

DESEMPENHO ACÚSTICO NA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA. ESTUDO DE CASO: A PAMPULHA

Gianni M.M. Cornacchia (1); Elvira B. Viveiros (2)

GAAMA – Grupo de Acústica Arquitetônica e do Meio Ambiente

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

(1) giannicornacchia@gmail.com

(2) elvira@pesquisador.cnpq.br

RESUMO

O movimento modernista brasileiro teve sua fase áurea entre os anos 30 e 50 do século passado, com a renovação da produção a partir da ruptura com o estilo vigente à época. Na arquitetura, mais especificamente, o país ganhou posição expressiva no cenário mundial, com obras de destaque e arquitetos reconhecidos internacionalmente. Um dos princípios básicos do modernismo foi levar para os projetos os elementos formais de leveza, grandes vãos, independência estrutural, lajes de perímetros curvos, uso de terraços, varandas, marquises e grandes panos envidraçados. Aliados ao aparecimento de novas tecnologias e materiais construtivos, esses elementos eram advindos das transformações estéticas propostas pelas vanguardas artísticas das décadas de 1910 e 1920. A análise de diversos aspectos de obras arquitetônicas, que em muitos casos ultrapassa questões de ordem técnica, construtiva ou material, incluindo também atributos humanos, culturais, simbólicos, ambientais e econômicos, podem ser encontrados na literatura. A proposta deste trabalho é analisar os edifícios que compõem o complexo da Pampulha, em Belo Horizonte, projetos ícones da arquitetura moderna brasileira, sob uma óptica pouco explorada, o desempenho acústico. Para tanto, somaram-se estudos teóricos e simulações computacionais, de forma a obterem-se indicativos de conforto acústico. Como resultado desse estudo aponta-se, em todos os edifícios analisados, uma baixa qualidade acústica, evidenciada pelos altos valores do tempo de reverberação obtidos.

Palavras-chave: conforto acústico, arquitetura moderna, desempenho acústico

ABSTRACT

The Brazilian modernist movement had its golden period between the 30 and 50 decades of the last century, with the new production arising from the rupture of the ongoing style. In architecture, more specifically, the country won expressive position in the global scenery, with architectural masterpieces and internationally recognized architects. One of the basic principles of modernism was to bring to architectural designs lightness, large spaces, independent structure, curved slabs, terraces, balconies and large glazings. Boosted by the emergence of novel technologies and constructive materials, those factors were result of the formal changes proposed by the artistic vanguards of the decades of 1910 and 1920. The analysis of various architectural aspects, which in many cases exceeds solely technical, constructive or material issues, but also including subjective, cultural, symbolic, environmental and economic considerations, can be found in the literature. The purpose of this study is to examine the buildings that constitute the complex of Pampulha, in Belo Horizonte, icons of modern Brazilian architecture, from a less explored viewpoint, the acoustic performance of the buildings. The acoustic comfort were by theoretical studies and computer simulations. As a result, all the buildings investigated showed low acoustic quality, evidenced by their high values of the reverberation time.

Keywords: acoustic comfort, modern architecture, acoustic performance

1 INTRODUÇÃO

1.1 Arquitetura moderna brasileira

O movimento modernista brasileiro teve seu início nos anos 30 e conquistou a admiração de grandes nomes da arquitetura do país daquela época. Para Carsalade (2006), o modernismo pressupunha os aspectos de inovação e transformação, característicos não apenas da arquitetura como um todo, mas também da própria atitude da modernidade, que estava estampada no desejo de transformação e renovação a partir da ruptura com o estilo vigente.

A partir da modernidade, o conteúdo da arquitetura começa a ser vista de modo diferente. Ela passa a ser encarada como um instrumento social e não mais apenas como um elemento da arte. Com isso a arquitetura passa a ter três óticas. Caráter tecnicista, no qual a arquitetura se volta para a geometria, para a forma lógica, para a matemática, para a estrutura como um novo sentido estético; caráter funcional e utilitário, na qual a arquitetura deveria ser utilizada pelo cidadão comum e pela coletividade; caráter de verdade, no qual a arquitetura assume a sua estrutura, seus materiais e seus componentes. O edifício moderno é dado pela funcionalidade, pela racionalidade, pela lógica e pela beleza.

