



A importância do arquiteto Rino Levi para a acústica no Brasil: o caso do cinema Ufa-Palácio

Tamanini, C. A. M.¹; Soares, P. F.²

¹ Departamento de Arquitetura e Urbanismo/Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, camtamanini@uem.br

² Departamento de Engenharia Civil/Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, psoares@uem.br

Resumo

Através da 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. 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. A importância de Levi para a introdução e valorização da acústica no Brasil é incontestável, tornando-se referência, e os seus procedimentos projetuais passam a ser utilizados para a elaboração dos projetos acústicos no Brasil.

Palavras-chave: Rino Levi, Cinema, Acústica de salas.

Abstract

Through the synthesis of memory, we can establish that the knowledge process is based on the relationship with the past, on artistic formation, on continuous learning and, mainly, on the human being. When analysing the trajectory of architect Rino Levi, the importance of retrieving information and the concern with constantly updating oneself is reported, that is, promoting the development of autonomy, so that learning is continuous. Learning and sensitivity are essential for obtaining the best results; and in architecture this is no different. It is perceived how the process of formation of the repertoire is related to true knowledge, that of the synthesis of memory, presenting its formation, thoughts, work, architectural design, and architectural acoustics. From the careful study of Rino Levi's work for the Ufa-Palácio movie theater, some conclusions can be drawn: the circumstances for the beginning of the study and application of acoustics in an architectural project and the talent in translating Sabine's teachings, through architectural examples and scientific paper. Levi's importance for the introduction and appreciation of acoustics in Brazil is undeniable, becoming a reference, and his design procedures are now used for the elaboration of acoustic projects in Brazil.

Keywords: Rino Levi, Movie theater, Room acoustics.

1. Introdução

A acústica, fundamental na arquitetura, deve conceber um projeto que não desvirtue as ideias propostas e contemple as diretrizes de um projeto acústico. No exemplo da produção arquitetônica do arquiteto Rino Levi, as salas de exibição, o arquiteto buscou adaptar-se, continuamente, às características do cinema, para possibilitar a sua interação com o filme e induzir o mergulho sensorial do espectador na experiência cinematográfica.

Devido às especificidades de cada atividade, recomenda-se a concepção de salas específicas para cada tipo de uso. Numa sala de exibição o objetivo 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 [1].

Por meio dessa descrição, torna-se necessária a realização de um resgate histórico numa sala de cinema projetada pelo arquiteto Rino Levi, devido à importância desta para o estudo da acústica no Brasil, o Cine Ufa-Palácio.

Para isso, apresenta-se a trajetória e a produção arquitetônica de Rino Levi e a sua visão em relação à acústica arquitetônica, destacando o Cinema Ufa-Palácio, estruturando a apresentação através da história, das características projetuais, das soluções acústicas empregadas por Levi, da reconstrução virtual do modelo e da avaliação dos parâmetros acústicos.

2. Procedimentos Metodológicos

O trabalho estrutura-se para analisar e interpretar a metodologia do arquiteto Rino Levi no projeto do Cine Ufa-Palácio, tendo como parâmetro os procedimentos especificados a seguir.

2.1 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, sendo encontrados poucos trabalhos com as mesmas particularidades.

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. 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 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, foi adotado neste trabalho.

2.2 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.

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) [2] .

3. Rino Levi

Rino Levi, grande nome da arquitetura moderna brasileira, merece destaque também na acústica no Brasil, pois é através de seus projetos que a acústica arquitetônica 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 sobre a acústica dos seus projetos. Esse artigo visa reconstruir acusticamente a sala de cinema Ufa-Palácio, projetada pelo arquiteto, explorando acusticamente nesse edifício histórico, 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.

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 à época em que foram propostos.

Outra característica marcante: ser pragmático. Por meio dessa 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.

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 esmiuçava os programas de necessidades com precisão [3].

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.

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.

3.1 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 desenvolver as suas próprias considerações para os seus projetos.

Pela primeira vez, vimos 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, se esclarece a importância da acústica na arquitetura e são apresentados alguns problemas acústicos na 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. 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 possuímos, 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) [4]

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.

4. Cinema Ufa-Palácio

Este estudo, por meio do método de modelagem acústica, teve como objetivo reconstruir acusticamente a sala de cinema projetada pelo arquiteto Rino Levi. Utilizando dados mensuráveis e relatos publicados por Rino e outros autores, foram criados modelos para simulação acústica. A partir dos modelos, realizaram-se comparações dos parâmetros acústicos e das respostas impulsivas, verificando a validade dos modelos.

