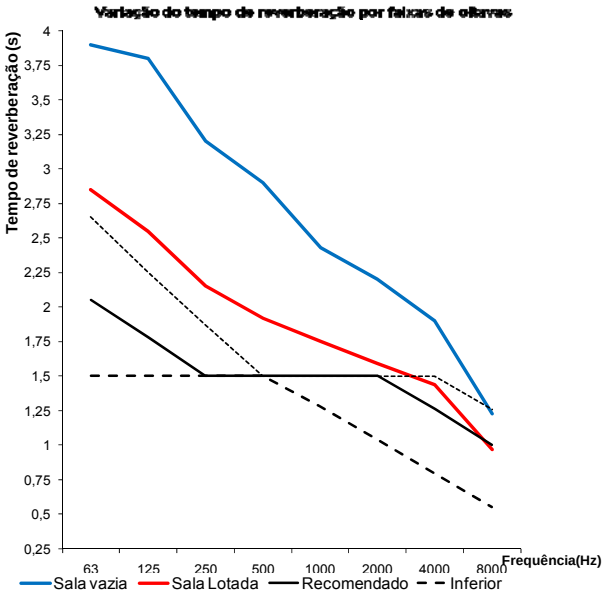
Cine Art Palácio



Cine Ipiranga



Cine Piratininga

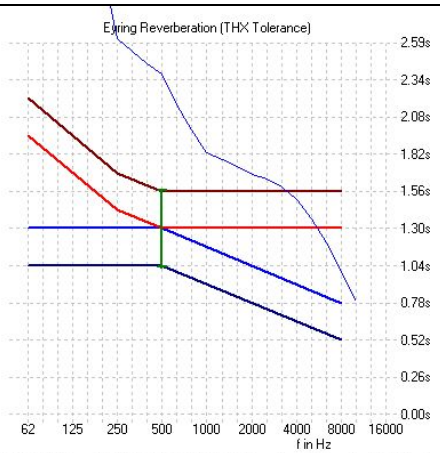
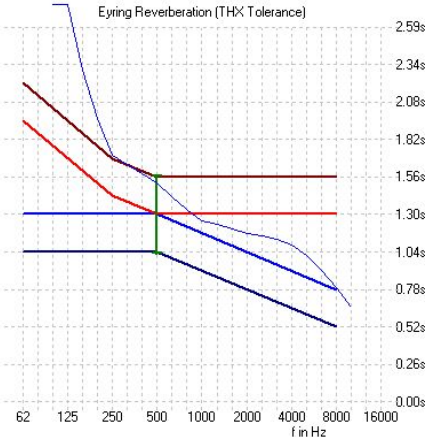
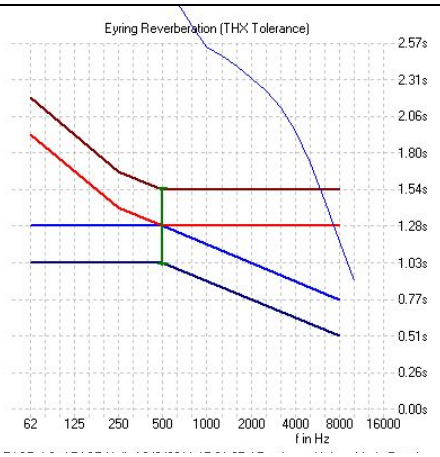
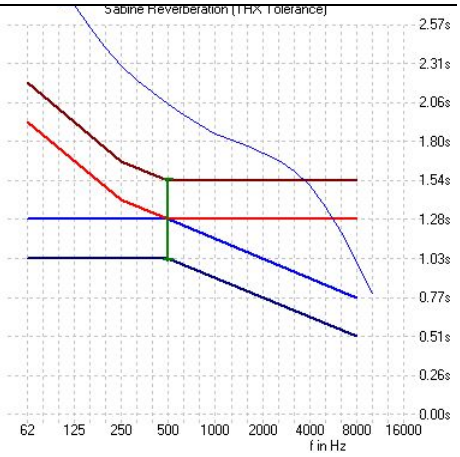


A análise através da certificação THX dos cinemas projetados por Levi é apresentada através da tabela 13, considerando a sala vazia e a sala lotada.

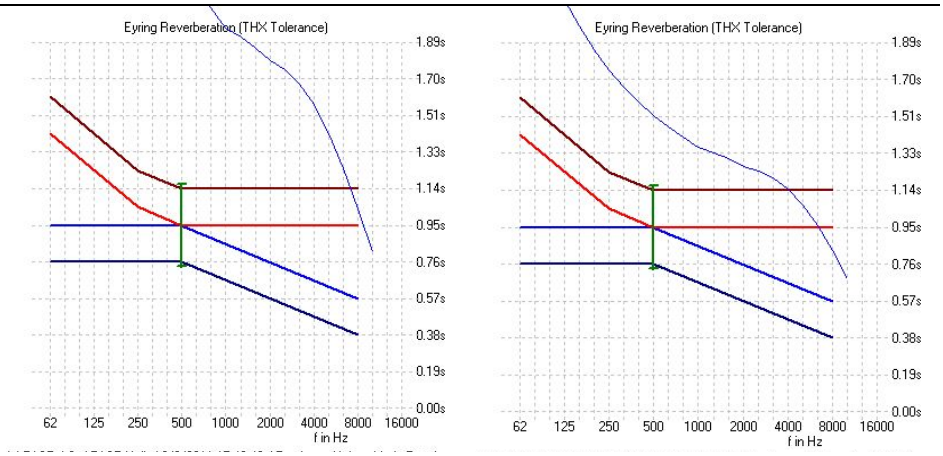
O comportamento das salas revelou-se díspar para as situações de ocupação. Na situação de sala vazia, as salas praticamente apresentam o mesmo comportamento, os valores obtidos através dos modelos virtuais estão bem acima dos recomendados.

Para a situação da sala lotada, o comportamento das curvas segue o mesmo dos gráficos, destacando os valores obtidos para os Cines Ufa-Palácio e Ipiranga Destaca-se o Cine Ufa-Palácio, no limite para baixa frequência e dentro do limite para as médias e altas frequências.

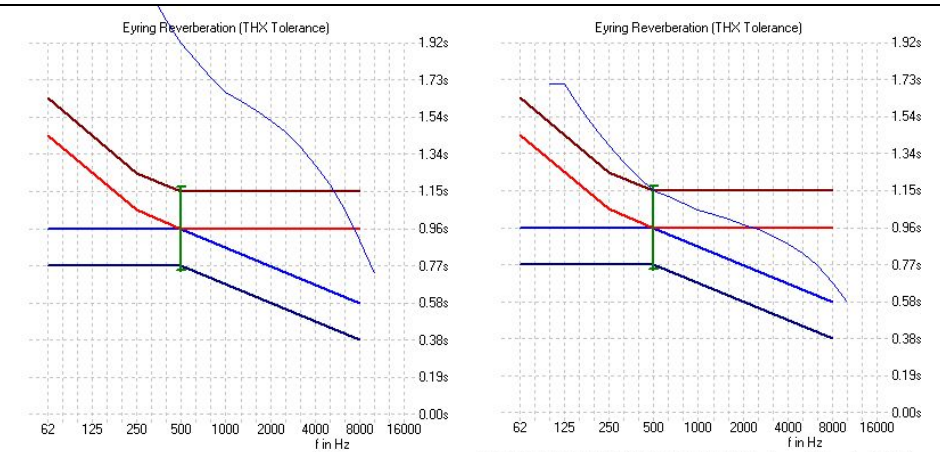
Tabela 13: Enquadramento segundo as prescrições da THX, dos tempos de reverberação de cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE, utilizando a fórmula de Eyring

	Sala Vazia	**Sala Lotada**
Cine Ufa-Palácio		
Cine Universo		

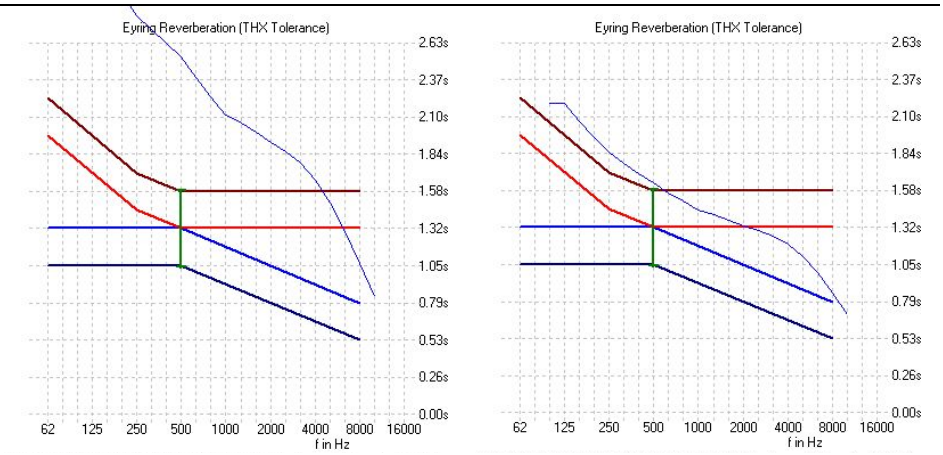
Cine Art Palácio



Cine Ipiranga



Cine Piratininga



5.2 Inteligibilidade da palavra falada - STI

Como citado no capítulo “Procedimentos metodológicos”, os valores estabelecidos para mensurar a inteligibilidade são: 0,6 – 1,00= Muito bom; 0,45 – 0,60= Bom; 0,3 – 0,45= Pobre e 0 – 0,3= Inaceitável.

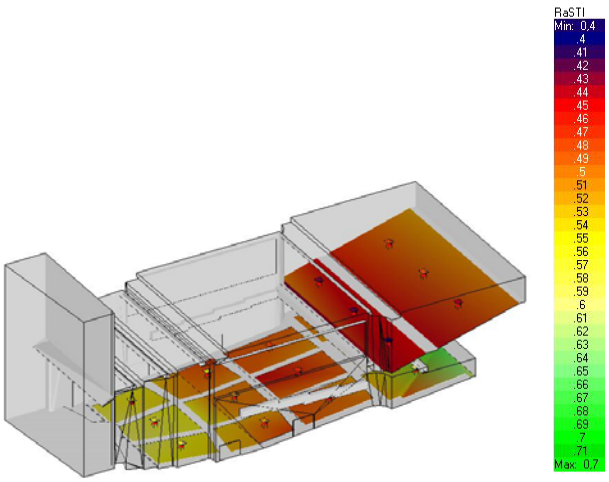
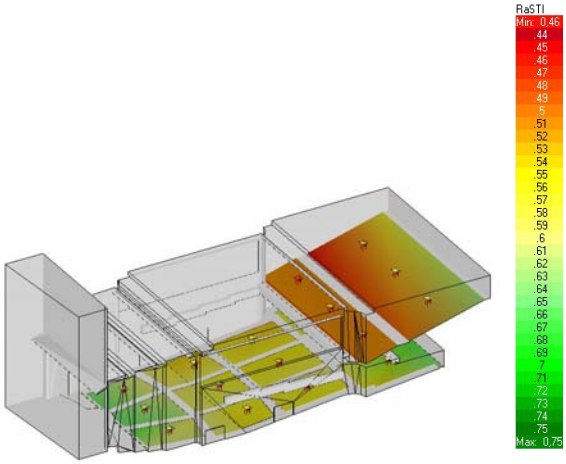
A inteligibilidade da palavra falada – RaSTI segue o mesmo comportamento encontrado em relação ao tempo de reverberação para as situações de ocupação, conforme pode ser visto na tabela 14.

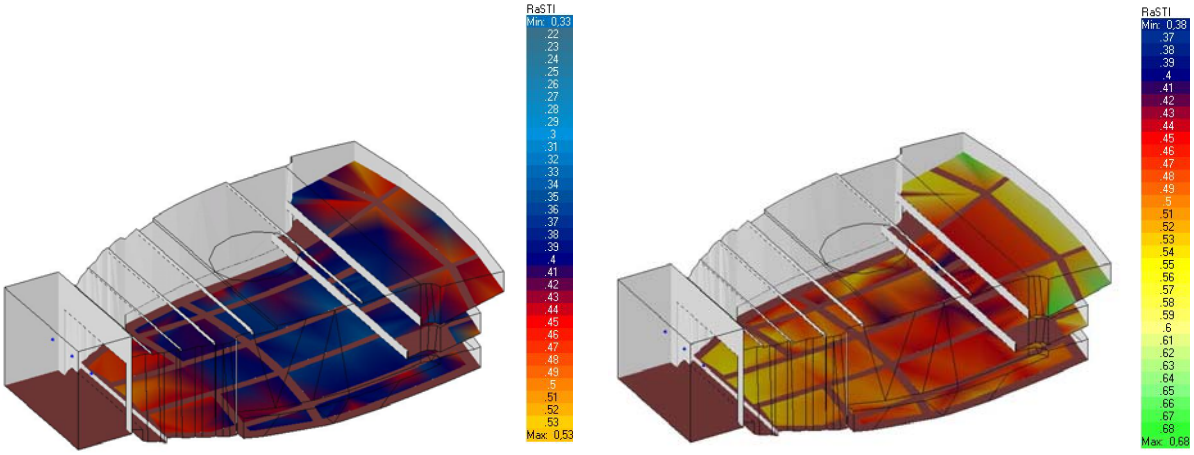
Na situação de sala vazia, os valores encontram-se entre 0,37 e 0,60. Destaca-se o Cine Universo, que apresenta os piores resultados, entre 0,33 e 0,53, com uma concentração entre 0,33 e 0,40 numa grande área da sala. Novamente o Cine Ufa-Palácio apresenta os melhores resultados, entre 0,40 e 0,70; é o único que apresenta valores considerados bons.

Com o aumento no número de espectadores, a qualidade da sala vai melhorando, bem como, diretamente, a inteligibilidade, como pode ser visto para a situação de sala lotada (tabela 14).

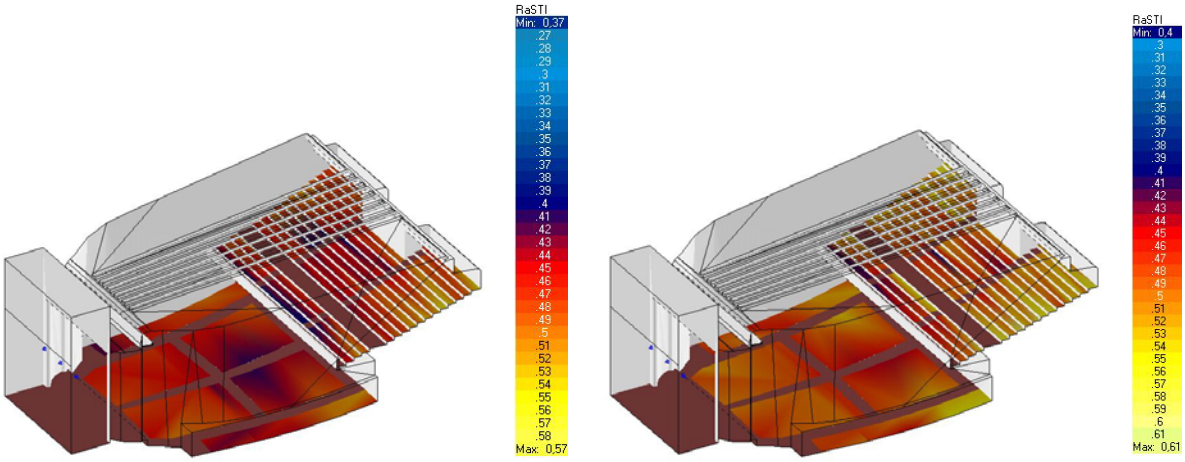
Para a situação de sala lotada, as salas apresentam numa grande área valores acima de 0,45, classificado-as como bons; entretanto apresentam alguns locais com problemas de inteligibilidade, como o primeiro balcão do Cine Universo, o balcão do Cine Art Palácio e a plateia e o balcão do Cine Piratininga.

Tabela 14: Inteligibilidade da Palavra Falada dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva

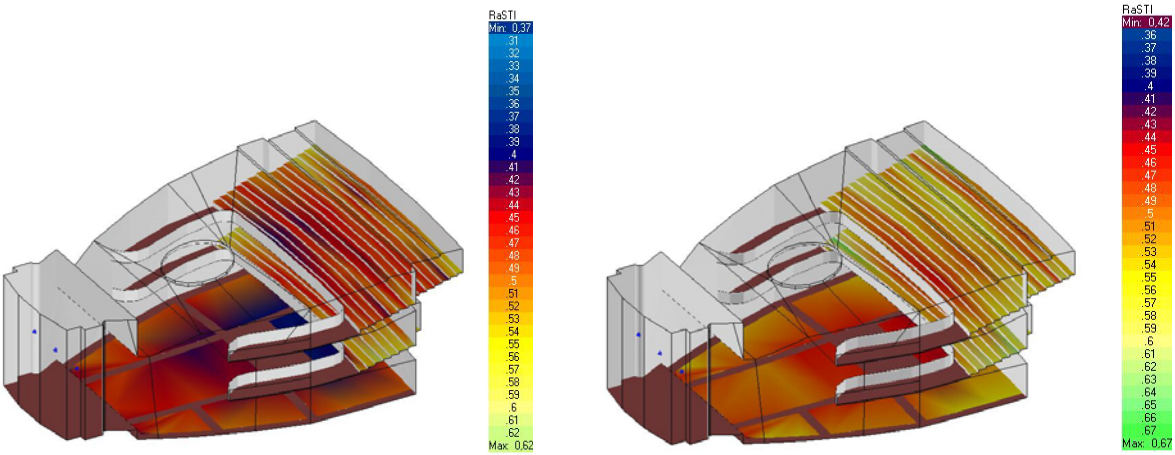
Sala Vazia	**Sala Lotada**
	
Cine Ufa-Palácio	



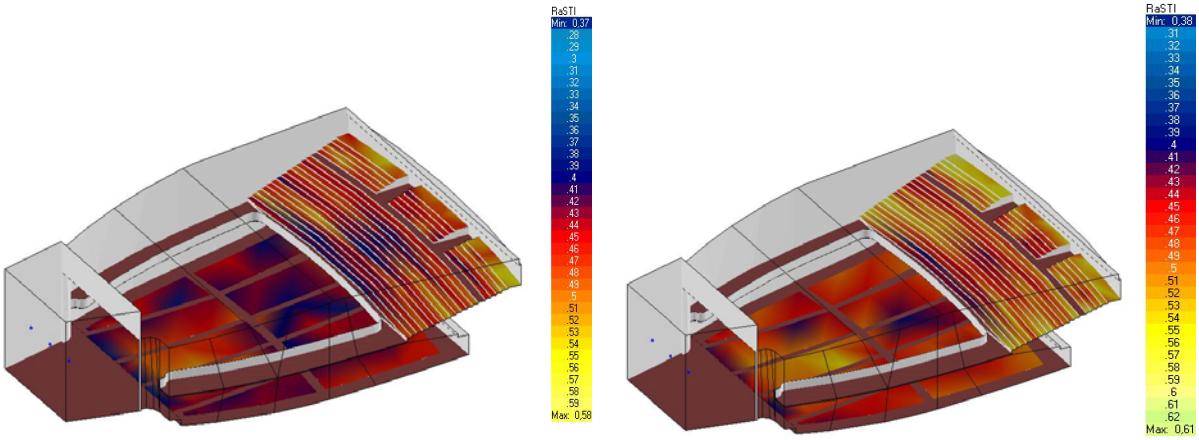
Cine Universo



Cine Art Palácio



Cine Ipiranga



Cine Piratininga

5.3 Tempo de decaimento inicial - EDT

Os valores do EDT tendem a variar dentro da sala, modificando assim algumas impressões acústicas subjetivas, relacionando-se com a inteligibilidade. Nas imagens da tabela 16, verifica-se esse comportamento. Concentram-se os valores para a frequênica de 500Hz, pois se relaciona com a frequência adotada por Levi para determinar os tempos de reverberação e por ser considerada uma frequência de referência.