Segundo Bruand (2002), o primeiro traço marcante da arquitetura moderna brasileira é a monumentalidade. Os edifícios oficiais, em geral, isolados, impunham-se no contexto urbano ou natural que lhes correspondia; não podiam passar despercebidos, sob pena de perder em parte sua razão de ser. Dessa primeira condição derivava a importância atribuída nesses edifícios aos problemas formais, especialmente a seu aspecto externo, em geral o mais cuidado.

O segundo traço é inspirado no racionalismo de Le Corbusier e os arquitetos modernistas tomaram como premissa a estrutura independente adotada por quase todos, que permitia toda a liberdade no tratamento das fachadas. Assim a imaginação plástica voltou-se para este ponto, no qual entra em cena ao mesmo tempo a oposição dos materiais, a cor, a sombra, a luz e, principalmente, o emprego sistemáticos dos *brise-soleils* em todos os casos onde funcionalmente se justificava. As teorias do arquiteto francês, particularmente os cinco pontos da nova arquitetura – pilotis, terraço-jardim, planta livre, fachada livre, janela na horizontal – passavam a ser de conhecimento de todos os jovens arquitetos brasileiros que, no entanto, aplicavam-nos mecanicamente, como se fossem fórmulas matemáticas.

O terceiro ponto marcante é caracterizado pela beleza, tanto formal, quanto material, e por um efeito de síntese das artes, no qual nem sempre era necessário pensar nos custos e nos gastos. Esculturas, pintura mural e azulejos são o complemento quase obrigatório e, em geral, de grande efeito. O mesmo arquiteto ainda salienta que os aspectos plásticos dos edifícios não foram desprezados, tendo as soluções formais acompanhado passo a passo as soluções de ordem funcional.

Verifica-se, ao final da segunda guerra mundial, quando a nova arquitetura brasileira passou a ser conhecida no exterior, obtendo imediata consagração, que ela tinha a seu crédito um certo número de realizações de primeira ordem; havia superado a fase das experiências e afirmava-se como um movimento autônomo, decorrente da ação teórica e prática de Le Corbusier, mas que havia encontrado uma expressão pessoal, distinta de tudo o que se fazia até então.

Tendo esse cenário como foco, este estudo pretende contribuir na avaliação da arquitetura moderna brasileira, a partir do seu desempenho acústico. O objetivo deste trabalho piloto é avaliar o nível de desempenho acústico dos edifícios que fazem parte do Complexo arquitetônico da Pampulha, projeto de Oscar Niemeyer, em Belo Horizonte. Para esta análise será avaliado o tempo de reverberação dos edifícios Cassino (atual Museu de Arte Moderna), Iate Tênis Clube, Casa do Baile e Igreja de São Francisco de Assis.

1.2 O Arquiteto Oscar Niemeyer

Não há dúvida de que o fato do Brasil ocupar hoje um lugar de destaque no panorama geral da arquitetura contemporânea deve-se, antes de mais nada, ao espírito inventivo e à grande liberdade de concepção demonstrado por um certo número de arquitetos no campo estético. É certo que a atenção mundial foi atraída por essa originalidade e vivacidade de inspiração que romperam as cadeias de um racionalismo por demais estreito. O sucesso de Oscar Niemeyer, indiscutivelmente o personagem mais representativo dessa tendência, chegou a tal ponto que a opinião internacional por vezes focalizou a arquitetura brasileira exclusivamente através de sua obra. É claro que é um erro de óptica, que mascara a diversidade das correntes existentes e deixa um pouco à sombra outras personalidades importantes, mas esse exagero manifesto explica-se facilmente: existe sempre uma tentação natural de agrupar a obra de uma época e de um país em torno de uma figura que tenha desempenhado um papel preponderante (BRUAND, 2002). Para Maciel (2006) Niemeyer é quem mais radicalmente explorou as grandes estruturas para mostrar o desenvolvimento da engenharia nacional nas suas obras, quase que exclusivamente obras públicas nacionais e estrangeiras, fato que conquistou enorme popularidade.

1.3 Breve descrição do conjunto da Pampulha

1.3.1 Surgimento

A construção do Grande Hotel de Ouro Preto colocou Niemeyer em contato com as autoridades do governo de Minas Gerais. O prefeito da cidade de Belo Horizonte, Juscelino Kubitschek, confiou-lhe a tarefa de projetar um conjunto de edifícios, dispersos em torno da lagoa artificial da Pampulha, destinados a configurarem o centro de uma futura área de lazer voltado para o vetor norte de expansão da capital mineira. O programa previa cinco edifícios: um cassino, um clube elegante, um salão de danças popular, uma igreja e um hotel de férias, sendo que o último não foi construído durante a administração de Kubitschek e sendo pura e simplesmente abandonado por seu sucessor.