Apresenta-se o cinema Cine Ufa-Palácio, que marca 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.

O primeiro da série de cinemas projetados por Rino Levi, o cinema Ufa-Palácio (figura 1a), 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 da cidade de São Paulo (GOMES, 2004) [5].

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, Mazaropi, um dos grandes nomes do cinema brasileiro, só lançava os seus filmes nessa sala. (figura 1b).



(a) Fachada do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Anelli, 2001



(b) Fachada do cinema – 2010
Fonte: arquivo pessoal, 2010

Figura 1: Fachadas do cinema

4.1 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) [6]. 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 2).

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 3).



Figura 2: Planta baixa do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Anelli (2001)

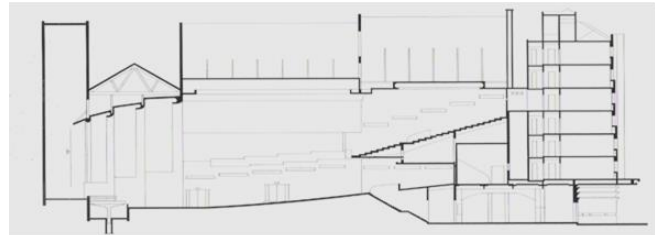


Figura 3: Corte longitudinal do Cine Ufa-Palácio
Fonte: Anelli (2001)

4.2 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 Polyécnica, no ano de 1936, explicando a metodologia de projeto.

Destaca que a condicionante acústica foi estabelecida 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, 1936a) [7]; está presente no corte das paredes, no forro próximo do proscênio e no corte do piso da plateia.

O Ufa-Palácio tinha sua forma resultante da aplicação de modernos cálculos de acústica em projetos de salas de espetáculos (figura 4 e 5). 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) [3].



Figura 4: Estudo acústico de distribuição do som – corte
Fonte: Levi (1936a)

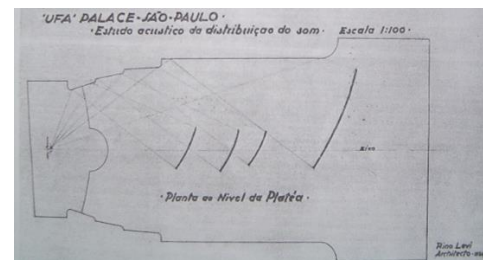


Figura 5: Estudo acústico de distribuição do som – planta
Fonte: Levi (1936a)

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 6), para a verificação dos tempos de reverberação propostos. 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	Quantidade	Absorções unitarias e totaes nas seguintes frequencias:							
		128	256	512	1.024	2.048	4.096		
Reboco lizo com pintura oleo	m ² 1200			0,07	21,8				
Reboco cimento penteado	* 2190			0,035	54,6				
Granulite artificial e marmore	* 185			0,01	1,9				
Pavimentos metalleo (Tubo. 10% de area dividida para paredes)	* 1930	0,05	96,5	0,05	58,-	0,06	115,8	0,09	173,5
Tapetes	* 260			0,15	6,5-				
Cortinas de veludo	* 183	0,06	11,-	0,37	49,4	0,44	80,5	0,50	91,5
Grelhas ventilacao	* 80	0,50	40,-	0,50	40,-	0,50	40,-	0,50	40,-
Acustici Celofex:									
DB-2 Perforaci ombro de teto, su alle #288.									
Perforaci Balcões (1000) * 27-	* 295	0,09	26,5	0,06	16,5	0,01	2,39-	0,06	202,9
1/2-Ferro Balcões nas fundas	* 438	0,05	21,9	0,05	20,45	0,04	2,80-	0,09	394,0
A - 2 Paredes lateraes Balcão	* 436	0,06	26,2	0,06	26,70	0,04	1,83-	0,09	213,4
Abt. Bd. 1/2 - Parede fundo Balcão	* 100	0,01	51,-	0,30	30,-	0,38	38,-	0,39	39,-
	* 7377		273,1		914,8		1116,6		1234,3
1/3 cadeiras vazias	* 1046			0,016	18,8	0,02	29,3	0,034	37,6
2/3 publico	* 2093	0,33	690,-	0,41	857,-	0,44	920,-	0,48	940,-
			963,1		1790,6		2065,9		2211,9
									2271,6
Reverberação formula de Sabine:-									
$t = \frac{0,164 V}{A}$			3,18"	1,71"	1,49"	1,39"	1,35"	1,56"	

Figura 6: Tabela com os cálculos - fórmula de Sabine

Fonte: Levi (1936b) [8]

5. 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.