Verifica-se que, para a situação de sala vazia, o Cine Universo apresenta uma diferença em relação aos outros cinemas. O Cine Piratininga também apresenta um comportamento diferente, com valores mais altos, entre 3,15 e 7,15.

Na situação de sala lotada, verifica-se que o Cine Ufa-Palácio e o Cine Ipiranga apresentam um comportamento mais homogêneo e os menores valores. Para ilustrar, apresenta-se na tabela 15 a média do EDT para cada cinema na situação de sala lotada.

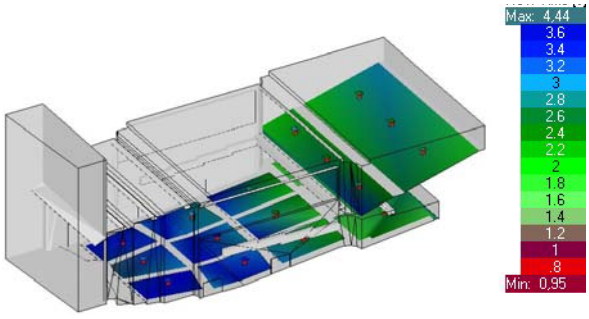
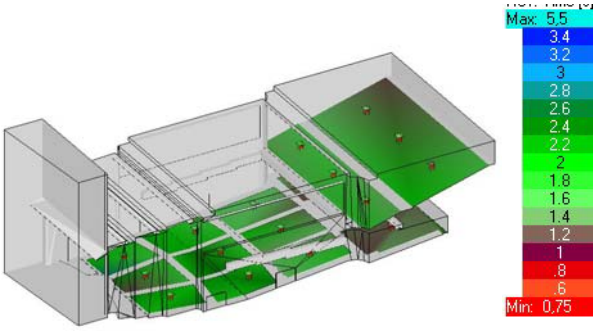
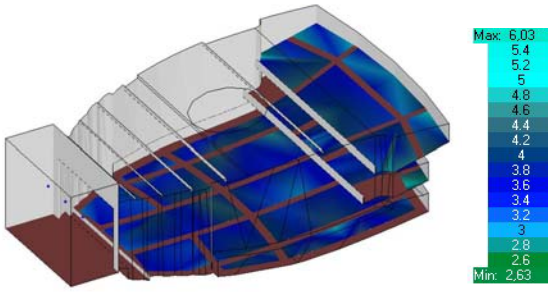
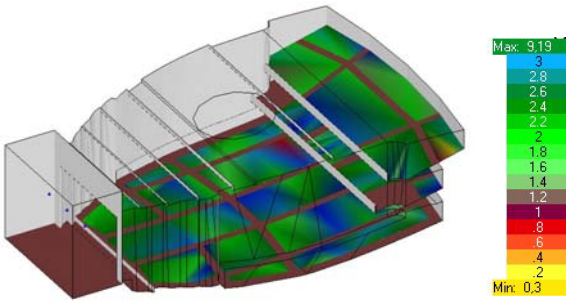
Tabela 15 – Tempos de decaimento inicial – EDT (média) –Sala lotada

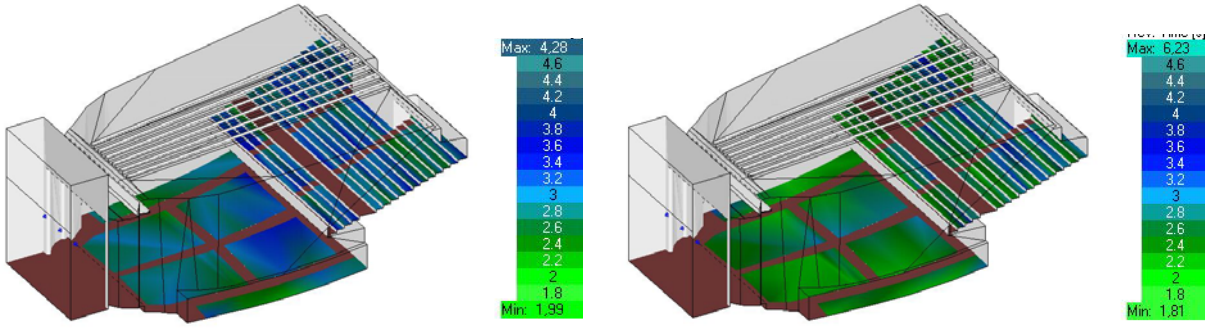
	Cine Ufa-Palácio	Cine Universo	Cine Art Palácio	Cine Ipiranga	Cine Piratininga
EDT - média	1,87s	3,07s	2,64s	2,38s	3,16s

O Cine Universo e o Cine Piratininga existem os maiores valores e são os que apresentam menos homogeneidade. Os valores elevados do EDT indicam a baixa presença de energia sonora útil. Isso se deve à pequena contribuição do som direto em função da direcionalidade da fonte e ausência de tratamento nas paredes da sala (tabela 16).

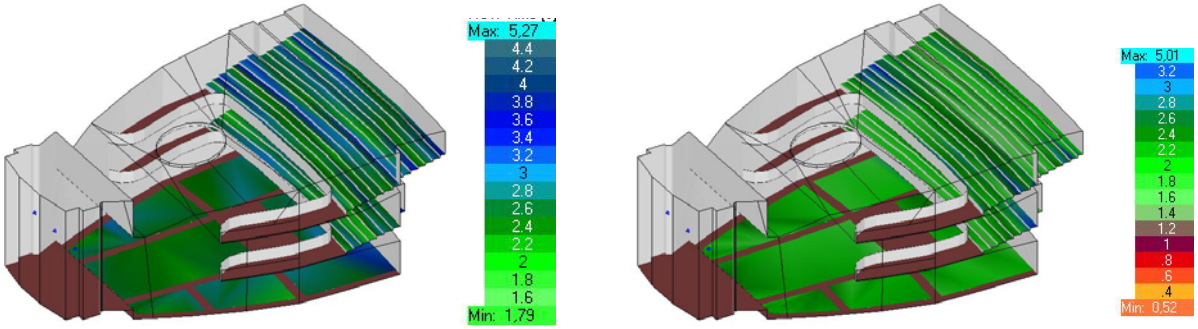
Relacionando o EDT com inteligibilidade, verifica-se que baixos valores de EDT são indicativos de melhores condições de inteligibilidde, fato que pode ser comprovado através do RaSTI do Cine Ufa-Palácio e Cine Ipiranga.

Tabela 16: Tempo de decaimento inicial - EDT (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva

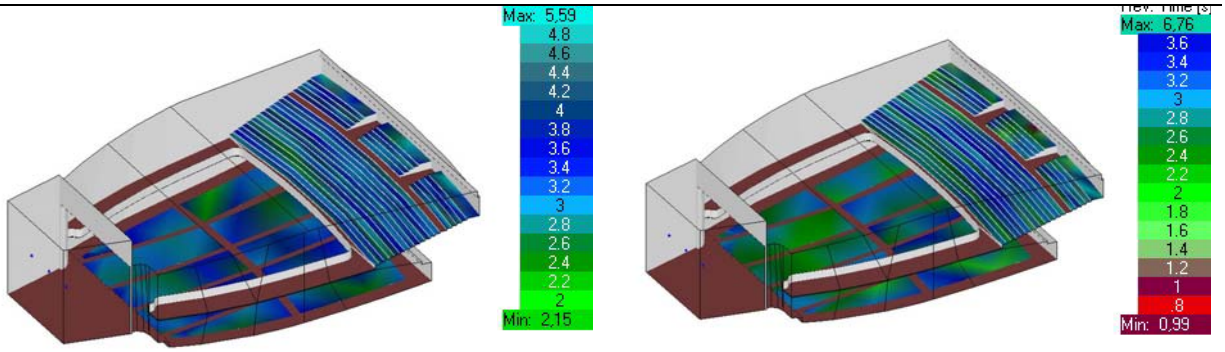
Sala Vazia	**Sala Lotada**
	
Cine Ufa-Palácio	
	
Cine Universo	



Cine Art Palácio



Cine Ipiranga



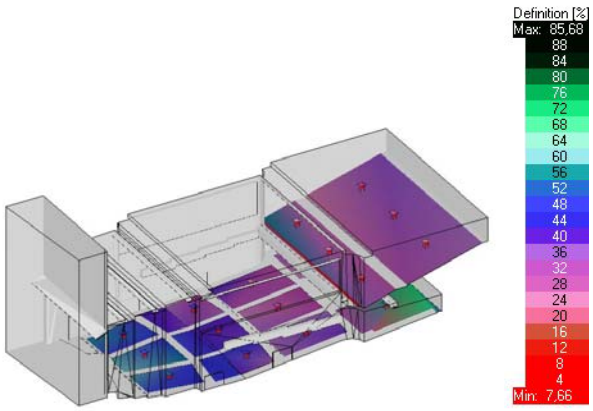
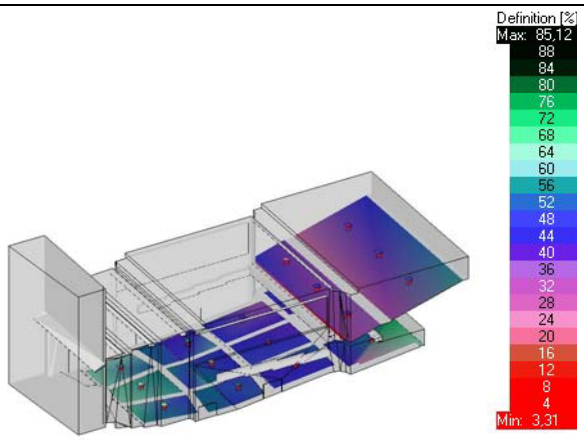
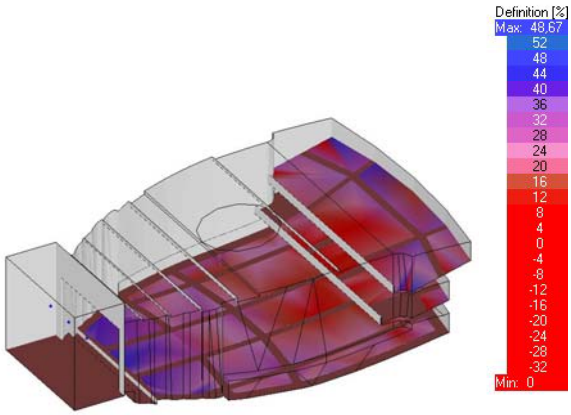
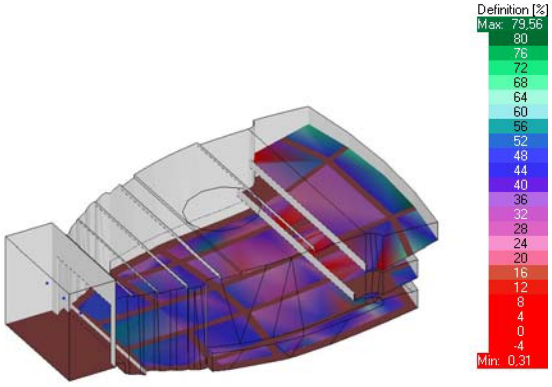
Cine Piratininga

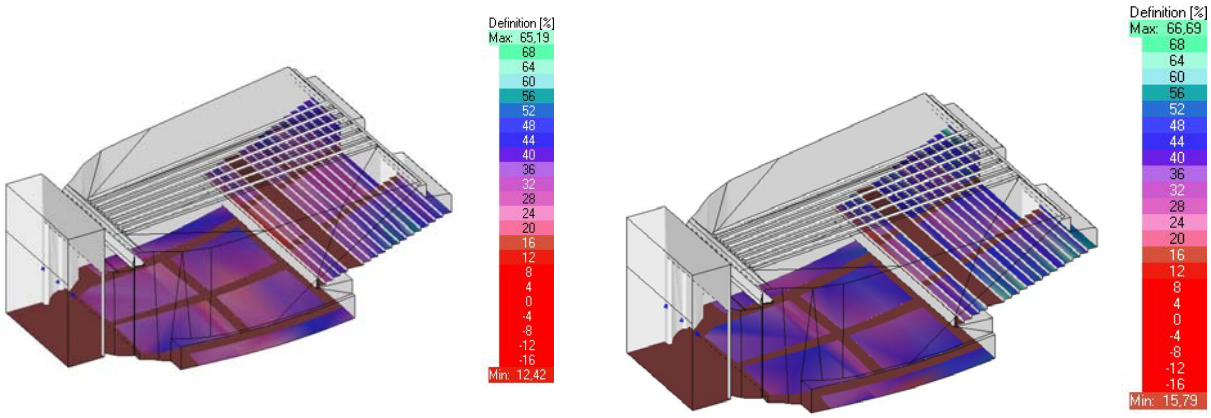
5.4 Definição - D50

O parâmetro definição está diretamente relacionado com as reflexões sonoras consideradas benéficas. Avaliando os mapas acústicos da tabela 17, verifica-se o mesmo comportamento ocorrido nos outros parâmentros; o Cine Ufa-Palácio apresenta os melhores resultados, seguido pelo Cine Ipiranga.

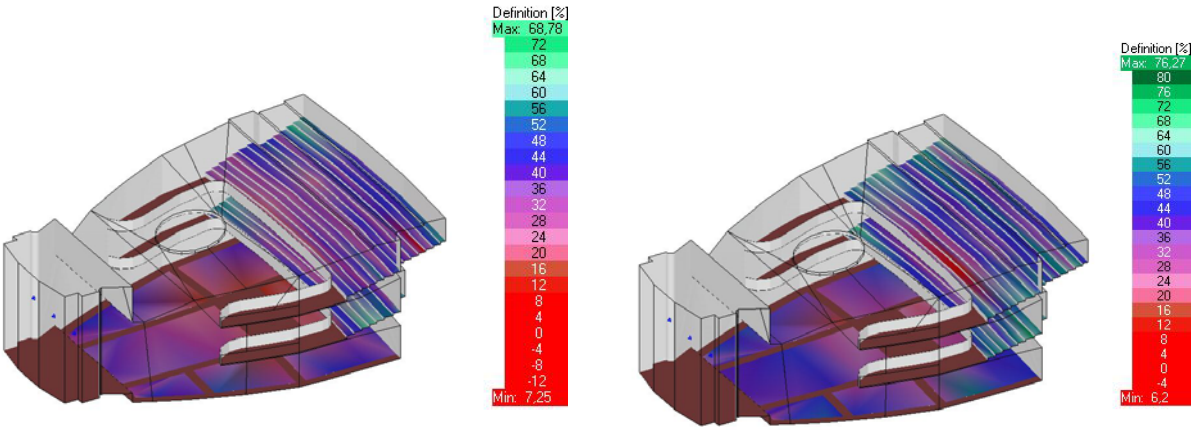
O Cine Universo mostra uma diferença significativa em relação aos outros cinemas na situação de sala vazia; com a ocupação a diferença é amenizada. Destaca-se que o D50 é baixo no primeiro e segundo balcão do Cine Universo; mesmo com o emprego de refletores acústicos, o desempenho não é alcançado, em função do comprimento da sala e da profundidade do balcão.