1.3.2 O Cassino (1942 - atual Museu de Arte Moderna)

Toda a composição está baseada num jogo de contrastes entre as superfícies e, principalmente, volumes planos e curvos. Internamente, o arquiteto demonstra complexidade na distribuição dos espaços, os quais se refletem externamente de forma relativamente simples: quem se desloca, portanto, em torno do edifício, percebe principalmente o contraste entre o semicírculo do bloco posterior e a ortogonalidade absoluta do salão de jogos e do hall de entrada (BRUAND, 2002). A Figura 1 mostra a fachada de entrada do edifício marcada pela transparência do pano de vidro e o pé direito duplo.



Figura 1 – Vistas da fachada principal do edifício do Cassino, atual Museu de Arte Moderna.

Fonte: Fotos do autor

Para Mindlin (1956), o interior é pretensamente luxuoso. Alguns detalhes são assim descritos: o corrimão da rampa de acesso ao segundo andar é em mármore ônix argentino, o guarda-corpo do mezanino é em mármore alabastro, as colunas são de aço cromado e as paredes internas são revestidas em espelho de cristal da Bélgica na cor rosada. Toda a fachada do hall principal tem o fechamento em vidro simples, conforme é visto na Figura 2, o que dá conectividade entre o interno e o externo do edifício.

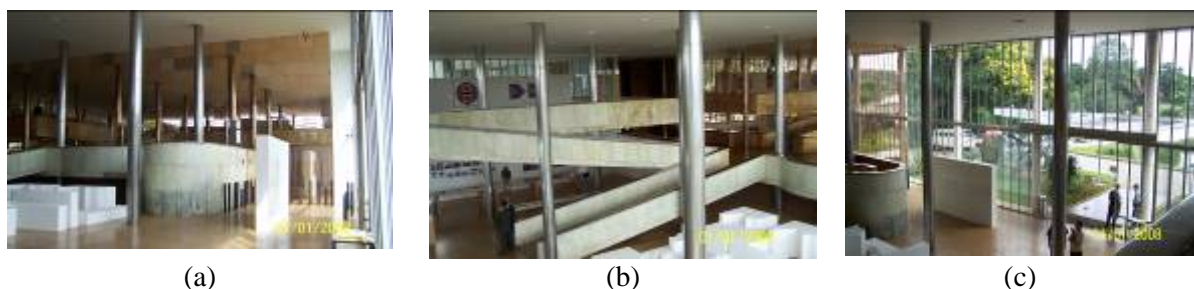


Figura 2 – Hall central de entrada do edifício do Cassino - detalhe para a parede de fundo em espelhos em (a), da rampa que dá acesso ao mezanino, em mármore alabastro e colunas em aço, em (b) e fachada em vidro, (c).
Fonte: Fotos do autor

1.3.3 Iate Tênis Clube (1942)

No Iate Tênis Clube o volume externo diferencia-se dos demais projetos do Complexo por suas linhas oblíquas, mas que conserva ao mesmo tempo uma clareza geométrica e uma pureza própria das realizações clássicas. Para Bruand (2002), o sucesso dessa original solução deveu-se às suas vantagens práticas e, mais ainda, à atração que exerciam a originalidade e elegância do conjunto, cuja elevação longitudinal era construída de dois trapézios retangulares unidos pela base menor como pode ser observado na Figura 3. É interessante apontar a presença do brise vertical ao longo da fachada voltada para a área de piscinas do clube e, do outro lado, a presença dos panos envidraçados voltados para o jardim e para a vista da lagoa da Pampulha.



Figura 3 – Vistas da fachada lateral do Iate Tênis Clube – detalhe dos dois trapézios. Fonte: Fotos do autor

O interior é marcado por grandes panos envidraçados que dão aos usuários do espaço a bela vista da lagoa da Pampulha, além de permitir a integração entre área interna e externa do clube. Para Mindlin (1956), esse é o ponto chave desse edifício. Internamente o volume do salão principal é fortemente marcado pela presença da forma dos dois trapézios, os quais criam volumes distintos. O piso é em madeira, como mostra a Figura 4.