Uma maneira de reproduzir tais soluções é a reconstrução acústica desse edifício histórico, destacando a sua forma e os materiais empregados. Os desenhos, os valores dos parâmetros acústicos e os detalhes construtivos são apresentados pelo arquiteto e utilizados como referência para a construção do modelo.

A sala apresenta um desenho limpo, sem ornamentos, entretanto utiliza-se da forma parabolóide 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, 1/2 de ocupação, 2/3 de 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 7 o modelo padrão gerado pelo EASE 4.2.

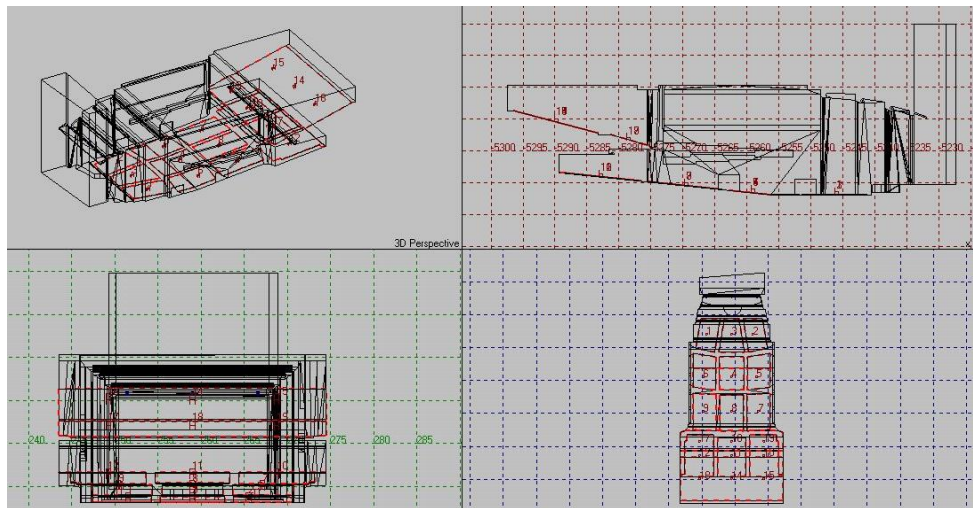


Figura 7: Modelo gerado no Programa EASE 4.2: perspectiva, cortes e planta – Cine Ufa-Palácio

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) [9].

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.

5.1 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, 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, 1/2 de ocupação, 2/3 de ocupação e sala lotada.

Na tabela 01, 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, 1/2 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 01: 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 equações de Sabine e Eyring. A equação de Sabine, uma das grandes contribuições do pesquisador Wallace Sabine, idealizada em 1896, relaciona o tempo de reverberação e absorção sonora, dada por: $TR = 0,161 \times V/A$, onde V é o volume do recinto (em m^3) e A é a absorção total do recinto (BISTAFA, 2006) [10]. O parâmetro A (absorção) de um material é obtido através da multiplicação do coeficiente de absorção (α) pela área de superfície (S).

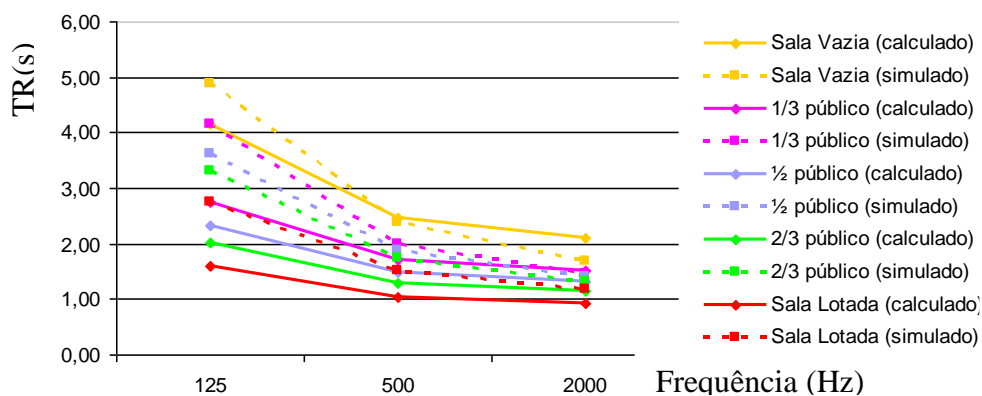
A partir de A é possível calcular o coeficiente médio de absorção (α_m), dividindo a absorção total (A) pela superfície total do recinto (S): $\alpha_m = A/S$. Esse parâmetro é determinante para a escolha da equação que deve ser utilizada para determinado espaço.