Tabela 17: Definição – D50 (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva

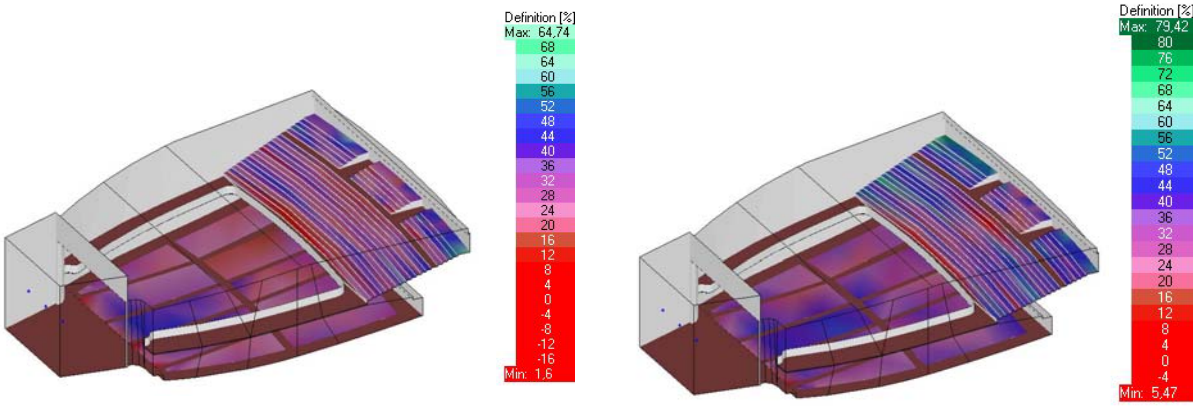
Sala Vazia	**Sala Lotada**
	
Cine Ufa-Palácio	
	
Cine Universo	



Cine Art Palácio



Cine Ipiranga



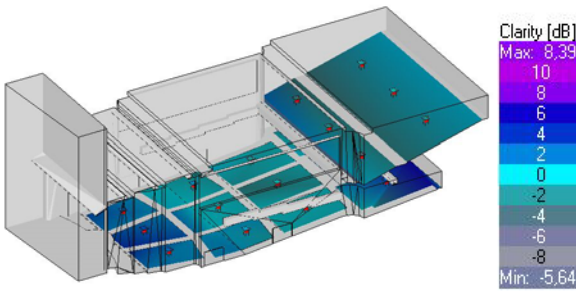
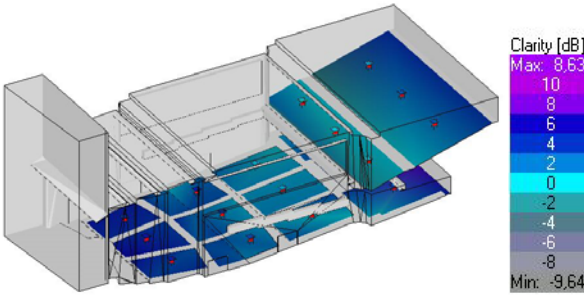
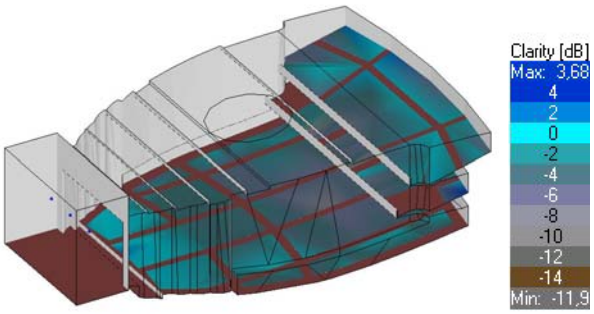
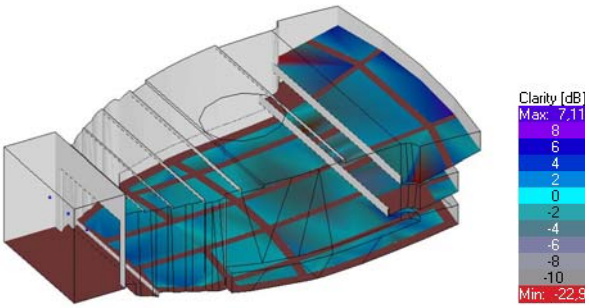
Cine Piratininga

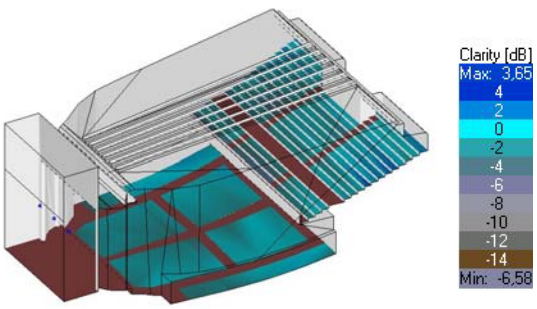
5.5 Clareza - C80

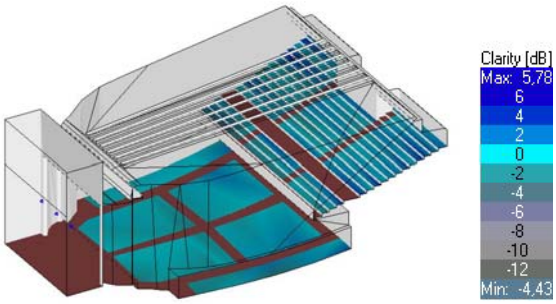
Apresenta o mesmo princípio da definição, entretanto clareza é o parâmetro objetivo utilizado para caracterizar a música. Esse parâmetro, através dos mapas acústicos da tabela 18, é o que apresenta um comportamento mais uniforme entre os cinemas simulados.

A causa mais provável refere-se ao emprego de materiais absorventes nos forros e nas paredes laterais divergentes, pois ambientes que apresentam superfícies duras e lisas e paredes laterais paralelas contribuem para resultados elevados.

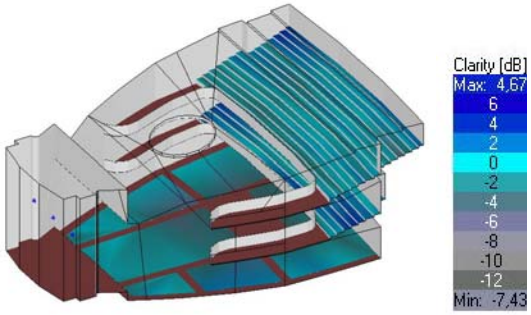
Tabela 18: Clareza - C80 (500Hz) dos cinco cinemas projetados por Levi, nas situações de sala vazia e sala lotada, gerados pelo programa de simulação EASE através da respsta impulsiva

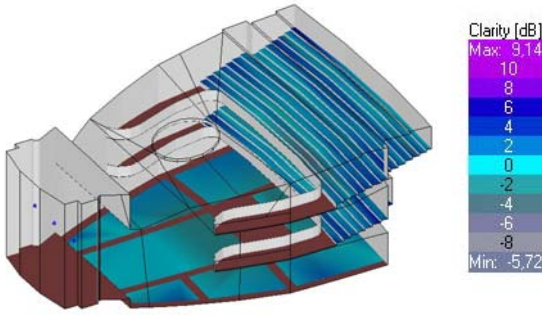
Sala Vazia	**Sala Lotada**
	
Cine Ufa-Palácio	
	
Cine Universo	



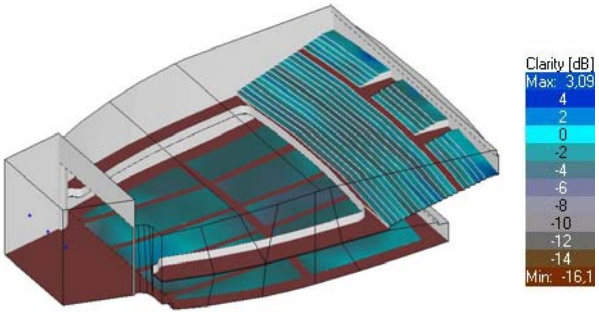


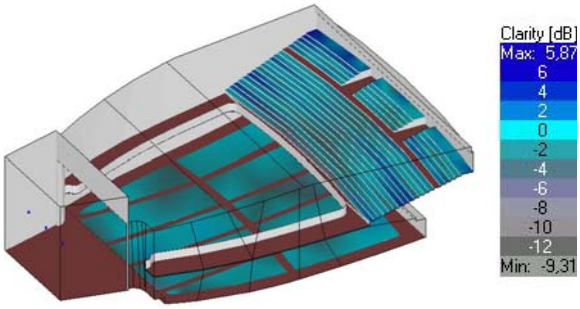
Cine Art Palácio





Cine Ipiranga





Cine Piratininga

5.5 Geometria das Salas

A forma de um ambiente não é garantia de um bom desempenho acústico, principalmente se não for dada a devida atenção aos aspectos relativos à difusão sonora da sala e às reflexões do som dos alto-falantes, mas é determinante no desempenho da sala.

A difusão relaciona-se com o desenho dos detalhes no interior da sala, e uma das características das salas construídas no início do século XX, período do advento da arquitetura moderna, reside no fato do fim de ornamentos que contribuíam na difusão sonora nas salas construídas até então. O arquiteto Rino Levi, um dos precursores da arquitetura moderna no Brasil, adere a essa característica, realizando desenhos limpos e sem ornamentos.

Dos cinemas projetados, o Cine Ufa-Palácio é o que apresenta desenho um pouco mais detalhado; posteriormente, como o próprio arquiteto enfatiza que as pessoas já estavam mais preparadas, passa a adotar nos outros cinemas um desenho mais limpo.

Em relação ao formato das salas, verifica-se uma sala em formato retangular; a do Cine Ufa-Palácio e as outras em formato de leque: Cines Universo, Art Palácio, Ipiranga e Piratininga (tabela 17).

As salas em formato retangular garantem reflexões laterais que proporcionam a impressão subjetiva de envolvimento e imersão e apresentam um campo sonoro mais difuso (BISTAFA, 2004). Isso é comprovado no Cine Ufa-Palácio, através das tabelas 14, 16, 17 e 18, que mostram que o RaSTI, o EDT, o D50 e o C80 apresentam os melhores resultados.

No estudo de Bistafa (2004) sobre difusão sonora em salas, apresenta-se um comparativo da propagação sonora em salas de formato retangular, em leque e elíptico. Através da simulação da propagação bidimensional nas salas citadas, sem tratamento de difusão e com a mesma área em planta (aproximadamente 518m²), verificou-se que o número de frentes de ondas geradas a partir da fonte (círculos pretos) aumenta à medida que o tempo avança, enquanto na sala em formato de leque e elíptica há uma tendência de concentração (figura 91). Através das respostas impulsivas no receptor (círculos brancos - figura 91), verifica-se que as

reflexões nas salas em leque e elíptica são esparsas e irregulares enquanto na sala retangular são densas e com decaimento suave (figura 92).

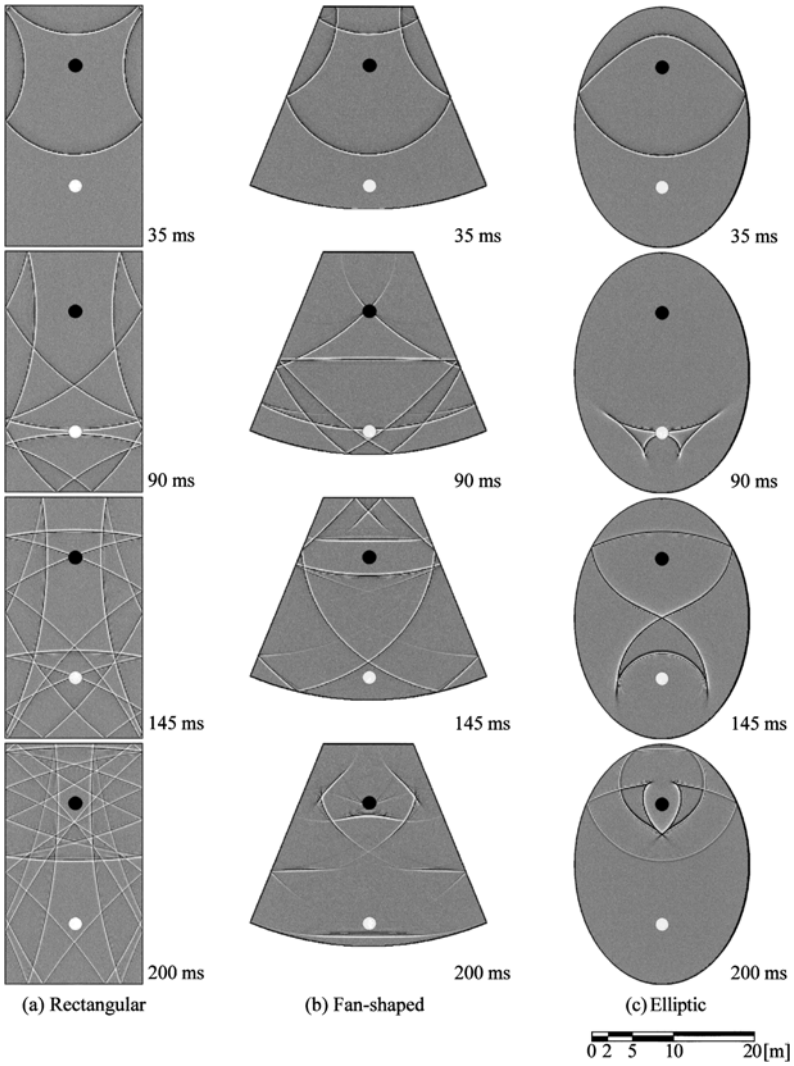


Figura 91: Propagação sonora na sala retangular, em leque e elíptica sem tratamento de difusão sonora

Fonte: Yokoto et al. (2002)

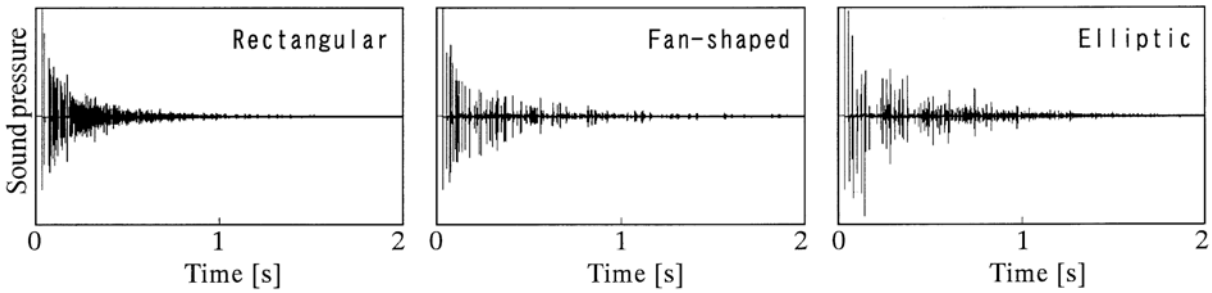


Figura 92: Respostas impulsivas calculadas nos receptores da figura 90

Fonte: Yokoto et al. (2002)

A forma retangular apresenta a desvantagem em relação à visibilidade, mas nos projetos do arquiteto Rino Levi verifica-se que o emprego de curvas de visibilidade para a definição do desenho do piso, como apresentado na figura 84 – cálculo de visibilidade do Cine Piratininga.

As salas em formato de leque surgem para atender às demandas do cinema no início do século XX. O cinema rapidamente incorpora-se na sociedade moderna e, para acomodar o maior número de espectadores, a forma de leque passa a ser empregada em quase todos os projetos de cinema.

As salas em formato de leque apresentam desvantagens; uma delas é em relação às reflexões laterais que, em função da largura da parede do fundo da sala, prejudica as reflexões laterais na parte central da plateia, além de o ângulo de chegada das reflexões laterais ser pequeno.

Outra desvantagem refere-se à falta de superposição de reflexões sonoras provenientes das paredes laterais paralelas, em função do não-paralelismo entre as paredes laterais. As paredes laterais do formato de leque limitam o grau de impressão espacial pelo fato de direcionar boa parte das reflexões para a parede dos fundos da plateia.

Essas desvantagens podem ser comprovadas nos Cine Universo e Piratininga. Na parte central da plateia desses cinemas, são encontrados os piores resultados em relação ao RaSTI (tabela 14).

No trabalho de Granado (2002), no qual se determinam subsídios para projeto de salas para palavra falada, são apresentados resultados da avaliação de oito teatros. Através de medições dos parâmetros objetivos, foram avaliadas as qualidades das salas e foi verificado que os teatros que foram construídos em formato retangular apresentaram melhor desempenho do que as salas em formato de leque.

Através da avaliação dos resultados das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi, verifica-se a mesma situação: o Cine Ufa-Palácio, de formato retangular, apresentou o melhor desempenho do que as salas de formato de leque.

Em função da capacidade dos cinemas da época, além do formato de leque, a solução era o emprego de balcões. Verificou-se o emprego de balcões em todos os cinemas projetados por Levi. Os balcões são usados em grandes salas para aumentar a capacidade da sala e para reduzir a distância entre as últimas poltronas e a tela. Algumas considerações devem ser realizadas para evitar problemas, como eco, reflexões tardias e som fraco e pouco envolvente em algumas áreas das salas.

O eco e reflexões tardias geralmente estão associados ao guarda-corpo do balcão. Para evitar tais ocorrências, adotam-se as seguintes soluções: especificar materiais absorventes para o seu revestimento; inclinar a superfície externa do guarda-corpo ou desenhar superfícies convexas ou difusoras em seu revestimento. Nos projetos apresentados na tabela 20, verifica-se a indicação de materiais absorventes em todos os revestimentos dos balcões, conforme apresentado na figura 38.

Em relação à intensidade e a envolvência do som, a relação altura e comprimento do balcão deve atender a uma relação: que o comprimento (D) seja igual ou menor que duas vezes a sua altura(H), assegurando aos espectadores das últimas fileiras a percepção dos sons refletidos pelo teto da sala. Como não foi encontrada a relação altura e comprimento do balcão para salas de cinemas, foi adotada a relação de altura e comprimento do balcão para teatros proposta por Egan (2007).

Para ilustrar, apresenta-se a tabela com as medidas dos balcões e a relação entre comprimento e altura (tabela 19):

Tabela 19 – Relações entre as medidas dos balcões das salas de cinema, utilizando como parâmetro a relação ideal do balcão para teatro proposta Egan

Fonte: Egan (2007)

	D(m)	**H(m)**	**RelaçãoDxH** Ideal (D≤2H)
Cine Ufa-Palácio	16,25	5,40	16,25>10,80
Cine Universo	(1°Balcão) 12,00	4,20	12,00>8,40
	(2°Balcão) 12,00	4,15	12,00>8,30
Cine Art Palácio	6,70	4,85	6,70<9,70
Cine Ipiranga	(1°Balcão) 6,40	4,00	6,40<8,00
	(2°Balcão) 6,70	4,00	6,70<8,00
Cine Piratininga	8,80	5,00	8,80<10,00

Observou-se que os Cines Ufa-Palácio e Universo não atendem a recomendação, entretanto verificou-se que os valores encontrados nas partes inferiores dos balcões entre os cinemas são distintas. O Cine Ufa-Palácio apresenta resultados safisfatórios nessa área, decorrente das soluções empregadas somente no seu projeto. No cine Universo, principalmente no primeiro balcão, verifica-se que a influência dessa relação pode ter contribuído nos resultados encontrados.

Destaca-se o emprego de painéis refletores de teto e difusores laterais, assegurando melhor qualidade para as altas frequências, tendo como resultado uma quantidade de energia sonora apropriada. Nos Cine Ufa-Palácio, Universo e Art Palácio, verifica-se o emprego dessas soluções, com destaque para os dois primeiros, conforme pode ser visto na tabela 20. Já no Cine Ipiranga e Piratininga, os desenhos são mais limpos, em decorrência da evolução do seu projeto e a utilização da forma paraboloide mais explícita, tanto na forma quanto nos detalhes.

Na época em que foram construídos, os alto-falantes se localizavam atrás da tela de projeção, e os painéis refletores de teto influenciavam diretamente para o espalhamento, o que melhora consideravelmente o desempenho da sala. Destaca-se que o Cine Ufa-Palácio apresenta um desenho mais detalhado desses painéis, obtendo os melhores resultados entre os cinemas.

A ênfase do arquiteto em relação às considerações para o projeto acústico, em relação à geometria da sala, refere-se à forma paraboloide. A forma utilizada discretamente no Cine Ufa-Palácio é empregada nos outros projetos para a determinação do desenho da planta, do piso, do teto, do balcão e de detalhes, como painéis refletores do teto e laterais.

A forma paraboloide nos projetos de Levi é resultado de suas referências: a primeira, do seu professor Piacentini, um dos criadores da arquitetura de cinemas na Itália; a segunda, do físico Sabine, referência em acústica arquitetônica; a terceira, de Le Corbusier, referência na arquitetura moderna. Piacentini apresentou o tema acústica e exemplos que aplicavam os princípios científicos de acústica; Sabine colaborou para o desenvolvimento do método de projeto de Levi, obtido através do estudo da teoria de acústica elaborada por ele mesmo e, finalmente, Le Corbusier elaborou o projeto de um auditório utilizando-se das curvas paraboloides visando a melhor difusão.