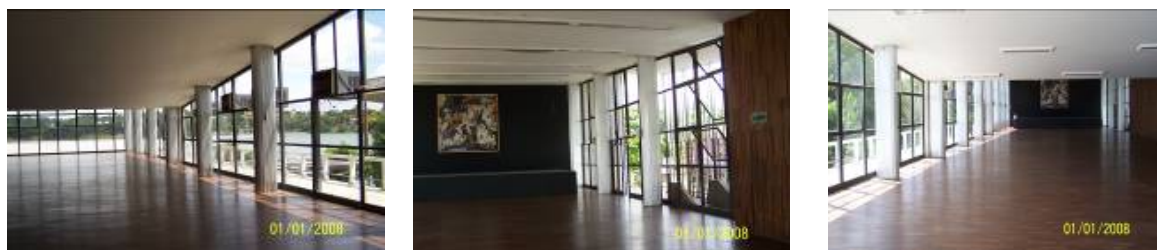


Figura 4 – Vistas do interior do salão de festas do Iate Tênis Clube - detalhe para a conformação do volume interno a partir do volume dos trapézios, foto à direita, fachada em vidro simples, foto central, e piso de madeira, à direita. Fonte: Fotos do autor

1.3.4 Casa do Baile (1942)

O edifício da Casa do Baile é situado numa pequena ilha próxima à margem, onde a curva é o elemento principal da conformação física formal da obra. Um dos pontos de destaque desse edifício é a marquise sinuosa, ligando as duas edificações que formam a casa de dança. Tal forma livre é inspirada no contorno da pequena ilha que a acompanha de modo mais ou menos exato com todo o seu caráter tão particular de leveza e transparência como é mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Vistas da fachada externa da Casa do Baile. Fonte: Fotos do autor

Internamente a Casa do Baile é configurada, basicamente, pelo uso de dois materiais – os panos de vidro, que fazem o contorno externo da fachada, e o piso parquet em madeira, como pode ser visto na Figura 6.

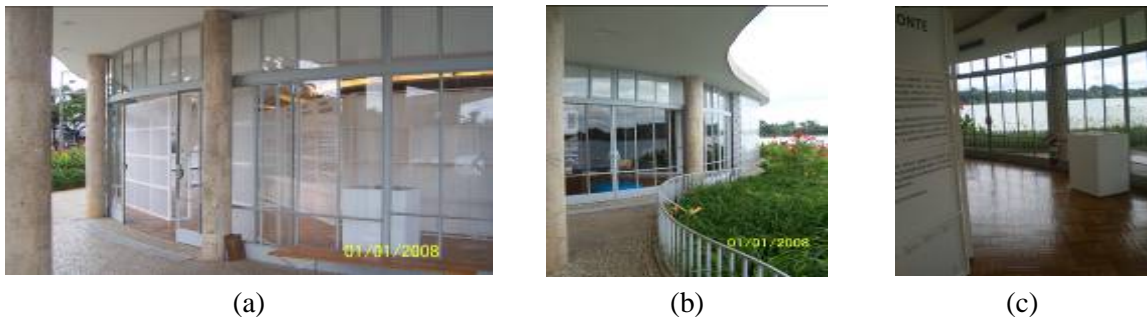


Figura 6 – Fachada curva em vidro da Casa do Baile (a), detalhe para a marquise em curva (b) e piso em madeira (c). Fonte: Fotos do autor

1.3.5 Igreja de São Francisco de Assis (1943)

A igreja de São Francisco de Assis é um edifício que se diferencia dos anteriores: a habitual estrutura independente, constituída por lajes de concreto armado apoiada em pilares, cedeu lugar a abóbadas parabólicas autoportantes, também decorrentes de processos da técnica moderna, mas acarretando, automaticamente, uma expressão arquitetônica única e ao mesmo tempo diversa (BRUAND, 2002).



Figura 7 – Igreja de São Francisco de Assis – detalhe fachada lateral em curva (a) fachada de entrada (b). Fonte: Fotos do autor

Internamente dois elementos tomam importância: a fenda no forro obtida a partir da interseção das duas abóbadas possibilita a entrada de iluminação natural que ressalta a pintura de Portinari que ocupa toda a parede do fundo, se contrapõe com o revestimento da nave em madeira escura cerejeira do Pará e com baixo relevo em bronze esculpido por Alfredo Ceschiatti ao redor da pia batismal. O piso recebe desenhos sinuosos em mármore branco e granito preto e avança para o externo, sob a marquise de entrada, num convite ao entrar.