A equação 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 equação 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 equação de Sabine $\alpha = 1$, ou seja, absorção do ambiente é total, o tempo de reverberação não é nulo, propondo assim uma nova expressão. (GRANADO, 2003) [11].

Analisando, a equação 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 $\alpha_m = 0,32$; 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 7), 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 7:** 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 18.688m³, enquanto o volume gerado pelo modelo tem o valor de 24.715,94m³.

Assim, ao se realizarem 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 02). Comparando esses novos valores do tempo de reverberação com os simulados, os valores aproximam-se dos simulados, destacando para a frequência de 2.000Hz.

Tabela 02: 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

Comprova-se que a metodologia adotada pelo arquiteto para o cálculo dos tempos de reverberação era confiável e que o *software* de análise se apresenta 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.

Realiza-se também a avaliação das salas em relação aos parâmetros objetivos tempo de reverberação – TR e inteligibilidade da palavra falada – RaSTI. Em relação ao tempo de reverberação adota-se o gráfico da Associação Brasileira Cinematográfica – ABC [12] e da certificação THX [13]., conforme pode ser visto na figura 8 e 9.

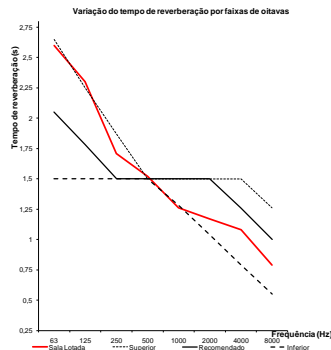


Figura 8: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros ABC, na condição lotado, calculados com a fórmula de Eyring

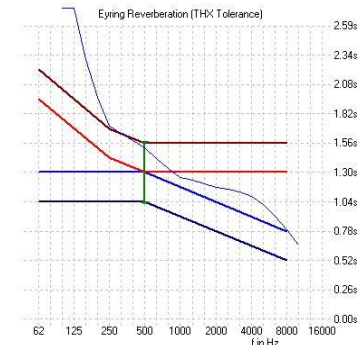


Figura 9: Tempos de reverberação em relação aos parâmetros THX, na condição lotado, calculados com a fórmula de Eyring

Em relação à análise ABC (figura 8), 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 9), observa-se que os tempos de reverberação se encontram 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 se encontram 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 10).

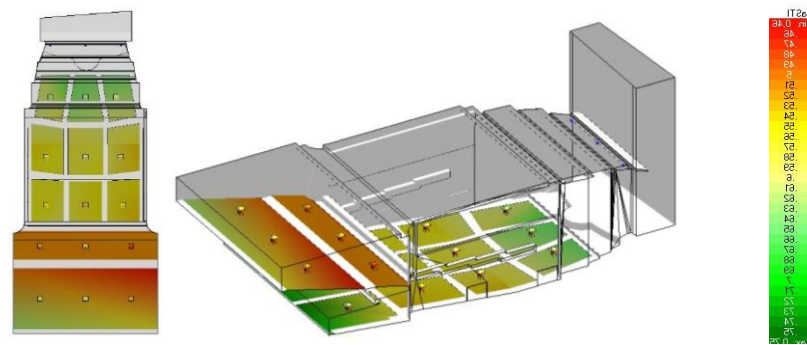


Figura 10: Inteligibilidade da Palavra (sala lotada) – Cine Ufa-Palácio

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 à 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 11), onde se verifica, através dos mapas acústicos (figura 12), a eficiência do forro próximo do proscênio, consequentemente de sua famosa forma parabolóide, contribuindo para a difusão do som. 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.