Esse projeto, idealizado para concurso do Palácio da Liga das Nações em Genebra, Suíça, apresenta um auditório, conforme pode ser visto na figura 93, que emprega a forma paraboloide.

O arquiteto, através dessas referências, emprega essa forma como dispositivo para otimizar o efeito do som nos seus projetos.

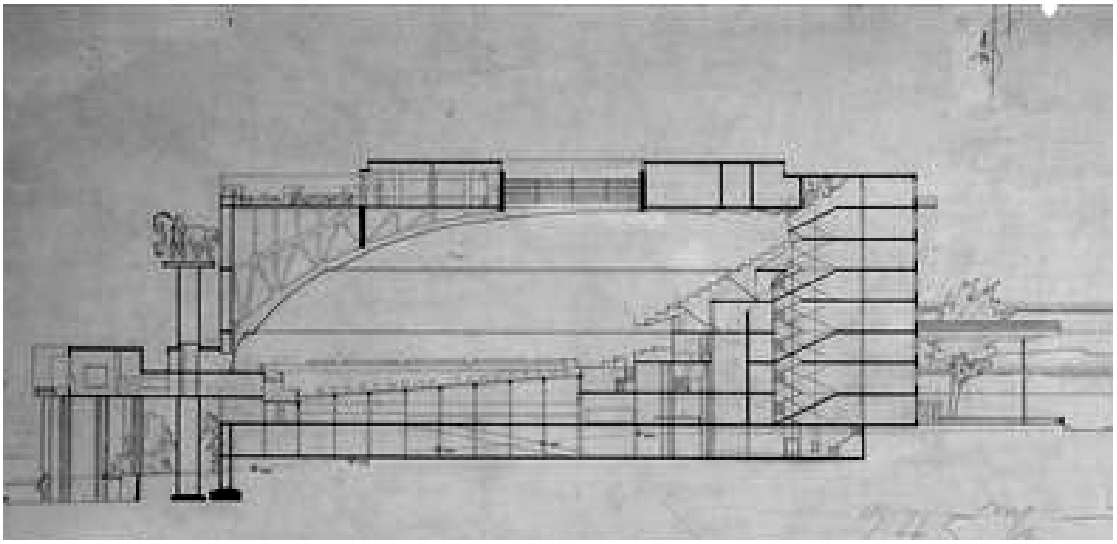
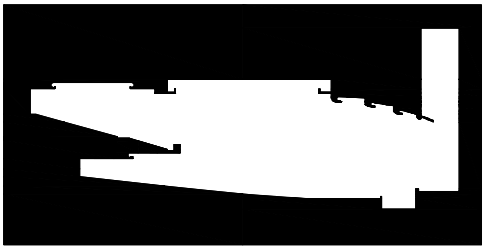
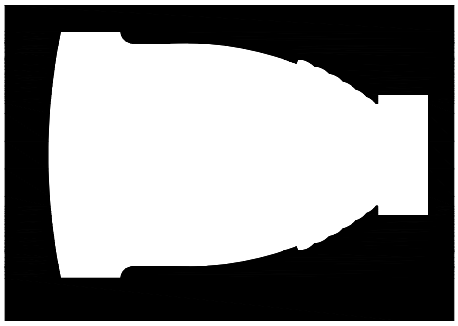
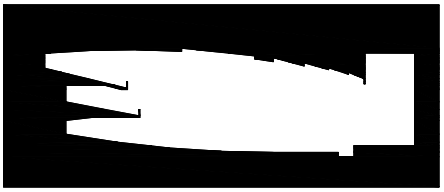
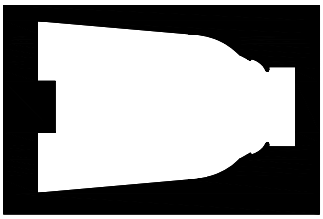
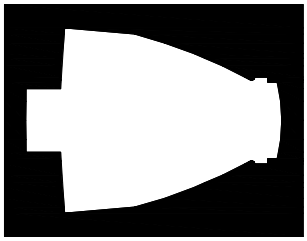
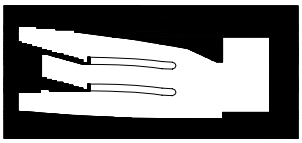
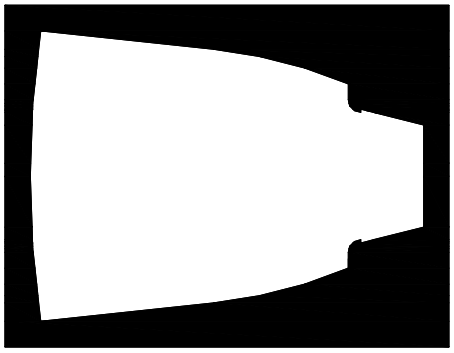
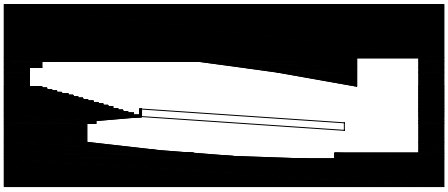


Figura 93: Auditório do Palácio da Liga das Nações (1927)

Fonte: www.fondationlecorbusier.fr

Tabela 20: Geometria das salas

	Planta	**Corte**
Cine Ufa-Palácio		
Cine Universo		
Cine Art Palácio		

Cine Ipiranga		
Cine Piratininga		

5.6 Relações dimensionais

A tabela de áreas (tabela 21) visa relacionar as dimensões das salas com o desempenho das salas.

Verifica-se uma relação entre a sala Universo e Piratininga nos seguintes aspectos: volume, capacidade, altura, largura, relação H x L x C (altura x largura x comprimento) e volume por espectador. Coincidentemente, são as salas que apresentaram os piores resultados em relação à inteligibilidade.

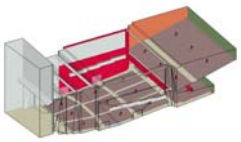
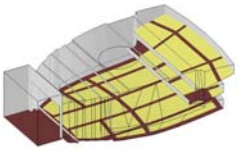
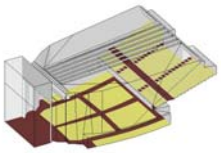
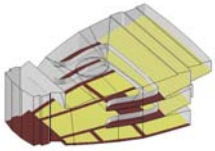
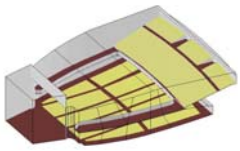
O Cine Ufa-Palácio apresenta o volume próximo dos Cines Universo e Piratininga, mas apresenta o maior valor em relação volume/espectador. Esse valor poderia influenciar num tempo de reverberação mais alto, entretanto, através do tratamento acústico realizado pelo arquiteto, verificou-se que o desempenho acústico foi satisfatório.

Destaca-se que o volume/espectador do Cine Ufa-Palácio apresentou a relação de 7,87m³/pessoa, sendo a que mais se aproxima da relação recomendada de 8,00m³/pessoa. A relação volume/espectador deve estar entre 5 e 8m³/pessoa, relação que é alcançada em quase todas as salas de cinema, exceto no Cine

Ipiranga, que apresentou uma relação bem próxima, de 4,97m³/pessoa. (GRANADO, 2002).

Nos cinemas Art Palácio e Ipiranga encontram-se algumas similaridades: volume, largura, comprimento, altura, relação H x L x C (altura x largura x comprimento), tendo a relação volume/espectador maior para o Cine Art Palácio, em virtude de os números de lugares serem menores. O Cine Ipiranga tem dois balcões, enquanto o Art Palácio apenas um.

Tabela 21: Tabela de áreas

	Volume (m³)	**Capacidade (lugares)**	**Altura (m)**	**Largura (m)**	**Comp. (m)**	**Relação H x L x C**	**Volume/ Espectador (m³)**
Cine Ufa-Palácio 	24.715,94	3.139	18,00	30,00	62,00	1,00 x 1,66 x 3,44	7,87
Cine Universo 	23.948,66	4.324	15,00	35,00	50,00	1,00 x 2,53 x 3,40	5,53
Cine Art Palácio 	9.222,35	1.429	12,00	27,00	33,00	1,00 x 2,25 x 2,75	6,45
Cine Ipiranga 	9.622,59	1.936	12,00	29,00	35,00	1,00 x 2,41 x 2,91	4,97
Cine Piratininga 	25.810,51	4.343	15,00	45,00	52,00	1,00 x 3,00 x 3,46	5,94

6. CONCLUSÕES

A reconstrução acústica das salas de cinema projetadas pelo arquiteto Rino Levi possibilitou o estudo de um dos personagens mais importante da arquitetura brasileira.

Verificou-se a visão de Levi em relação ao comportamento do profissional arquiteto, que deve ser técnico e artista, ou seja, conhecer os fenômenos físicos e acompanhar os progressos realizados em todas as áreas que envolvem a arquitetura. Destaca-se a acústica, que começava a ser estudada por alguns pesquisadores e já indicavam possibilidades e vasto campo de aplicações dessas teorias.

Essas possibilidades são identificadas nos projetos de Levi, que concebeu uma articulação com a teoria acústica do pesquisador Sabine numa formalização arquitetônica, criando expressões estéticas imprevistas como, por exemplo, a forma paraboloide.

O conhecimento dessas teorias está inserido nos projetos do cinema do arquiteto, tornando-se um dos seus grandes diferenciais, pois permitia a resolução de problemas e a obtenção de projetos que destacam a acústica como a principal condicionante.

A acústica torna-se protagonista nos seus projetos de cinemas, e as considerações para o desenvolvimento dos projetos visam a uma qualidade para os espectadores. Essas considerações baseiam-se na distribuição uniforme do som em todos os pontos da plateia e na inteligibilidade do som.

Nesse contexto, essa pesquisa identificou e avaliou as soluções adotadas em relação à acústica das salas de cinema projetadas por Levi, através da avalição de alguns parâmetros acústicos.

Os parâmetros acústicos avaliados auxiliaram para a compreensão dos resultados encontrados nas salas reconstruídas virtualmente. Através da média dos parâmetros avaliados para a frequência de referência 500Hz, na condição de sala vazia e de sala lotada, gerados pelo programa EASE 4.2, apresenta-se a relação desses parâmetros nas tabelas 22 e 23.

Tabela 22 – Relação entre os parâmetros (média) – 500Hz (Sala Vazia)

	EDT (s)	RaSTI	D50 (%)	C80(dB)
Cine Ufa-Palácio	2,76s	0,52	41,05%	0,47dB
Cine Ipiranga	2,83s	0,47	36,05%	-0,88dB
Cine Art Palácio	2,96s	0,46	33,97%	-1,19dB
Cine Piratininga	3,48s	0,42	29,86%	-2,01dB
Cine Universo	3,71s	0,40	23,54%	-3,74dB

Tabela 23 – Relação entre os parâmetros (média) – 500Hz (Sala Lotada)

	EDT (s)	RaSTI	D50 (%)	C80(dB)
Cine Ufa-Palácio	1,87s	0,56	45,66%	1,64dB
Cine Ipiranga	2,38	0,50	41,95%	0,54dB
Cine Art Palácio	2,64s	0,49	40,38%	0,22dB
Cine Piratininga	3,16	0,48	36,86%	-0,54dB
Cine Universo	3,07s	0,48	35,34%	-0,63dB

Nos valores apresentados nas tabelas 22 e 23, verifica-se uma relação entre os resultados de alguns cinemas. O cine Ufa-Pálacio apresenta comportamento distinto e os melhores resultados nas duas condições de ocupação. Os outros quatro cinemas podem ser resumidos em dois grupos: os cines Art Palácio e Ipiranga, num primeiro grupo, apresentando resultados intermediários, e os cines Universo e Piratininga, num segundo grupo, apresentando os piores resultados.

Através desses resultados, algumas soluções passam a ser questionadas, visando determinar a influência dessas considerações acústicas nos projetos de sala de cinema projetados por Levi, como a forma arquitetônica, a difusão e a determinação do tempo de reverberação.

Em relação à forma, destaca-se a forma parábola, por ser considerada a mais apropriada para a boa difusão das ondas sonoras. Foi utilizada timidamente no Cine Ufa-Palácio, visto ser uma forma muito avançada para o público da época, que não estava habituado a uma estética que poderia parecer extravagante.

No Cine Ufa-Palácio, emprega a forma paraboloide nas paredes e no forro próximos do palco (proscênio), entretanto a forma paraboloide apresenta curvatura inversa, contribuindo para a difusão. No Cine Universo, no Ipiranga e no Piratininga, a forma

é empregada na configuração geral das paredes laterais, dos forros e dos balcões. Após a avaliação dos resultados, verificou-se que o Cine Ufa-Palácio foi o cinema que apresentou os melhores desempenhos, indicando que a forma paraboloide parece não ser a forma mais apropriada para a boa difusão, como afirmava Levi.

Outro fator que está associado ao desempenho do Ufa-Palácio refere-se à geometria da sala, pois é o único que apresenta forma retangular; os outros têm formato de leque. Como apresentado no capítulo "Análise e discussão dos resultados", o formato de leque apresenta algumas desvantagens que foram identificadas em alguns projetos, principalmente nos maiores cinemas, como no Cine Universo e Cine Piratininga.

A boa difusão está associada à forma e ao emprego de refletores nos forros e nas paredes laterais. Em relação aos refletores nos forros e nas paredes laterais, percebe-se gradualmente a concepção de um desenho mais limpo ao longo dos projetos idealizados por Levi para os cinemas. No Cine Ufa-Palácio, o desenho dos refletores, tanto no forro como nas paredes laterais, apresenta detalhes mais elaborados; no Cine Universo, o desenho do forro consiste em quatro planos inclinados e nas paredes laterais em quatro superfícies côncavas, entretanto o desenho é menos elaborado; no Art Palácio, o forro e as paredes laterais próximos do palco apresentam apenas planos inclinados; no Cine Ipiranga, somente o forro apresenta um plano inclinado; e no Cine Piratininga, não é identificado nenhum elemento que visa ao espalhamento para as áreas consideradas críticas, tendo um desenho limpo e que destaca a forma paraboloide.

Analogamente, os Cine Universo e Cine Piratininga apresentam um desenho mais próximo do Palácio da Liga das Nações de Le Corbusier, e são novamente os que apresentaram os piores desempenhos em relação à inteligibilidade, fato que está associado ao tratamento dado pelo arquiteto no desenho dos refletores do forro e das paredes laterais.

Para Levi, o tratamento acústico, visando à determinação de tempos de reverberação, está associado ao volume e à especificação dos materiais nas superfícies das salas. Verifica-se uma mudança de metodologia nos projetos do arquiteto em relação à especificação dos materiais: no Cine Ufa-Palácio; a aplicação dos materiais absorventes é realizada nas paredes laterais, paredes do fundo e no forro somente do balcão; já nos outros cinemas, a aplicação restringe-se ao forro das salas e ao revestimentos dos balcões.

Essa mudança de metodologia pode ter contribuído para os resultados obtidos nos outros cinemas. O teto é a superfície mais importante de um ambiente para garantir intensidade adequada e boa distribuição. A opção do teto como espelho sonoro deve ser considerada no planejamento de um ambiente que deseja ter boas condições acústicas.

Em função da atividade, das dimensões das salas e da posição do sistema de aúdio da época, o teto torna-se o refletor mais útil, e o uso abusivo de material absorvente quase que inevitavelmente produz más condições acústicas. O fato pode ser novamente comprovado através da análise realizada, sendo o Cine Ufa-Palácio um exemplo no planejamento do tratamento das superfícies, como as paredes do fundo com material de absorção, para evitar reflexões tardias e, consequentemente, ecos.

Analisando os textos de Levi em relação à acustica, percebe-se o entedimento em relação ao comportamento das ondas sonoras, da necessidade de reforços, de como se evitar o fenômeno do eco, que prejudica a inteligibilidade, da distinção entre o tempo de reverberação necessário para a palavra e para a música; entretanto, nos cinemas, principalmente no Universo e Piratininga, as soluções empregadas não tiveram o desempenho desejado.

A importância do arquiteto Rino Levi para a arquitetura não pode ser questionada, mas verificou-se que algumas considerações acústicas, até então divulgadas como corretas, não contribuem para a obtenção plena de um desempenho acústico desejável. Destacam-se a forma paraboloide, o formato de leque e o tratamento acústico restrito ao teto do ambiente.

A forma parábola é uma seção cônica e relaciona-se com a superfície côncava. Essas superfícies são focalizantes e não satisfazem as exigências de distribuição do som, pois o reflexo do som concentra-se num ponto central. Em analogia à luz, o reflexo do som assemelha-se ao comportamento da luz, ou seja, o raio refletido tem seu ângulo em relação à superfície igual ao de incidência.

A arquitetura está sempre introduzindo novas ideias, reconsiderando ideias antigas, sintentizando-as através do desenho. Essa evolução caberá ao arquiteto o papel de traduzi-la no seu projeto. Grandes nomes da arquitetura conseguiram interpretar a arquitetura, tratando-a não somente como questão estética, relacionada ao sentido da visão, mas também como questão relacionada ao sentido da audição. Levi se enquadra entre esses nomes: através dos seus projetos, percebe-se a qualidade e o equilíbrio da luz, da temperatura e do som nos ambientes.

Levi realiza um projeto acústico referenciando grandes nomes da acústica, como Sabine, Eyring, Piacentini; deixa uma produção que não está baseada em questões de adivinhações e em adaptações posteriores à construção do edifício.

A técnica é o tema central para Levi, tornado-a fundamental para a renovação da arquitetura e ferramenta imprescindível para o profissional arquiteto. A partir da técnica, questões formais são determinadas, conforme pode ser visto nos cinemas projetados pelo arquiteto. A partir da elaboração desses projetos, Levi consolida uma produção que inter-relaciona arte, arquitetura e técnica.

Os cinemas tornaram-se um referencial na obra do arquiteto. Levi teve a oportunidade de participar da entrada do cinema na cidade de São Paulo, tornando-se um dos principais responsáveis pela construção da imagem de uma métropole moderna, principalmente a cidade de São Paulo, pois naquele período os cinemas eram considerados símbolos para a cidade que queria ser intitulada de moderna.

Essa imagem de metrópole moderna associa-se aos cinemas projetados por Levi, considerados inovadores por sintentizar, como já citado, aspectos técnicos, principalmente as exigências de acústica, em formas que simbolizam a função que pretendia atender.

Destaca-se novamente a forma parábola, considerada pelo arquiteto como a mais apropriada para a difusão do som e a que melhor atende as propriedades acústicas. Diversos pesquisadores divulgaram essa solução técnica, através de artigos, dissertações e teses, entretanto nunca estudaram para comprovar a sua eficiência. Nesse estudo, através da comparação de parâmetros acústicos entre os cinemas projetados pelo arquiteto, avaliou-se que essa solução passa a ser questionada.