Para Bruand (2002), o que de fato evidencia-se na obra da Igreja de São Francisco de Assis é que o equilíbrio, ponto máximo da obra de Niemeyer, a assimetria sistemática e a flexibilidade, tanto do conjunto quanto do detalhes construtivos, traduzem-se em uma extraordinária sensação de leveza e de bem-estar. A liberdade que emana da obra apenas reforça a harmonia e a clareza da concepção em abóbadas parabólicas.

2 DESEMPENHO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A análise de qualquer obra arquitetônica deve ser sempre encarada segundo atributos específicos e distintos. É possível, então, analisar uma obra segundo indicadores de ordem técnico e construtivo, mas, também, segundo critérios humanos, culturais, simbólicos, ambientais e econômicos.

Para Monteiro e Oliveira (2005), a qualidade arquitetônica é resultado dos desempenhos do ambiente construído que se dividem em quatro subgrupos: técnico, humano, ambiental e econômico, conforme esquema apresentado na Figura 8.

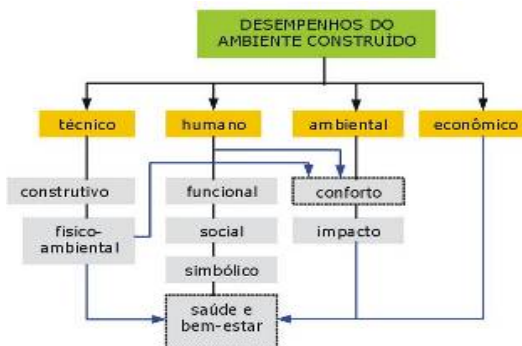


Figura 8 – Desempenhos do ambiente construído. Fonte: Monteiro e Oliveira, (2005)

Ainda segundo os autores, o desempenho ambiental aparece em função do conforto ambiental e pelos impactos causados ao meio ambiente. Os autores definem conforto, ainda, como aquele obtido pela integração entre o ambiente construído e o natural, pelo desempenho técnico físico-ambiental e pelas expectativas culturais dos usuários. O conforto ambiental se distribui em três grandes grupos: conforto térmico, o conforto visual e o conforto acústico.

2.1.1 Conforto acústico

O conceito de conforto acústico envolve a sensação de bem-estar, de tranquilidade emocional e de satisfação, tanto em momentos de lazer quanto de trabalho. É interessante salientar que, em diversas momentos, a sensação de conforto não é percebida pelas pessoas, mas o incômodo causado pela sua ausência logo gera insatisfação (ORAL *et al*, 2004).

Para Emery e Rheingantz (1995), quando existe a preocupação com o aspecto sonoro da edificação, ou mesmo do meio ambiente urbano, essa se manifesta, em geral, pela busca do controle ou da eliminação do ruído, por definição, os sons indesejáveis. Mas os sons desejáveis raramente são objetos de preocupação do arquiteto – a não ser em projetos especiais, tais como estúdios de som, auditórios, teatros e salas de concerto, para os quais são chamados os especialistas.

Duarte *et al.* (2007) apresentaram o resultado de um estudo que tentou identificar a compreensão da sociedade como um todo a respeito dos principais temas relacionados à acústica arquitetônica. Na pesquisa, as autoras distribuíram dois tipos de questionários, um direcionado ao público em geral e o outro a estudantes e profissionais de arquitetura. Quando perguntado se imaginavam precisar de orientação em acústica, 66% das pessoas responderam que sim, enquanto que 29% afirmaram que não precisavam e 5% não se pronunciaram, demonstrando o quanto a população sente necessidade de espaços mais adequados acusticamente. Das respostas dadas por estudantes e profissionais de arquitetura, verifica-se a idéia de que tratamento acústico seja uma necessidade apenas para grandes espaços, principalmente os de música, desconsiderando-se o estudo acústico de ambientes em hotéis, escolas ou edifícios residenciais, por exemplo. Bradley (2002) coloca ainda que o principal objetivo de um adequado projeto acústico que visa a comunicação verbal entre as pessoas é proporcionar uma conversa precisa, clara e relaxada.

2.1.2 Conceituação

Diversos critérios compõem o conceito de qualidade acústica. Considerando-se os ambientes voltados exclusivamente ao uso da fala, devem ser levados em conta a privacidade e inteligibilidade acústica, o nível de interferência da fala (SIL, do inglês *speech interference level*), a curva de critério de ruído

(NC, do inglês *noise criteria*), o nível de ruído de fundo e o tempo de reverberação. No entanto, esses diversos parâmetros de análise são função, em menor ou maior grau, dos dois últimos, bem como existem proposições de índices que combinam os dois. Em última análise, o tempo de reverberação é um dos principais parâmetros responsáveis pela qualidade acústica dos ambientes, junto com o nível do ruído de fundo (VIVEIROS, 1993), sendo o foco desta investigação.