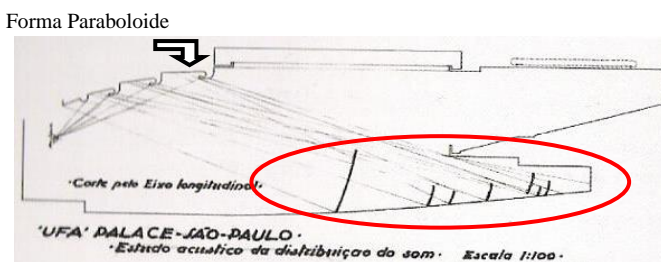


Figura 11: Difusão do som - Forma Parabolóide
Fonte: ANELLI (2001)

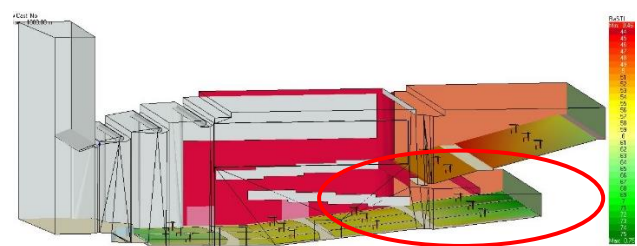


Figura 12: Inteligibilidade da palavra: em destaque a parte inferior do balcão

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.

6. CONCLUSÕES

A reconstrução acústica da sala de cinema projetada pelo arquiteto Rino Levi possibilitou o estudo de um dos personagens mais importantes 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 naquela época já 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 parabolóide. O conhecimento dessas teorias está inserido no projeto 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, esta pesquisa identificou e avaliou as soluções adotadas em relação à acústica da sala de cinema projetada por Levi, por meio da avaliação de alguns parâmetros acústicos. Os parâmetros acústicos avaliados auxiliaram para a compreensão dos resultados encontrados na sala reconstruída virtualmente. Nos valores apresentados, verifica-se que o cine Ufa-Palácio apresenta comportamento distinto e bons resultados nas duas condições de ocupação.

Em relação à forma, destaca-se a forma parábola, por ser considerada a mais apropriada para a boa difusão das ondas sonoras. No Cine Ufa-Palácio, foi empregada da forma paraboloide nas paredes e no forro próximos do palco (proscênio), entretanto a forma paraboloide apresenta curvatura inversa, contribuindo para a difusão. Outro fator que está associado ao desempenho do Ufa-Palácio refere-se à geometria da sala, pois apresenta forma retangular. A boa difusão está associada à forma e ao emprego de refletores nos forros e nas paredes laterais. No Cine Ufa-Palácio, o desenho dos refletores, tanto no forro como nas paredes laterais, apresenta detalhes elaborados.

Levi realizou um projeto acústico referenciando grandes nomes da acústica, como Sabine, Eyring, Piacentini; deixou uma produção que não está baseada em questões de adivinhações e em adaptações posteriores à construção do edifício. A arquitetura está sempre introduzindo novas ideias, reconsiderando ideias antigas, sintetizando-as por meio do desenho. Essa evolução, sempre meta do profissional, cabe 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 principalmente do som nos ambientes. Destaca-se que é importante não só a ênfase nos trabalhos de Rino Levi como o precursor da acústica no Brasil, como relatado neste artigo, mas também que essa lembrança seja um pouco da justa homenagem que este grande arquiteto merece.

Referências

1. HENRIQUE, L. L. *Acústica musical*. Lisboa: Fundação Calouse Gulbenkian, 2002.
2. 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.
3. ANELLI, R. L. S.; GUERRA, A. e KON; N. *Rino Levi: arquitetura e cidade*. São Paulo: Romano Guerra, 2001.
4. NEWMAN, R. B. (coord.) *Acústica arquitetônica*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Acústica, 1962.
5. 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.
6. ANELLI, R. L. S. *Arquitetura de cinemas na cidade de São Paulo*. 1990. 427f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, 1990.
7. LEVI, R. (a) *Considerações a propósito do estudo de um cinema em construção*. Revista Polytecnica, n.122, São Paulo, abril, 1936.
8. LEVI, R. (b) *Cine Ufa-Palácio*. 1936. Projeto Executivo do Cine Ufa-Palácio.
9. RENKUS-HEINZ Inc. *EASE 4.2 Tutorial*. Ease Software. ADA, Germany, 2008.
10. BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. São Paulo: Edgar Blücher, 2006
11. 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.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CINEMATOGRAFIA. ABC. *Projeto de recomendação técnica ABC: arquitetura de salas de exibição*. Disponível em: <www.ctav.gov.br> 2010.
13. “What is a THX certified cinema”? Disponível em <www.thx.com>. 2006.