Apesar de verificar que algumas soluções não apresentaram um desempenho plenamente satisfatório, a importância de Levi para a introdução e valorização da acústica no Brasil é incontestável. O arquiteto torna-se referência e os seus procedimentos projetuais passam a ser utilizados por diversos arquitetos para a elaboração dos seus projetos, pois para Levi a arquitetura resulta de uma compreensão racional do programa, ou seja, arquitetura é arte e ciência.

6.1 Sugestão para futuras pesquisas

As sugestões de temas para futuras pesquisas surgem a partir do desdobramento dessa pesquisa e para aprofundar a investigação sobre determinados temas.

- Avaliar comparativamente, através de modelos virtuais, as salas de cinema atuais com as salas de cinema reconstruídas virtualmente, com o objetivo de avaliar a influência da evolução tecnológica e das mudanças morfológicas e tipológicas.
- Realizar testes subjetivos com relação à qualidade acústica, em salas de cinema reconstruídas virtualmente, para identificar os melhores lugares nas salas e avaliar comparativamente os resultados obtidos entre elas.
- Comparar, através da avaliação entre as salas projetadas por Levi e cinemas representativos do mesmo período, o desempenho acústico e a qualidade dessas salas, visando identificar se existe diferença entre os projetos em realação aos parâmetros acústicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANELLI, R. L. S.; GUERRA, A. e KON; N. **Rino Levi: arquitetura e cidade**. São Paulo: Romano Guerra, 2001.

ANELLI, R. L. S. **Arquitetura e a cidade na obra de Rino Levi**. 1995. São Paulo. Tese (Doutorado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1995.

ANELLI, R. L. S. **Arquitetura de cinemas na cidade de São Paulo**.1990. 427f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CINEMATOGRAFIA. **ABC**. Projeto de recomendação técnica ABC: arquitetura de salas de exibição. Disponível em: <www.ctav.gov.br> Acessado em: 10 fev. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12237**: Projetos e instalações de salas de projeção cinematográfica, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12238**: Avaliação de projetos e instalações de salas de projeção cinematográfica, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Avaliação do ruído ambiente em recintos de edificações visando o conforto dos usuários, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados, 1992.

AUDIO ENGINEERING SOCIETY. Multichannel surround sound systems and operations. Dísponível em <http://www.aes.org>. Acesso em: 12 Mar. 2007.

AZEVEDO, A. V. **Teatros e auditórios – acústica e arquitetura**. Rio de Janeiro. H. Sheldon, 1994.

BARRON, M. **Auditorium acoustics and architectural design**. London, E & FN Spon, 2000.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

BISTAFA, S. R. Difusão sonora em salas: paradigmas do passado e estado da arte. In: I SEMINÁRIO DE MÚSICA, CIÊNCIA E TECONOLOGIA, 2004. São Paulo. **Anais do I Seminário de Música, Ciência e Teconologia**. São Paulo, 2004, p.98-129.

CAVANAUCH, W.J.; TOCCI, G.C.; WILKES, J.A. **Architectural Acoustics: Principles and Pratice**. New Jersey: Sheridan Books, 2010.

CONSOLARO, A. **O "ser" professor: arte e ciência no ensinar e aprender**. Maringá: Dental Press, 2002.

DE MARCO, C. S. **Elementos de acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

"Digital cinema: observations and considerations". Disponível em <www.dolby.com> Acessado em: 25 ago. 2006.

DOLBY DIGITAL. Digital cinema. Dísponível em <http://www.dolby.com>. Acesso em: 13 Mar. 2007.

"DTS Digital Sound". Disponível em <www.dts.com>. Acessado em: 25 ago. 2006.

EASE 4.2 Software. **User Manual**. ADA (Acoustic Design Ahnert), Berlin, Germany, 2004.

EGAN, M.D. **Architectural acoustics**. McGraw-Hill, New York, 2007.

FIALHO, R. N. O **desenho como metodolgia do projeto – Escritório técnico Rino Levi**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.

FUNARTE. **Tipologias**. Disponível em <http://www.ctac.gov.br>. Acesso em: 15 Abr. 2008.

GOMES, C. M. de S. **Arquiteto Rino Levi: seus partidos arquitetônicos para os projetos de salas de espetáculo**. 2004. 171f. Dissertação (Mestrado) Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2004.

GONSALES, Célia Helena Castro. "Residência e cidade – arquiteto Rino Levi". Arquitextos, 2001. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2008.

GRANADO JR, M. V.; BISTAFA, S. R. Simulação acústica de teatros com programa comercial de traçado de raios – relato de uma experiência. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. **Anais do VII Encontro Nacional de Conforto Ambiental no Ambiente Construído**, Curitiba, 2003, p.510-515.

GRANADO JR, M. V. **Acústica arquitetônica: subsídios para projetos de salas para palavra falada (teatro de palco italiano)**. 2002. Tese (Doutorado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.

HENRIQUE, L. L. **Acústica musical**. Lisboa: Fundação Calouse Gulbenkian, 2002.

ISO. **3382**: Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces, 2009.

ISO. **3382**: Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms, 2008.

KATZ, B. F. G.; WETHERILL, E. A. "The fall and rise of the Fogg Art Museum Lecture Hall: a forensic study". **Acoustics Today**, Jul, 2007.

LE CORBUSIER. **Palácio da Liga das Nações**. 1 fotografia, color. Disponível em: <http://www.fondationlecorbusier.fr>. Acesso em: 20 nov. 2010.

LEVI, R. Arquitetura é arte e ciência. **Revista Óculum**, n.3, Campinas, 1993.

LEVI, R. O sentido da síntese na arquitetura moderna. Conferência proferida na FAUUSP, 09 de maio de 1962.

LEVI, R. Cine Ipiranga. **Revista Acrópole**, n. 61. São Paulo, maio, 1943.

LEVI, R. Cine Ipiranga. **Revista Acrópole**, n. 58. São Paulo, maio, 1943.

LEVI, R. **Cine Piratininga**. 1936. Projeto Executivo do Cine Art Palácio.

LEVI, R. Cine Art Palacio e Predio para escritórios. **Revista Acrópole**, n.25, São Paulo, maio, 1940.

LEVI, R. Cine Universo. **Revista Polytecnica**, n.130, São Paulo, abr-jun, 1939.

LEVI, Rino. Cine Ufa-Palácio. **Revista Polytecnica**, n.123, São Paulo, abril, 1937.

LEVI, R. **Cine Art Palácio**. 1936. Projeto Executivo do Cine Art Palácio.

LEVI, R. (a) Considerações a propósito do estudo de um cinema em construção. **Revista Polytecnica**, n.122, São Paulo, abril, 1936.

LEVI, R. (b) **Cine Universo**. 1936. Projeto Executivo do Cine Universo.

LEVI, R. (c) **Cine Ufa-Palácio**. 1936. Projeto Executivo do Cine Ufa-Palácio.

MACHADO, R.; BRANDALISE, V.H. Congresp tomba Cine Ipiranga por compleo. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 07 out. 2010. Disponível em: <http://www.estadao.com.br >. Acesso em: 16 nov. 2010.

MACHADO, L. G. **Rino Levi e a renovação da arquitetura brasileira**. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1992.

METHA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Archiectural acoustics: principles and design**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

MERTEN, L. C. **Cinema: entre a realidade e o artifício**. Porto Alegre, RS: Artes e Ofícios, 2005.

MIYAMOTO, R. T. **Modelagem tridimensional com geometria construtiva de sólidos (CSG) para projetos de engenharia e arquitetura em sistemas CAD visando a portabilidade e estabilidade de objetos 3D**. 2008. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil – UEM, 2008.

MIGUEL, J. M. M. C. **A casa**. Londrina: Eduel, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

MIGUEL, J. M. M. C. **As casas de Rino Levi: um estudo de concepção espacial**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1985.

MINDLIN, H. **"Modern architecture in Brazil"**. Rio de Janeiro/Amsterdã: Colibri, 1956.

NASCIMENTO, Maria Helena. **O centro da cidade está feio e abandonado**. 1 fotografia, color. Disponível em: <http://www.cidadao.dpnet.com.br/cidadao>. Acesso em: 05 abr. 2010.

NEWMAN, R. B. (coord.) **Acústica arquitetônica**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Acústica, 1962.

OLIVEIRA, L. M. A. **Preservação do patrimônio arquitetônico: diretrizes para a restauração de salas de cinema em São Paulo**. 2006. 253f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2006.

PASSERI JR, L. **Estúdios e salas de gravação: as necessidades acústicas como indutoras do desenho**. 2003. 206f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2003.

PASSERI JR, L. **Subsídios para o projeto de teatros e auditórios multifuncionais: recursos de variabilidade acústica**. 2008. 198f. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2008.

PASSOS, T. Edifício Trianon abrigará shopping no Recife. **O Diário de Pernambuco**. Recife, 13 Jun. 2010. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br>. Acesso em: 10 Ago. 2010.

RENKUS-HEINZ Inc. EASE 4.2 Tutorial. Ease Software. ADA, Germany, 2008.

SABINE, P.E. **Acoustics and architectures**. New York and London, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1932.

SABINE, W.C. **Collected Pappers on Acoustics**. New York and London, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1922.

SANTORO, P. F. **A relação da sala de cinema com o espaço urbano em São Paulo: do pronviciano ao cosmopolita**. 2004. 294f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2004.

SCHAFER, R. M. **A Afinação do mundo**. São Paulo: Editora Unesp, 1997.

SERAPIÃO, F(a). Rino Levi, em cores. **Revista Projeto Design**, n.262, 2001.

SERAPIÃO, F(b). Vendem-se casas: da venda ao tombemento, os vários destinos do legado modernista pelo mundo afora. **Revista Projeto Design**, n.255, 2001.

SIMÕES, I. **Salas de cinemas em São Paulo**. Secretaria Municipal de Cultura de São Paulo, 1990.

SERRONI, J. C. **Teatros: uma memória do espaço cênico do Brasil**. São Paulo: Editora Senac, 2002.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. Belo Horizonte: EDTAL E.T. Ltda, 2002.

SOMEK, N. **A cidade vertical e o urbanismo modernizador**. São Paulo, Studio Nobel, 1997.

SUGIMOTO, Luiz. O arquiteto da industrialização. **Jornal da Unicamp**. Campinas. n.285. abr/maio, 2005.

TOOLE, F. E. "Audio - science in the service of art". Disponível em: <www.harman.com>. Acessado em: 18 Ago. 2006.

TOOLE, F. E. "Direction and space – the final frontiers". Disponível em: <www.harman.com>. Acessado em: 18 ago. 2006.

VANNUCHI, C. Divirta-se. Revista Época SP. Disponível em <http://www.epocasp.globo.com>. Acessado em: 04 maio. 2009.

VILELA, F. Rino Levi: Hespéria nos trópicos. Arquitextos, 2005. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br>. Acessado em: 08 maio. 2009.

VIVEIROS, E. Acústica de salas & técnicas impulsivas. III ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Gramado, 1995. **Anais do III Encontro Nacional de Conforto Ambiental no Ambiente Construído**. Gramado, 1995.

"What is a THX certified cinema"? Disponível em <www.thx.com>. Acessado em: 25 ago. 2006.

"What is SDDS"? Disponível em <www.sdds.com>. Acessado em: 25 ago. 2006.

YOKOTA, T.; SAKAMOTO, S.; HIDEKI, T. Visualization of sound propagation and scattering in rooms. **Acoustic, Science and Technology**, n.23, 2002. Disponível em <www.jstagejst.go.jp>. Acessado em: 10 jan. 2011.

GLOSSÁRIO

Absorção sonora: dissipação, condução e transmissão da energia sonora, nas mudanças de meio de propagação, ou simplesmente dissipação dessa energia, ao se propagar em meio homogêneo e isotrópico.

Balcão: níveis acima da plateia com assentos contínuos para espectadores. Acompanha as paredes laterais e de fundo da sala.

Bandas de frequência: cada um dos intervalos em que a faixa de frequências audíveis costuma ser subdividida para permitir a análise parcelada de sons e ruídos. As bandas de frequência de uso mais generalizado são as bandas de oitavas e bandas de terços de oitavas.

Condicionamento acústico: processo pelo qual se procura garantir em um recinto o tempo ótimo de reverberação e, se for o caso, também a boa distribuição do som.

Ensaio acústico: conjunto de procedimentos normalizados, ou objetivamente organizados, necessários à obtenção, análise e informação de dados representativos de um fenômeno sonoro.

Frequência: a velocidade com que as ondas sonoras são regularmente produzidas a partir de uma mesma fonte sonora é chamada de frequência (f) de vibração. Essa velocidade é medida em ciclos por segundo (cps) ou hertz (Hz). O período de tempo levado por um ciclo completo é chamado de período (t) de vibração.

Frequência centro-de-banda: frequência indicativa de uma banda de frequências, na qual ocupa uma posição mediana ou de centro. O centro de uma banda de oitava, ou de terço de oitava, é uma frequência preferencial cujo valor é, aproximadamente, a média geométrica dos valores extremos do intervalo.

Inteligibilidade: porcentagem das sequências sonoras emitidas por uma fonte e que são percebidas corretamente por um ouvinte.

Material acústico: qualquer material, considerado em termos de suas propriedades acústicas. Inadequadamente, costuma-se chamar de materiais acústicos somente os materiais absorventes sonoros especiais, ou seja, aqueles especialmente propostos com a finalidade de absorver sons.

Ondas sonora: ondas de pressão que se propagam num meio elástico, tendo a frequência situada entre 20 e 20.000Hz e que são as responsáveis pelos fenômenos acústicos.

Pressão Sonora: a pressão sonora no ar representa a variação da pressão atmosférica em relação a um valor de referência, percebido pelo ouvido. O ouvido humano responde a uma larga faixa de intensidade acústica, desde o limiar da audição até o limite da dor.

Reverberação: reverberação é o declínio gradual do som num ambiente, após a fonte sonora parar de produzi-lo.

Som: toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas, capaz de produzir no homem uma sensação auditiva.

Tempo de reverberação: tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido após a extinção da fonte sonora, e expresso em segundos. O tempo de reverberação é medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de intensidade de 60dB.

Tempo de reverberação ótimo: tempo de reverberação considerado ótimo para um determinado recinto e determinada atividade, e expresso em segundos.

Velocidade do som: é a velocidade de propagação das ondas sonoras no ar, à temperatura de 21°C, a partir de uma fonte qualquer, que equivale a 344,42m/s (aproximadamente 345m/s). Essa velocidade pode variar significativamente, para mais ou para menos, em função das condições de temperatura e umidade do ar.

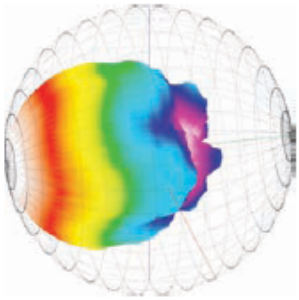
ANEXOS

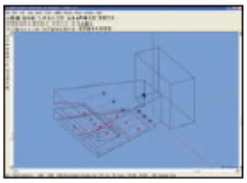
Anexo 01: Dados técnicos sobre o Programa EASE

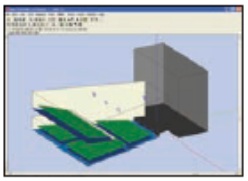
ELECTRO-ACOUSTIC SIMULATION SOFTWARE FOR INTEGRATORS, ENGINEERS & ACOUSTICAL CONSULTANTS

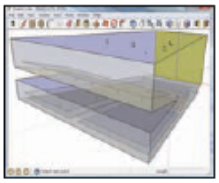
Acoustical Design - Analysis - Presentation

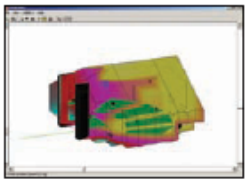
Version 4.3











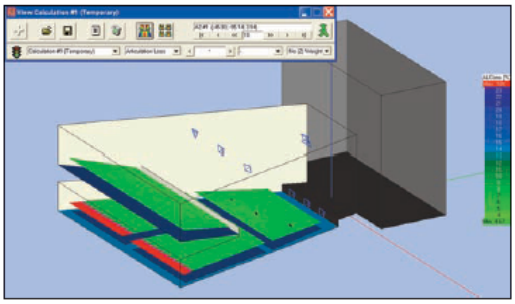
RENKUS-HEINZ

EASE, EASE JR, EARS, EARS RT, AURA © copyright ADA - Acoustic Design Ahnert. Berlin, Germany
EASERA, EASERA Pro © copyright SDA - Software Design Ahnert, Berlin, Germany

An Evolving Suite of Tools for Audio Professionals

- Design & Simulation – advanced mathematical models
- Smooth Workflow – document exchange
- Presentations – color maps to virtual reality

Since its introduction over 20 years ago, EASE has grown from a single MS-DOS program into a powerful and versatile suite of Windows® software. AFMG (Acoustic Design Ahnert & Software Design Ahnert) continues to expand and evolve the mathematical and acoustical algorithms, graphical user interfaces, and the tools for presenting and analyzing both measured and predicted acoustical data.

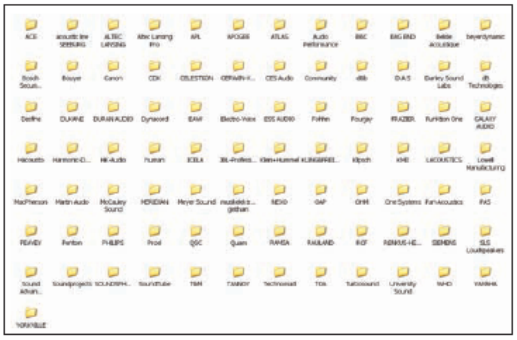


Typical ALCons Intelligibility Display

Today, the EASE software suite provides system designers and consultants with an invaluable set of tools for all aspects of professional practice, from detailed, realistic modeling and simulation of venue acoustics and sound system performance to informative and engaging client presentations, to comprehensive measurement and verification.

EASE & EASE JR take the guesswork out of system design, help eliminate costly mistakes and reduce installation time. They help designers learn and grow by graphically displaying accurate predictions of real-world acoustics. EASE models are an ideal way to explore options and to learn what works and what doesn't work – before the virtual venue becomes a job site and changes are time consuming and expensive.

AURA's advanced calculation engine is like an "acoustician's microscope." With the EASEView and the Movie and Vision modules, designers can quickly and easily create convincing visual presentations of acoustical concepts. EARS lets designers and clients listen to how their room will sound before the room is even built.



The ever expanding EASE Loudspeaker Database

Industry Standards

The ongoing evolution of EASE software means it continually becomes both more user-friendly and more accurate. Today, EASE and EASE JR are accepted and recognized worldwide as the standard-setters in acoustical modeling and simulation. Over 80 major loudspeaker manufacturers support the EASE database. Familiarity with EASE has become an essential qualification for audio professionals.