Por definição, o tempo de reverberação, TR, de uma sala é o intervalo de tempo necessário para que o som, cessada a fonte, decaia 60 dB, dado em segundos. Se o TR de um ambiente é excessivo, os sons produzidos no seu interior permanecem na sala por mais tempo que o recomendável e, em consequência, trazem sensação de desconforto em razão das múltiplas reflexões que ali ocorrem (SILVA, 2005). O tempo de reverberação, TR, pode ser determinado pela fórmula proposta por Millington & Sette (KINSLER, 1982), de acordo com:

$$TR = \frac{0,161V}{\sum_i -S_i \ln(1 - \alpha_i)} \quad (\text{eq. 1})$$

onde V é o volume do ambiente [m³], S_i a área do i-ésimo material [m²] e α_i o coeficiente de absorção do i-ésimo material.

A Equação 1 foi utilizada para estimar o tempo de reverberação das edificações do Complexo da Pampulha, pois é a expressão que governa o TR de qualquer ambiente, independente da quantidade de absorção presente.

3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

3.1 Introdução

O estudo determinou, por método estatístico, o tempo de reverberação de ambientes específicos dos edifícios que constituem o complexo arquitetônico da Pampulha. Para tanto, foi utilizado o *software* ECOTECT (2005) e, dentre as formulações possíveis do programa, adotou-se a Equação 1.

Em visita a campo, todos os materiais de revestimentos das superfícies foram levantados e, a partir da biblioteca de dados do programa, definidos os coeficientes de absorção sonora. Todos os ambientes foram considerados sem usuários, fazendo com que a análise fosse para a condição de ocupação mais crítica, onde a ausência ou a presença de poucas pessoas leva a uma menor quantidade de absorção.

3.2 O Cassino (atual Museu de Arte Moderna)

Para o edifício do Cassino foi calculado o TR do hall de entrada, compreendendo a área central, rampa e mezanino. Foi considerado como volume a área de acesso, no primeiro pavimento, a área de rampa e a área do mezanino. O resultado é apresentado no Gráfico 1. A curva de resposta mostra um TR, como esperado, alto. A baixa frequência tem um comportamento, contrariamente ao usual, crescente, iniciando em 9 s, em 100 Hz, e atingindo um máximo de 14 s, em 500 Hz, valor significativamente alto. A partir daí, como usual, há a tendência de decréscimo da curva, apresentando um valor de 1 s em 10 kHz.

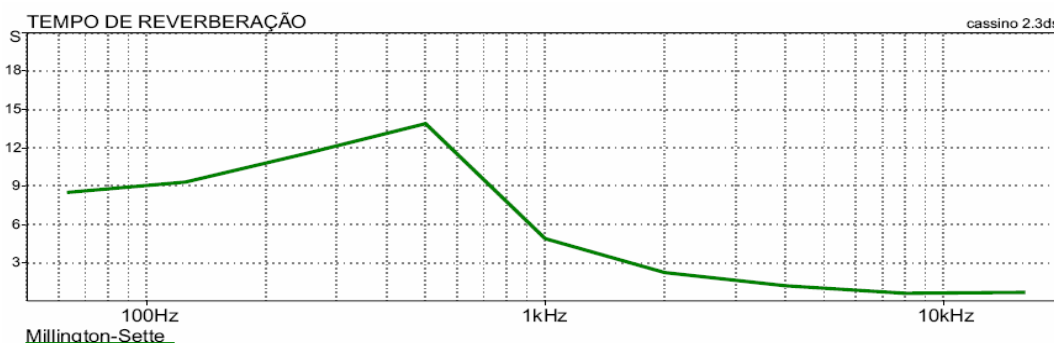


Gráfico 1 – Tempo de Reverberação predito para o edifício do Cassino.

3.3 Casa do Baile

Para o edifício da Casa do Baile foi calculado o TR da área do salão de dança, apresentado no Gráfico 2. A curva mostra um comportamento dentro dos padrões esperados, apresentando um resultado de 8 s, também bastante alto, em torno de 100 Hz, e continuamente decrescente, apresentando valor inferior a 1 s em 1 kHz.