An Investment of Lasting Value

Lifetime Licensing: No Expiration Dates or Renewal Fees

EASE licenses are not time-limited, do not expire and never require a renewal or update fee.

Free Updates & Program Enhancements

Over the past five years EASE licensees have received 9 major updates at no additional cost.

Easy Upgrade Paths

At any time, licensees are free to upgrade the basic package from EASE JR to EASE, purchase additional license keys or add expansion modules, with full credit for previous ownership.

Outstanding Support & Training

Renkus-Heinz, the worldwide distributor of EASE software, has an expert technical support team that is only a phone call away. EASE training classes are held on a regular basis in Renkus-Heinz's Foothill Ranch facility. InfoComm offers EASE training during their yearly conventions.

EASE Training Room

Affordable - Expandable

Access to all the benefits of EASE JR and EASE software licenses – unlimited lifespan, continual updates with new features enhanced realism and accuracy, ongoing educational and technical support – is surprisingly affordable.. Any license can be upgraded as the professional needs and skills of the licensee require. For details visit www.renkus-heinz.com/ease.

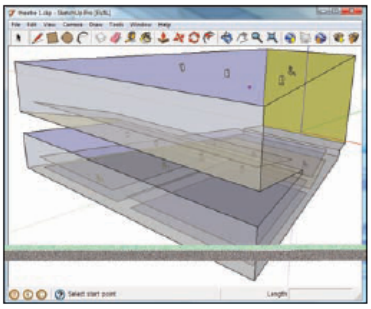
EASE JR - Powerful Modeling Software for Sound System Designers

A System Designers Best Friend

EASE & EASE JR Version 4.3 -- Setting New Standards

Version 4.3, the latest in a long line of EASE upgrades provided at no charge to users of earlier 4.0, 4.1 and 4.2 versions added a number of new features:

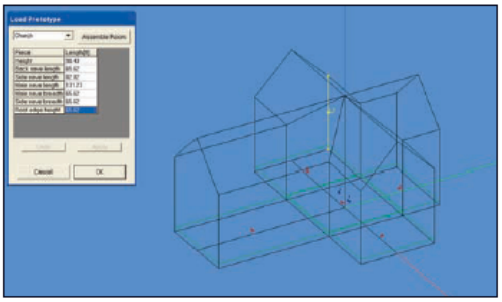
- The ability to both import AutoCad and Google Sketchup DXF drawing files and to export EASE drawings to AutoCad and Sketchup.
- STI intelligibility calculations based on MTI (Modulation Transfer Index) figures in accordance with IEC16 Standard IEC60268-16:2003. This allows both EASE JR and EASE to calculate STI for both open areas and closed rooms.
- ALCon and RaSTI intelligibility figures are then calculated from the STI figures, a more accurate method than the previous way.
- Pink Noise excitation signals for improved simulation accuracy and enhanced detail.
- A-Weighted frequency response curves.



EASE model shown in Sketchup

EASE JR -- A System Designers Best Friend

EASE JR is designed to answer the needs of system designers who don't need all the sophistication and power of EASE. Many professionals find that EASE JR has all the tools they need to develop both effective sound system designs and convincing client presentations.



One of 33 prototype room models that speed room modeling

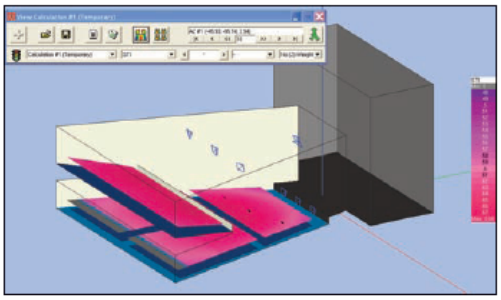
Powerful Design Tools

The EASE JR tool set includes:

- An exceptionally user-friendly Windows-based GUI.
- Easy to use 3D modeling and room drawing functions, including user-customizable templates for commonly encountered room types
- Ability to import AutoCad and Sketchup DXF drawing files.
- The industry's most complete open Loudspeaker Database, continually updated and expanded with data on thousands of loudspeaker models from over 80 major manufacturers.
- An open Surface Material Database that includes over 175 surface materials.

A wide range of simulations, all based on scientifically verified calculations

STI
Direct SPL
Alcons
RASTI
Total SPL
Direct/Reflected Sound Ratios
Critical Distance
C Measures
Arrival Times
Loudspeaker Coverage Overlap
Loudspeaker Aiming
ITD (Initial Time Delay) Gap



STI displayed on Audience Areas

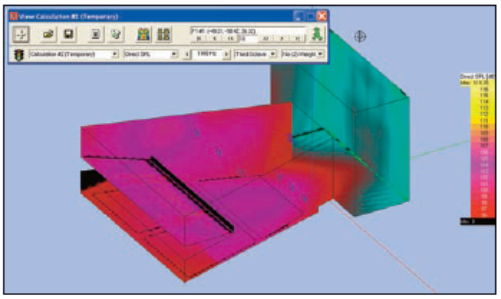
Essential Analytical Functions

Ray Tracing

EASE JR's Ray Tracing function shows room reflection patterns – absolutely essential for troubleshooting any design.

Direct Sound Auralization

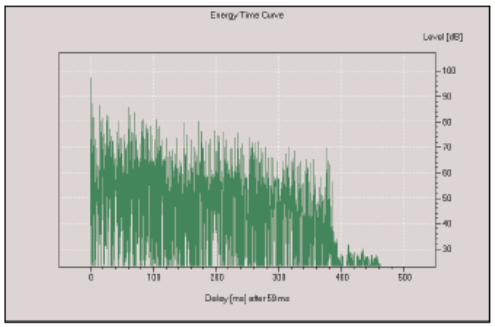
Allows you to actually listen to direct sound arrival delays in multi-loudspeaker system before the loudspeakers are installed. Mis-alignments are immediately audible and easily corrected in the design stage.



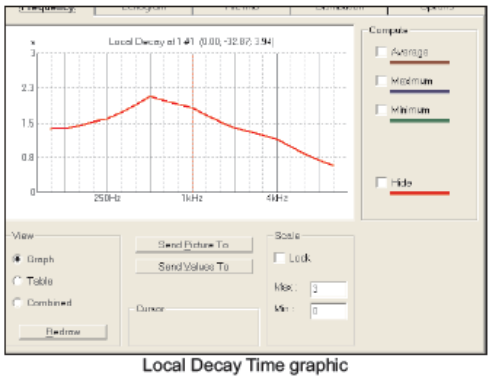
Direct SPL displayed on room surfaces

EASE - Comprehensive Modeling and Acoustic Analysis Software For World Class Venue & Sound System Design

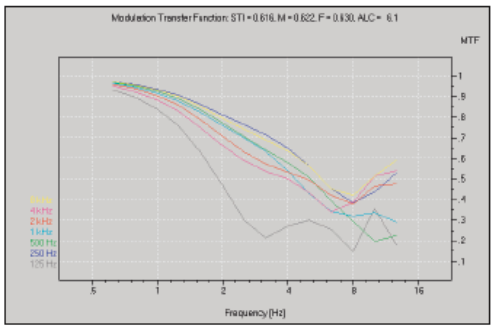
Setting the Acoustical Standard for 20 Years



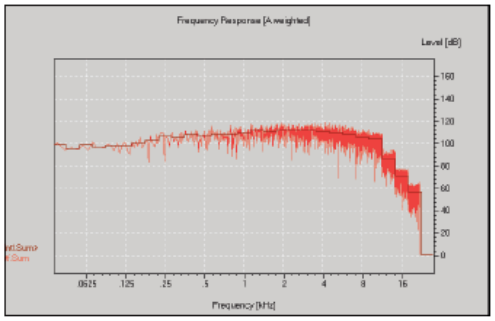
A typical EASE Reflectgram



Local Decay Time graphic



MTI and STI Window



Typical frequency response plot

Advanced Design Tools

EASE provides all of the simulation and presentation features offered by EASE JR, and adds extensive ray tracing and acoustical analysis capabilities. The advanced EASE tool set includes:

Acoustical Probe

EASE offers two different methods of Impact Studies. Both use ray tracing to register and store data on all rays impacting a specific location within the model over the length of the investigation. Data stored for each ray, at each frequency, includes arrival time, energy (SPL) level and direction (arrival angle).

The Acoustical Probe is then used to calculate, map and display the detailed acoustical data required for discovering optimal solutions in problem areas.

Available displays include:

- Reflectograms (EFC/ETC displays)
- Waterfall displays
- Pulse Directionality (Hedgehog) displays
- Schroeder RT Times
- Modular Transfer Function (MTF)
- STI Intelligibility Projections
- Impulse Response Files

Local Decay Times

Local Decay Times is a confidence-checking function that uses Ray Tracing to provide a means of quickly checking the RT at various spots in the room to verify the accuracy of the RT time provided by Eyring or Sabine RT formulas. The Eyring or Sabine formulas used by both EASE and EASE JR to develop RT (reverb decay time) values for certain measures are based on a model's volume and absorption characteristics.

These generalized mathematical formulas include assumptions that don't apply to every room and the accuracy of their predictions varies from room to room. The formulas also develop only a single set of RT values for the entire model while an actual room's RT varies from one location to another.

Mapping with Reflections – Enhanced Accuracy

Mapping With Reflections uses Ray Tracing to develop local RT figures, which are then fed back into the mapping calculations to improve prediction accuracy.

Local Ray Tracing

Local Ray Tracing saves time by using ray tracing "snap shots" to quickly identify problem areas that need more detailed investigation using the Acoustical probe.

Modular & Extensible

EASE is modular in design, fully extensible with powerful calculation and simulation packages for specialized design tasks. The AURA module extends the mathematical rigor and sophistication of the program's acoustical modeling. The advanced real-time auralization functions of the EARS module facilitate the creation of immersive virtual-reality presentations.

AURA - Analysis Utility For Room Acoustics

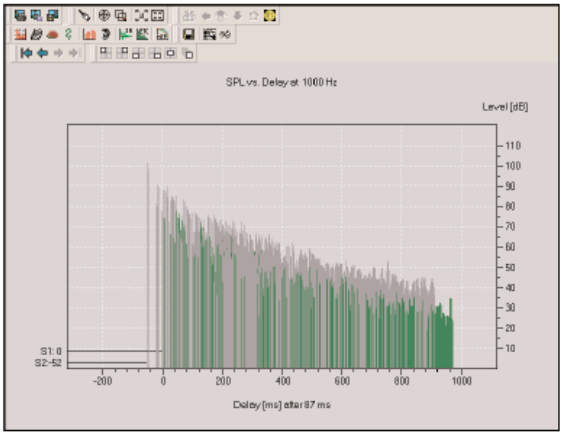
Rigorous Mathematical Modeling For Acousticians - Greater Precision, Faster Calculations

Advanced Acoustical Modeling Algorithms

AURA's highly efficient algorithms developed in conjunction with Aachen University drastically reduce the calculation time for reflection studies, while increasing accuracy.

AURA calculates with greater detail, employing both diffusion/scattering and ray tracing models. This enhances the accuracy of all calculations, ensuring the most accurate predictions, even when dealing with complex room models and the increasingly complex systems, such as line arrays, that are installed in those rooms. AURA generates more detailed impulse responses that can be used by EARS to generate even more realistic and accurate auralizations - *and in far less time.* AURA takes full advantage of multi-threading, multi-core PC's to reduce computing times by a factor of 10 or more. Calculations that once took hours are now completed in minutes.

AURA includes Echograms for both music and speech. Echograms predict the effects of seriously delayed energy spikes on speech intelligibility or musical coherence. AURA identifies potential problems in the design stage, where they can be corrected most easily and inexpensively.



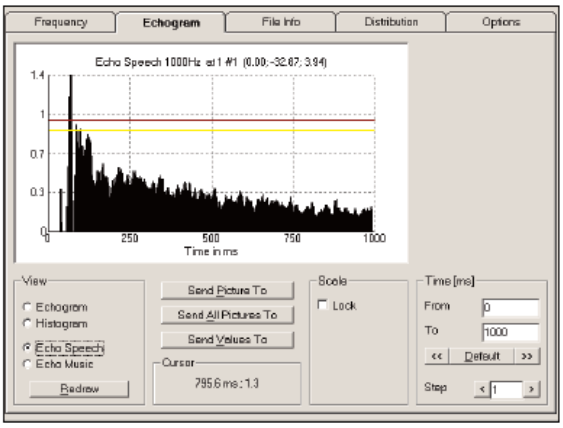
A typical AURA Reflectogram

An Acoustician's Acoustical Microscope

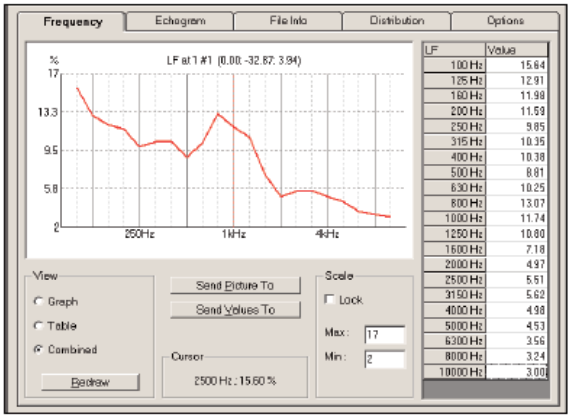
AURA calculates all the key room acoustical parameters defined in ISO 3382, the International Standard on Room Acoustical Measurements. ISO 3382 measures take into account the subjective aspects of the listening experience. They provide a more accurate and complete indication of listeners' perceptions of both speech and music than traditional parameters such as RT60 and Critical Distance.

AURA calculates:

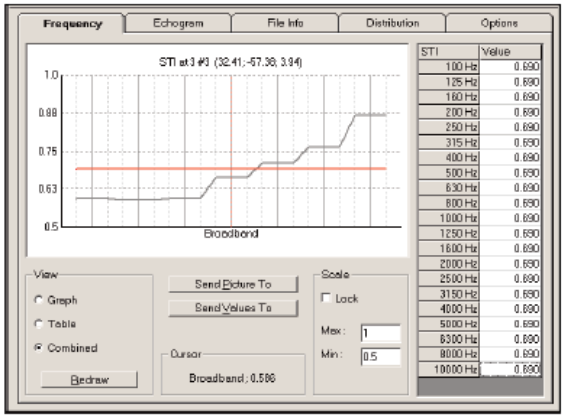
- Early Decay Times
- T10, T20 & T30 Reverberation Times
- Lateral Fraction (LF)
- Lateral Fraction Coefficient (LFC)
- Clarity (C80)
- Definition (C50)
- Sound Strength
- Center Time
- Plus Direct SPL, Total SPL, STI and Articulation Loss



Echo Speech Echogram



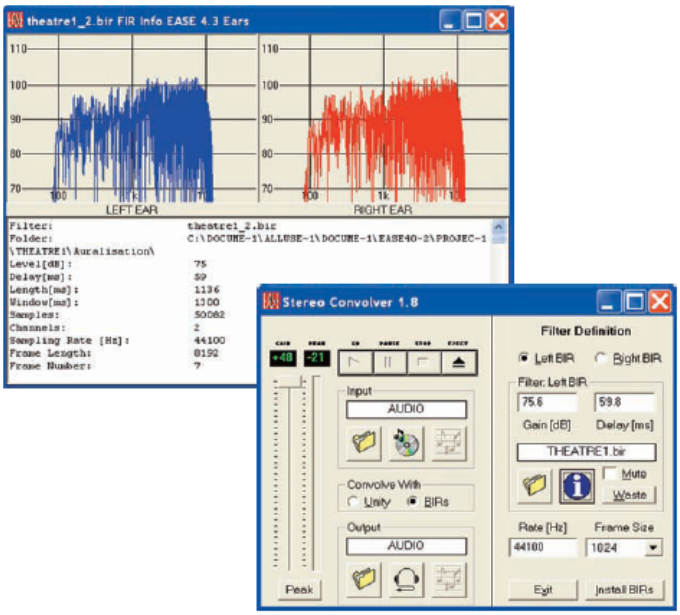
LF (Lateral Fraction) Display



MTI and STI Display

EARS - Electronically Auralized Room Simulation

Let your EARS be the judge of a room and sound system, before the room is even built.



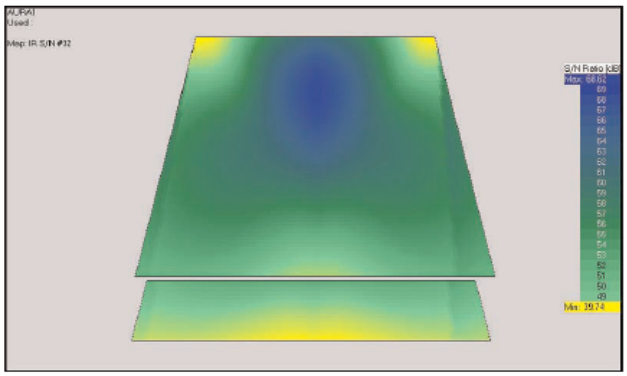
Believe Your EARS

The listening experience is the ultimate criterion for a project's success or failure. The EARS module lets you conduct subjective listening tests during the design phase, when problems are easily corrected. Auralizations can be replayed for close, critical listening to discover undesirable colorations, flutter echoes, slap-back reflections and other problems.

EARS provides remarkably realistic binaural auralizations that take into account the latest psychoacoustic research. There's no better way to prove the value of a new sound system or the need for additional acoustical treatment than to let the client hear how it will sound.

The auralization process begins with an impulse response: the acoustical signature of a specific location within the venue. This can be calculated by EASE or AURA or measured by EASERA or EASERA Pro. The audio program (typically speech, music or both) is convolved with the impulse response. A "head transform" is then applied to the auralization to produce separate signals for the left and right ear. This binaural output enables the listener to experience the room and the sound system with full dimensionality and realism.

IR: Mapping the Infrared Spectrum



IR Signal/Noise Display

IR Infrared Module

Infrared (IR) systems are the most common Assisted Listening systems installed to fulfill requirements of the Americans With Disabilities Act and other government regulations.

With the IR module, the performance of infrared systems can be simulated, analyzed and accurately predicted. Transmitters and Modulators are the infrared sources, and signal-to-noise mapping is used to predict system performance.

Hardware / Software Requirements

EASE and **EASE JR** run under Windows 2000, Windows XP, Windows 7 and Vista operating systems on computer with VGA graphics capability. Windows 95 is not supported: Windows ME (Millennium) is not recommended.

Minimum requirements are easily met by today's PCs and laptops: 256 MB or more of RAM, 600 MHz or higher clock speed and at least 2 Gigabytes of hard disk space. Higher clock speeds and larger 512 MB or more of RAM are recommended for advanced EASE users and for users of AURA and EARS. EARS requires a full duplex stereo sound card to output complete binaural auralizations. AURA fully supports multi-threading on multi-core computers

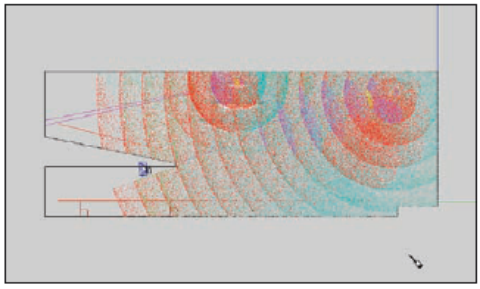
EASE and its associated modules will also run on Mac's using virtual PC software.

Powerful Presentation Tools
SpeakerLab & GLL Viewer

Professional Presentation Tools
VISION - OpenGL Viewer - Movies

Convincing the client is an essential step on the road to a successful project outcome. EASE JR gives you the tool set you'll need to show your work in formats that building owners, managers and other end users can understand and appreciate.

Movie Module
The Movie Module provides an educational animated display of sound propagation. It's one more way EASE JR can provide detailed insight into the performance of your sound system design, before it is installed.



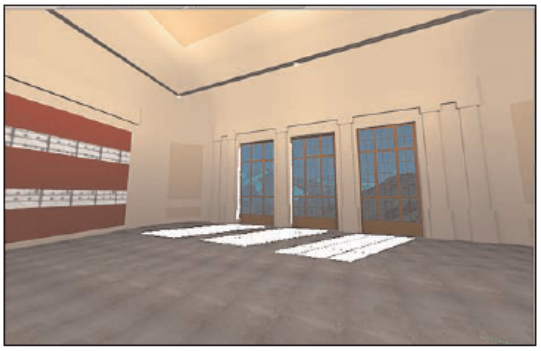
Movie shows propagation of sound into the room

OpenGL Viewer
The EASEView Open GL Viewer is a stand alone program included with EASE. It makes it easy for you to share EASE graphic files with your clients. Just give them a copy of EASEView and of your EASE Open GL graphic files and they can review your design at their leisure.

VISION: Photo-Realistic Renderings

EASE JR's VISION architectural rendering module takes you beyond 3D modeling. It gives you the power to apply light sources and textures to your surfaces, generating stunning photo-realistic images.

The 3D rendering power of VISION is part of EASE and EASE JR. It produces photo-realistic images of any model by adding lights of different directional characteristics, colors and intensities to produce shading, shadows and other realistic effects. Surface textures can be either reflective, shiny, dull, rough, or transparent. Applying bitmaps (photos of materials, scenes, etc.) to the surfaces creates realistic stone or brick walls, tile floors, even pictures, decorative objects or other details.



SpeakerLab
GLL - Generic Loudspeaker Library

The Generic Loudspeaker Library (GLL) is a comprehensive, descriptive and object-oriented data format, designed to store and exchange complex data on loudspeaker systems and acoustic sources of any kind, including:

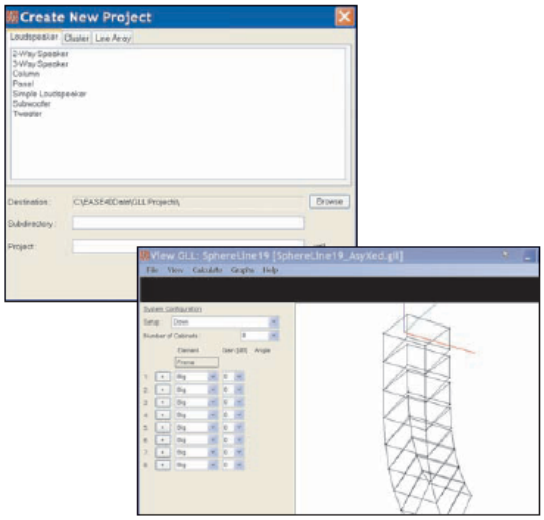
- line arrays
- column loudspeakers and steered columns
- loudspeaker clusters and arrays
- multi-way loudspeakers.

Conventional loudspeaker and balloon directivity data typically reduce all loudspeaker systems to abstract single elements – a simplifying assumption that is no longer required in today's era of cheap computer memory and processing power. Actual acoustical sources are more complex. Line arrays, for instance, often have variable rigging hardware and can assume multiple angular configurations. Column loudspeakers (both conventional and digitally controlled), clusters and vertical combinations of multi-way loudspeakers all differ radically from the "idealized" point source. Crossover and equalizer settings can alter the behavior of otherwise identical loudspeaker systems.

The Generic Loudspeaker Library was developed to take advantage of today's faster computers and provide more detailed and accurate data for use in simulations. The object-oriented GLL dataset resolves most of the issues found in conventional loudspeaker databases. Each acoustic source (transducer) is treated as a separate acoustic source, while the loudspeaker enclosure is modeled as a loudspeaker enclosure. If crossovers, rigging hardware or external equalizers are part of a given system, they can be included in the dataset and configured in EASE or EASE JR.

EASE SpeakerLab is the software used to define GLL projects and compile them into GLL files for use in EASE. An EASE user loads the data and manipulates it to simulate the acoustic behavior of the device.

The GLL Viewer is a simple, freely distributed program that allows inspection of a GLL loudspeaker model.



Ahnert / Feistel Media Group:

ADA (Acoustic Design Ahnert) & **SDA** (Software Design Ahnert)

Ahnert Feistel Media Group (AFMG) originated in the late 1980's. Through his work with AKG on the Delta Stereophonic System, Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Ahnert realized the importance of accurate acoustical design and analysis software. After scientific studies at Lomonossov University in Moscow, he teamed up with Dr. rer. nat. habil. Rainer Feistel, Professor of Theoretical Physics at Rostock University, to develop a computer program capable of scientifically simulating the Delta Stereophony concept. Dr. Ahnert applied his thorough theoretical training and practical experience in acoustics to design the software concepts. Dr. Feistel contributed both advanced calculation algorithms and user interface programming.

Soon after the Berlin Wall fell in 1989, ADA Acoustic Design Ahnert was founded. The previously-developed software prototype was given a functional interface and a now-familiar name: EASE (Electro-Acoustic Simulator for Engineers). EASE was first introduced to the professional audio industry in 1990 at the 88th AES Convention in Montreux. Shortly thereafter, Renkus-Heinz became the worldwide distributor of the English-language version. The rapid acceptance of EASE by professional acousticians and sound system designers encouraged the development team to expand the program's functionality and refine its accuracy, leading in 1994 to the last release for MS-DOS – EASE 2.1. Dipl.-Phys. Stefan Feistel joined the development team in 1995 to port EASE to the Windows operating system. EASE 3.0 was released in 1999 as the first version of EASE to run in the more user-friendly Windows environment.

The growing availability of both desktop and laptop computing power, along with increased demand for modular extensions to the EASE software suite, led to the decision to form a new company in order to put the software development on a professional basis. SDA Software Design Ahnert GmbH was founded in 1999. Its first goal was the development of a new software-based measurement platform that would unify all existing approaches in a modern format. The result, EASERA, was released in late 2004. Shortly after that the manufacturer-independent line array aiming and modeling program EASE Focus was released, along with other software packages engineered for professionals in the audio industry.

Today's Ahnert Feistel Media Group is composed of both ADA, which has expanded with satellite offices in Cairo, Egypt and Doha, Qatar, and SDA as well as the non-profit ADA - Foundation gGmbH. The mission of the ADA - Foundation is to support research into the science of acoustics by collaborating with leading universities in countries around the world, and by making academic discounts on AFMG-developed software available to students and researchers
.

EASE and its related programs are an ongoing joint development project of ADA and SDA. EASE has become the de facto industry standard for acoustic design and analysis. This is due to a number of factors: open databases, a foundation in rigorous academic research, and continual improvements in functionality and user interface that take advantage of exponential growth in computer processing power and speed.

Renkus-Heinz, Inc.

Renkus-Heinz has been researching the science and technology of sound since April 1, 1979. We are proud partners with Ahnert / Feistel Media Group as the worldwide distributors of EASE, EASERA and related software, and as a principal center for training and technical support.

Our involvement with AFMG is part of a relentless focus on accurate and natural reproduction of sound, speech and music that has produced 6 major US patents. Our pursuit of significant, measurable and audible improvements includes classic acoustical physics and advanced digital technologies as well as scientific software.

RHAON (the Renkus-Heinz Audio Operations Network), Iconyx Digital Controlled Array Systems and Reference Point Arrays exemplify our total systems approach. By exploding boundaries that separate loudspeakers, audio networking, signal processing, power amplification, cabling and hardware, we empower audio professionals to achieve excellence even in difficult conditions.

Our close working relationships with AFMG and other leading audio professionals worldwide expand our research and development capabilities. With advanced tools and innovative partners, we've solved problems for the most demanding houses of worship, sports centers, transportation terminals, performing arts centers, themed entertainment producers, cruise ships, event production teams, etc. Working together, there's no problem we can't solve.

EASE - Distributed Worldwide by:

RENKUS-HEINZ

19201 Cook Street, Foothill Ranch, CA 92610, USA • Phone: +1 949 588 9997 • Fax: +1 949 588 9514
sales@renkus-heinz.com • www.renkus-heinz.com

RH613 Rev A January 2010

ANEXO 02: Projeto de recomendação técnica ABC- Arquitetura de salas de Projeção Cinematográfica

Associação Brasileira de Cinematografia, ABC
Recomendação Técnica
Arquitetura de Salas de Projeção Cinematográfica

1 **Escopo da Recomendação**:
Esta Recomendação Técnica é uma iniciativa conjunta da Associação Brasileira Cinematografia, ABC, e da Secretaria do Audiovisual do Ministério da Cultura, através do Centro Técnico Audiovisual, CTAv, e da Cinemateca Brasileira.

Ela tem por objetivo determinar as características arquitetônicas básicas para projeções com boa qualidade técnica e conforto do espectador de acordo com as características da mídia cinematográfica contemporânea e da fisiologia humana.

O ponto de partida para a elaboração desta Recomendação é a norma técnica NBR12237 "Projetos e instalações de salas de projeção cinematográfica", elaborada por iniciativa do CTAv e publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, em 1988. Os parâmetros desta norma foram revistos para esta Recomendação visando incorporar as melhorias resultantes do desenvolvimento da tecnologia cinematográfica desde então além de acrescentar outros aspectos não abordados anteriormente, de acordo com parâmetros definidos por normas e recomendações técnicas nacionais e internacionais.

Os parâmetros definidos pela presente Recomendação aplicam-se, preferencialmente, a projeções utilizando processos foto-químicos 35mm ou digital (resolução de 2k ou superior), devendo ser utilizados também para projetos de salas de projeção eletrônica (abaixo de 2k) posto que os aspectos nela abordados, em sua maioria, relacionam-se à fisiologia humana que, obviamente, são as mesmas para qualquer tipo de projeção. Além disso, deve-se considerar que a tendência de melhoria da tecnologia de projeção digital, associada à sua popularização, permite antever que, em futuro não muito distante, ela venha a substituir tecnologias com menor qualidade.

Esta Recomendação não trata de aspectos relacionados ao funcionamento e desempenho de equipamentos de projeção, que são objeto de normas e/ou recomendações técnicas específicas. Tão pouco são abordados aspectos que garantam a segurança e a qualidade do ambiente como um todo, bem como aspectos definidos por legislações e posturas federais, municipais e estaduais.

2 **Referências**:
Para aplicação desta Recomendação faz-se necessário consultar as seguintes normas:

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 6401 Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto Parâmetros Básicos de Projeto**, 1980.
Norma técnica da ABNT que "fixa bases fundamentais para a elaboração de projetos de instalações de unidades com capacidade individual a partir de 9000 kcal/h".

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 9050 Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos**, 2004.
Norma técnica da ABNT que "estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade".

Organization for Standardization, **ISO 9568:1993, Cinematography -- Background acoustic noise levels in theatres, review rooms and dubbing rooms**, 1993.
Norma técnica da ISO, Organização Internacional de Normatização, que determina os parâmetros de nível de ruídos para salas de exibição.

3 **Definições**:

Distorção trapezoidal: deformação em forma de trapézio da imagem projetada na tela, resultante da inclinação do eixo do feixe de projeção em relação à normal ao plano da tela.

Distância de projeção: distância entre o centro óptico da lente de projeção e o centro geométrico da tela de projeção.

Escalonamento visual: disposição das poltronas do auditório visando garantir que a linha de visão de qualquer espectador até à borda inferior da tela não seja obstruída por outros espectadores ou poltronas à sua frente.

Feixe de projeção: fluxo luminoso em formato piramidal delimitado pelas bordas da tela de projeção e com vértice da pirâmide no centro óptico da lente de projeção.

Ruído de fundo: nível sonoro de todas as fontes de ruídos externas (tráfego, bombas d'água etc.) ou internas (ar condicionado, ventilação etc.) presentes na sala de projeção, excetuando-se os sons produzidos pelo sistema de som com a trilha sonora do filme.

Tela de projeção: superfície na qual é projetada o filme, com dimensões iguais às da maior imagem projetável, correspondente ao formato panorâmico 1:2,35 (Cinemascope), no qual a largura da imagem é igual a 2,35 vezes a altura da imagem. No caso de salas com projeção eletrônica ou digital na qual se utiliza o formato 1:1,78 (9:16), se considerará, para efeito do projeto da sala, uma tela com altura igual a que será utilizada no formato 1:1,78 mas com largura correspondente à do formato 1:2,35. Considera-se que a tela seja plana; no caso dela ser curva, a tela corresponderá a um plano que passe pelas quatro extremidades laterais da tela.

4 Aspectos físicos da sala de projeção

4.1 Dimensões da tela:

4.1.1 A largura (L) da tela de projeção deve ser igual ou, preferencialmente, superior à metade da distância (D) entre a tela e face anterior do encosto da poltrona instalada na última fileira. Alternativamente, é aceitável que a largura (L) seja igual ou, preferencialmente, superior à distância (D) dividida por 2,9. (FIGURA 1)

$$L \geq D \div 2{,}0 \text{ (recomendável)}$$
$$L \geq D \div 2{,}9 \text{ (aceitável)}$$

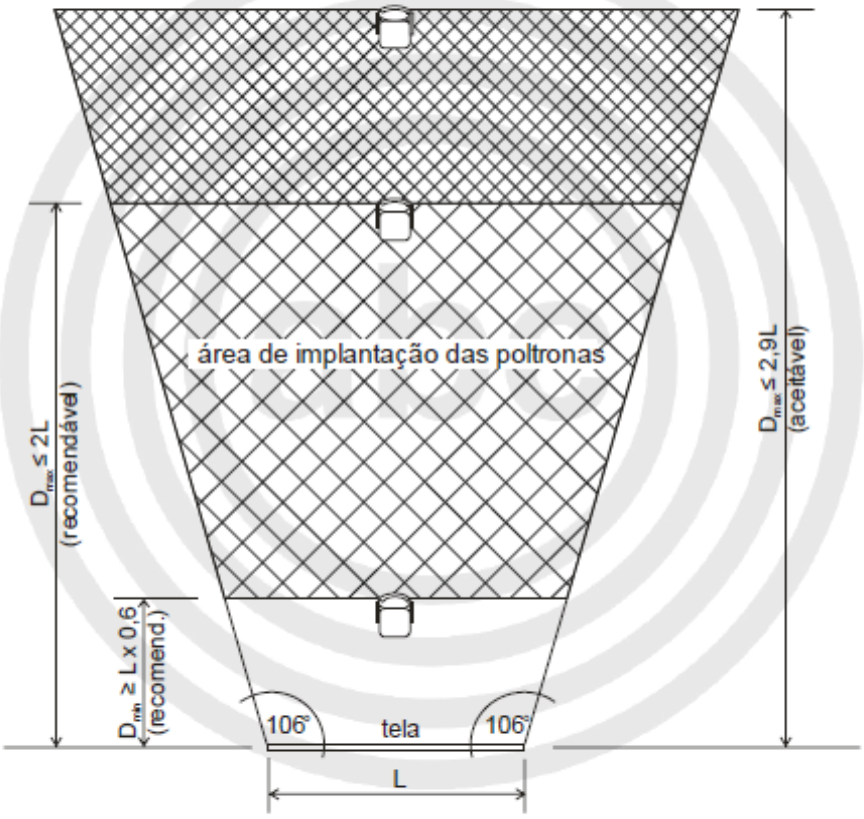


FIGURA 1 – Área de implantação das poltronas

4.1.2 A tela de projeção pode ser plana ou curva. Sendo curva, o seu raio de curvatura (R) deve ser superior a duas vezes a distância (D) entre a tela e a face anterior do encosto da poltrona mais afastada da tela.

$$R > 2\,D$$

4.2 **Implantação das poltronas:**

4.2.1 A distância mínima (D_{min}) entre a tela de projeção e a poltrona mais próxima a ela deve ser igual ou, preferencialmente, superior a 60% da largura (L) da tela no formato 1:2,35. (FIGURA 1)

$$D_{min} \geq L \times 0,6$$

4.2.2 Os ângulos máximos de visão do espectador sentado na poltrona mais próxima da tela devem ser iguais ou, preferencialmente, inferiores a:

a) 30 graus em relação a um plano horizontal (α) que passe pelo centro da altura da tela;
b) 40 graus em relação a um plano horizontal (β) que passe pela borda superior da tela.