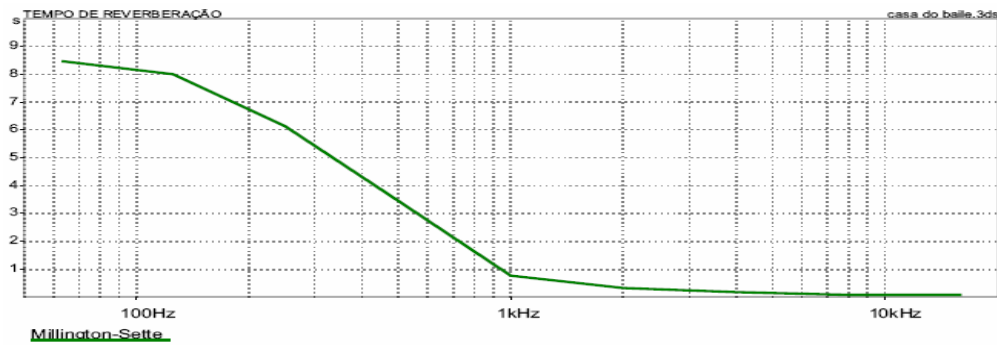


Gráfico 2 - Tempo de Reverberação predito para o edifício da Casa do Baile.

3.4 Iate tênis Clube

Para o edifício do Iate Tênis Clube foi simulado o TR para o salão de festa. O ambiente apresentou um valor de TR máximo na frequência de 500 Hz, de aproximadamente 8 s. Na frequência de 100 Hz encontrou-se aproximadamente 3 s, em 1 kHz, 6 s, e na frequência de 10 kHz obteve-se valor de TR de aproximadamente 1 s, como pode ser visto no Gráfico 3.

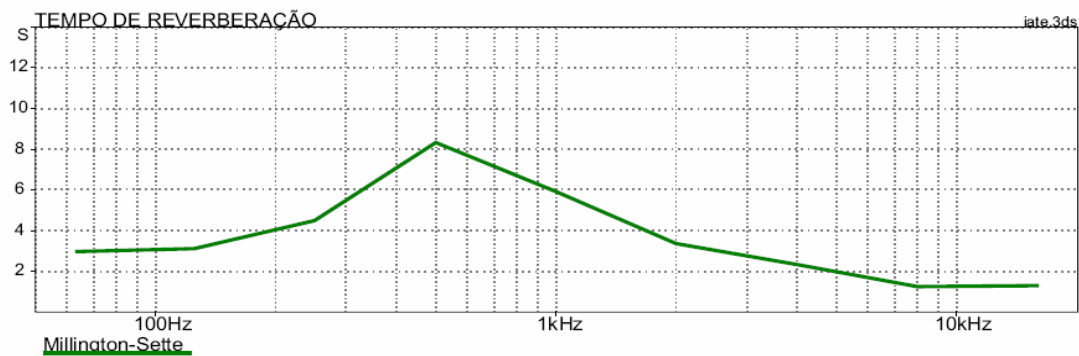


Gráfico 3 – Tempo de Reverberação predito para o edifício do Iate Tênis Clube.

3.5 Igreja de São Francisco de Assis

Para a Igreja de São Francisco de Assis foi calculado o TR para a nave central. Pelo Gráfico 4 é possível visualizar um valor máximo na frequência de 500 Hz de 4,8 s, em 100 Hz foi verificado um valor aproximado de 3 s, em 1 kHz aproximadamente 3,3 s e em 10 kHz observou-se um valor mínimo de aproximadamente de 0,6 s.

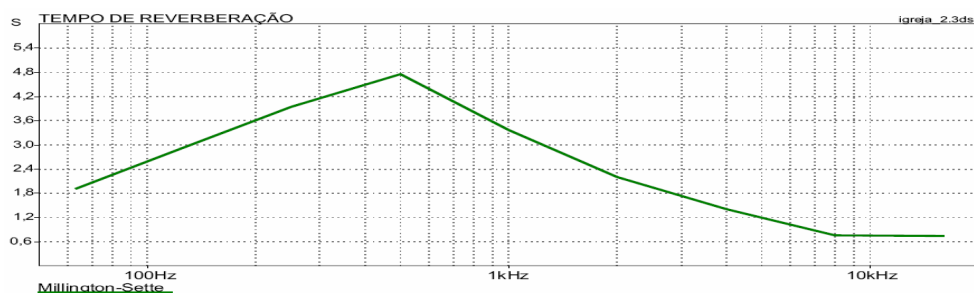


Gráfico 4 - Tempo de Reverberação previsto para o edifício da Igreja de São Francisco de Assis.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos da simulação de TR foram comparados, de acordo com volume e função de cada ambiente, aos recomendados na NBR 12179 (1992). O Gráfico 5 apresenta os valores simulados e recomendados, para a frequência de 500 Hz, de cada um dos ambientes investigados.