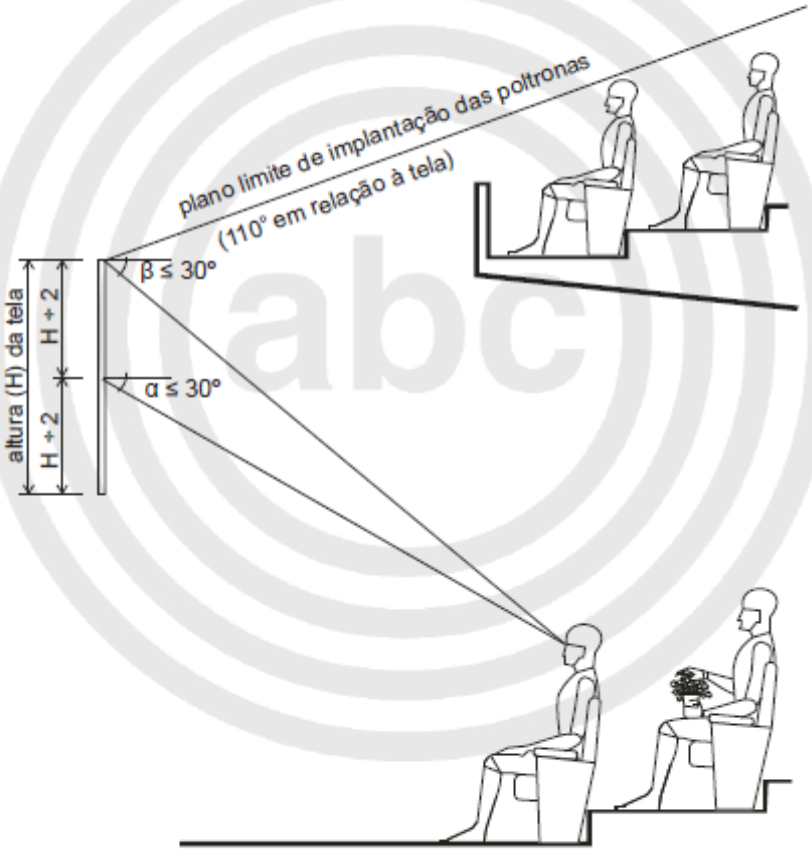


FIGURA 2 – Ângulos de visão à tela

4.2.3 A distância máxima (D_{max}) entre a tela de projeção e face anterior do encosto da poltrona mais afastada da tela deve ser igual ou, preferencialmente, inferior ao dobro da largura (L) da tela de projeção, sendo aceitável que a distância máxima (D_{max}) seja igual ou, preferencialmente, inferior a 2,9 vezes a largura (L) da tela. (FIGURA 1)

$$D_{max} \leq L \times 2{,}0 \text{ (recomendado)}$$
$$D_{max} \leq L \times 2{,}9 \text{ (aceitável)}$$

4.2.4 Todos os assentos devem estar compreendidos, em planta baixa, entre dois planos verticais que passem pelas extremidades laterais da tela formando um ângulo (γ) de 106° com o plano da tela. (FIGURA 1)

4.2.5 Todas as linhas de visão devem estar compreendidas, em corte longitudinal, abaixo de um plano que passe pela borda superior da tela, inclinado 110° em relação ao plano da tela. (FIGURA 2)

4.2.6 As poltronas devem ser dispostas de forma a se garantir um escalonamento visual igual ou, preferencialmente, superior a 0,15m (correspondente à distância entre o topo da cabeça e o nível dos olhos), considerando-se uma altura de 1,20m entre o nível dos olhos e o piso. (FIGURA 3)

As poltronas devem ser intercaladas entre fileiras dispondo-as de modo que num grupo de cinco poltronas quatro formem um retângulo e uma fique no centro. (FIGURA 4)

FIGURA 3 – Escalonamento visual

4.2.7 O ângulo θ formado pelo eixo perpendicular ao plano do encosto da poltrona e uma reta perpendicular ao centro da largura da tela, para cada poltrona, deve ser igual ou, preferencialmente, inferior a 15º. (FIGURA 4)

$$\theta \leq 15^{\circ}$$

4.2.8 O espaçamento entre as poltronas, medido da face anterior de um determinado encosto até a face anterior do encosto imediatamente à frente (ou atrás) deve ser igual ou, preferencialmente, superior a 1,00m. (FIGURA 4)

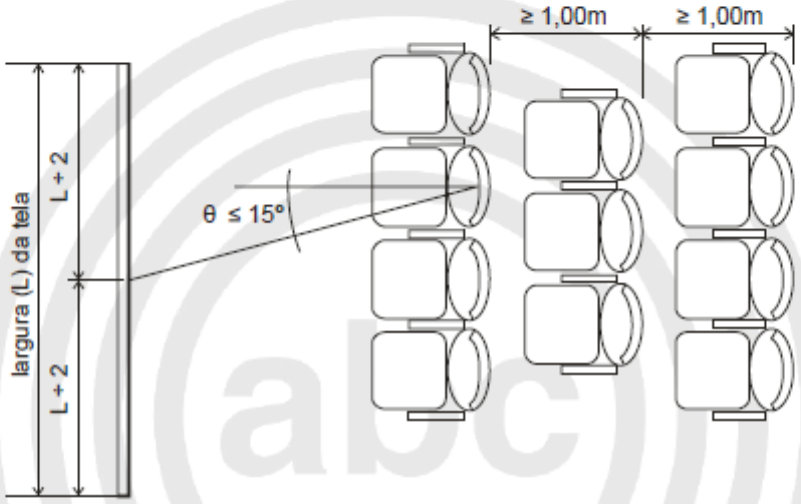


FIGURA 4 – Implantação das poltronas

4.3 Implantação da cabine de projeção:

4.3.1 A distorção trapezoidal horizontal (DT_{horz}) da imagem projetada provocada pela inclinação horizontal do eixo óptico de projeção em relação ao plano vertical passando pelo centro da tela deve ser, preferencialmente, inferior a 3%, sendo tolerável um valor máximo de 5%, desde que a relação entre a distância de projeção (D_{proj}) e a altura da imagem projetada na tela (H_{img}) seja maior do que 4.

$DT_{horz} \leq 3\%$ (recomendada)
$DT_{horz} \leq 5\%$ (tolerável, se $D_{proj} \div H_{img} > 4$)

4.3.2 A distorção trapezoidal vertical (DT_{vert}) da imagem projetada provocada pela inclinação vertical do eixo óptico de projeção em relação ao plano horizontal passando pelo centro da tela deve ser, preferencialmente, inferior a 3%, sendo tolerável um valor máximo de 5%.

$DT_{vert} \leq 3\%$ (recomendada)
$DT_{vert} \leq 5\%$ (tolerável)

OBS: A distorção trapezoidal é calculada a partir da seguinte fórmula:

Distorção trapezoidal horizontal (DT_{horz}) = (H sen α) ÷ (D' cos α)

Distorção trapezoidal vertical (DT_{vert}) = (L sen β) ÷ (D' cos β)

Onde:
L = largura da tela
H = altura da tela
D' = distância de projeção
α = ângulo de projeção horizontal
β = ângulo de projeção vertical

OBS: Embora alguns sistemas de projeção eletrônica disponham de funções para compensação das distorções da imagem, produzidas pelas angulações laterais ou verticais, é recomendável que a lente do projetor fique posicionada no interior da área definida por planos perpendiculares passando pelas bordas horizontais e verticais da tela de projeção. (FIGURA 5)

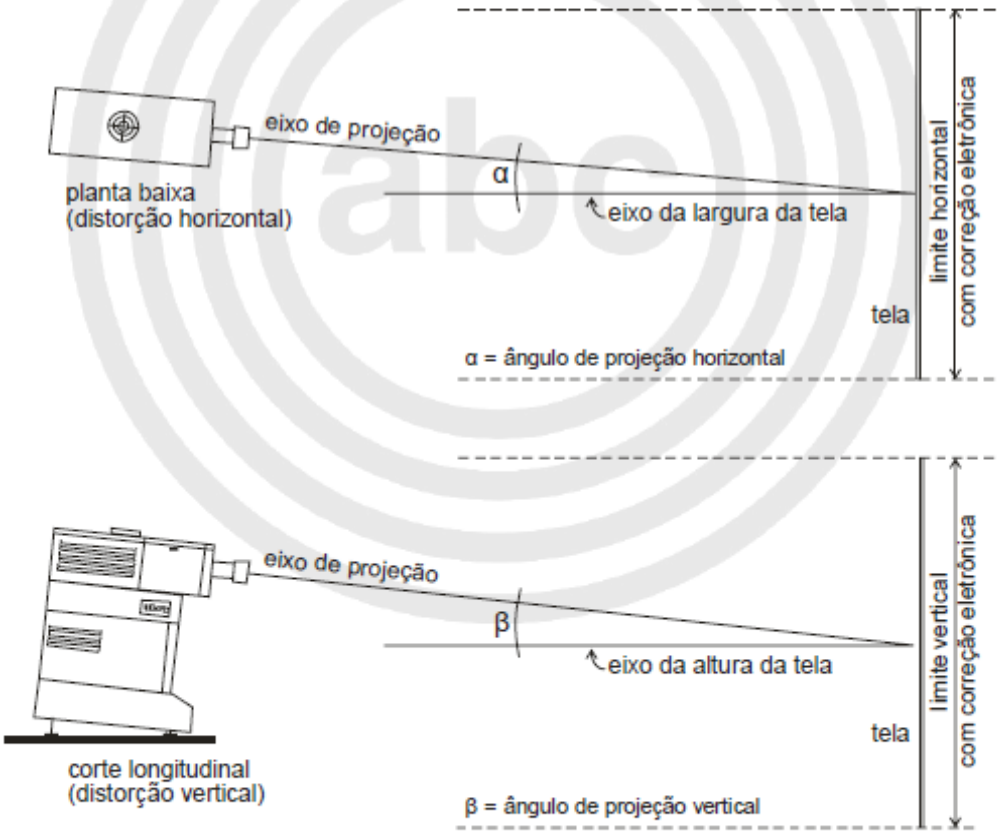


FIGURA 5 – Distorção trapezoidal da imagem projetada

4.2.3 A altura da borda inferior do feixe de projeção (H_{proj}) em relação ao plano de implantação das poltronas e de circulação do público deve ser igual ou, preferencialmente, superior a 1,90m.

$$H_{proj} \geq 2{,}00m$$

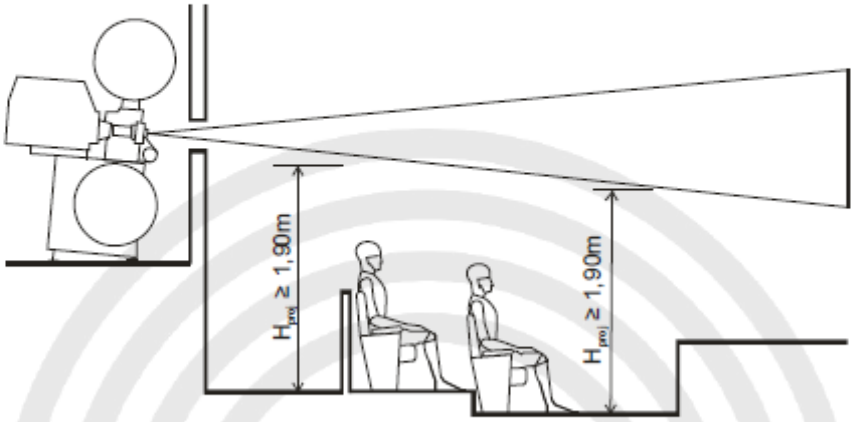


FIGURA 6 – Altura mínima do feixe de projeção

5 **Acústica da sala**:

5.1 **Nível de ruídos de fundo**:
O nível de ruídos de fundo (NRF_{max}) no interior do auditório de salas novas e/ou com reprodução sonora digital deve corresponder aos valores da curva NC 25.

$$NRF_{max} \leq NC\ 25$$

Em salas existente e/ou com reprodução sonora analógica, o nível de ruídos de fundo máximo (NRF_{max}) aceitável será da ordem de NC 30.

Em ambos os casos, o nível de ruídos de fundo mínimo deve corresponder aos valores da curva NC 20. Ruídos intrusivos intermitentes não devem elevar o nível ruídos de fundo para valores maiores do que os da curva NC 35.

5.2 **Perda de transmissão sonora entre salas adjacentes**:
A perda de transmissão sonora mínima (PT_{min}) entre salas de projeção adjacentes deve igual ou, preferencialmente, superior aos valores da TABELA 1, para salas novas, com som digital com NRF igual a NC 25:

Freqüência, Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Nível emissão máximo, dB	113	113	113	110	110	110	110	110
Nível recepção máximo, dB	54	44	37	31	27	24	22	21
PT_{min}, dB	59	69	76	79	83	79	88	89

TABELA 1 – Perda de transmissão entre salas adjacentes

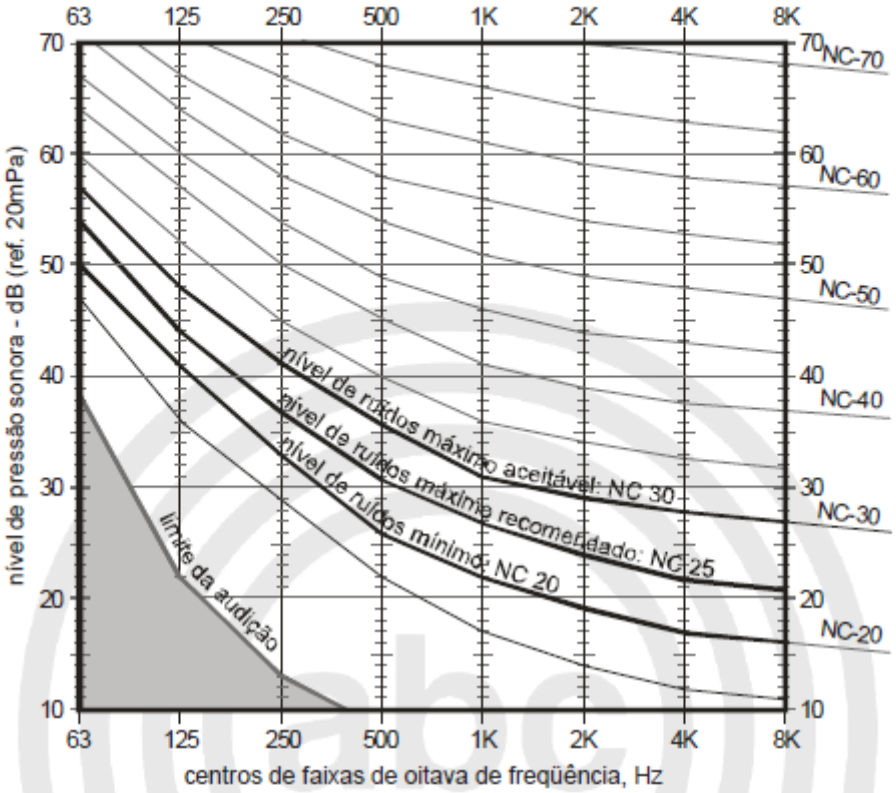


GRÁFICO 1 – Curvas NC

5.3 **Tempo de reverberação**:
O tempo de reverberação no auditório na faixa de oitava com centro em 500Hz será determinado em função do volume de sala, de acordo com o GRÁFICO 1. O tempo de reverberação nas demais faixas de oitavas entre 31,5Hz e 16kHz deve variar de acordo com os limites definidos pelo GRÁFICO 2. Note-se que o GRÁFICO 2 apresenta fatores de multiplicação que deverão ser aplicados ao valor recomendado para o volume da sala na faixa de 500Hz.

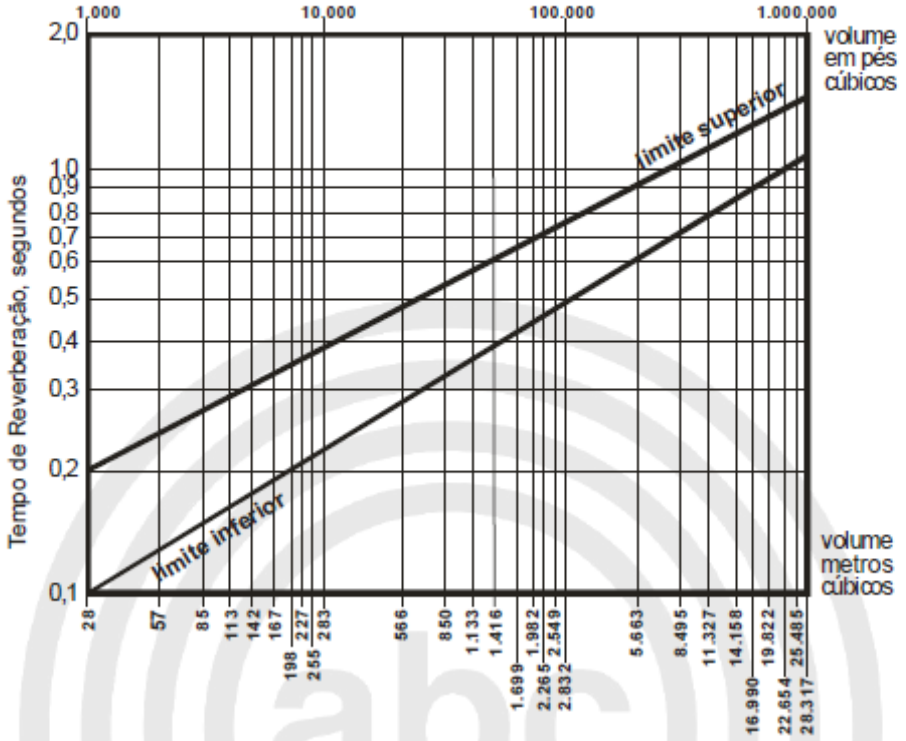


GRÁFICO 2 – Tempo de reverberação (500Hz) X volume da sala

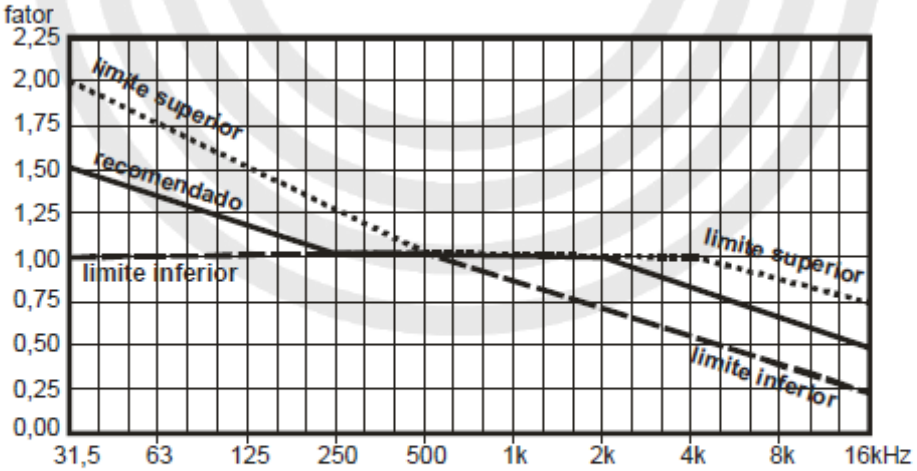


GRÁFICO 3 – Variação do tempo de reverberação por faixas de oitavas

6 **Iluminação da sala**:
Deve ser evitada ao máximo a interferência de luminosidade parasita na tela projeção, proveniente de outras fontes que não a fonte de luminosidade do projetor cinematográfico tais como: avisos luminosos, reflexões das superfícies internas etc. É recomendável que o nível de luminosidade parasita refletida na tela de projeção seja inferior a 0,03cd/m2 (0,01ft-L).

7 **Condições de conforto térmico**:
As condições de conforto térmico deverão obedecer aos parâmetros definidos pela norma NBR 6401, "Instalações centrais de ar condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto".

8 **Acessibilidade**:
O projeto da sala deverá atender aos parâmetros definidos pela norma NBR 9050, "Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos".

* * *