Quanto ao uso, os edifícios analisados se enquadram em dois grupos principais: edifícios que centram as suas atividades em torno da comunicação verbal e um caso de edifício religioso, a Igreja de São Francisco de Assis. No primeiro grupo estão os edifícios da Casa do Baile, que hoje funciona como um espaço multiuso para eventos e pequenas exposições; o Cassino, atual Museu de Arte Moderna, e o salão de festas do Iate Tênis Clube, que eventualmente pode contar com fundo musical.

É interessante observar que em todos os edifícios analisados do Complexo da Pampulha foram encontrados valores de TR muito superiores aos valores tidos como ótimos. Para a Casa do Baile, o TR encontrado para 500 Hz foi de 3,5 s enquanto que o TR ótimo estabelece um valor de 1,5 s. Para o edifício do Cassino percebe-se uma grande diferença entre valores – o TR calculado foi de 14 s enquanto o TR ótimo estabelecido é de 1,6 s. No edifício do Iate Tênis Clube, foi obtida uma diferença de 8 s para o calculado e 1,4 s considerado como ideal. E, por fim, para o edifício da Igreja de São Francisco de Assis, o TR encontrado foi de 4,8 s e o ótimo prediz um valor de 1,5 s.

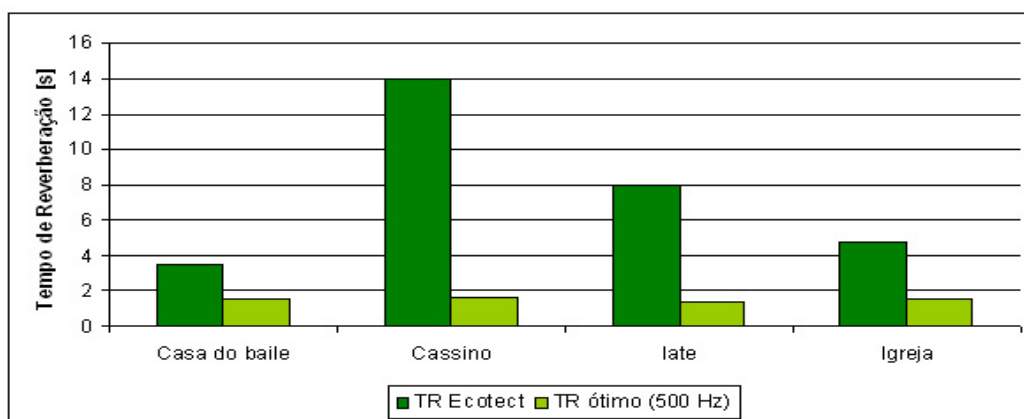


Gráfico 5 – Comparação entre o TR calculado no Ecotect e o TR ótimo a 500 Hz.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho é um estudo piloto que, em sua forma mais ampla, investiga a relação entre arquitetura moderna e conforto acústico. Aqui foi apresentada uma avaliação inicial do desempenho acústico dos edifícios que fazem parte do Complexo arquitetônico da Pampulha, tendo como elemento de análise o tempo de reverberação. Cada uma das edificações que compõem o conjunto arquitetônico teve, através do software ECOTECT, um dos seus ambientes simulado. Como principal resultado, observou-se um TR alto para todos os edifícios analisados, evidenciando a forte presença de materiais reflexivos e/ou grandes volumes.

Quanto à análise dos edifícios, é possível destacar dois que merecem consideração por apresentarem os menos valores de TR – a Casa do Baile e a Igreja de São Francisco de Assis. Ambos apresentam duas características comuns: volume interno pequeno e a presença de superfície em madeira, no caso o revestimento do piso para a Casa do Baile e o forro da abóbada da nave central na Igreja de São Francisco, que contribuem para a redução do TR do ambiente. Nos outros dois edifícios, Iate Tênis Clube e Cassino (atual Museu de Arte Moderna), destaca-se a carência de superfícies com absorção sonora significativa, sendo o comportamento acústico do ambiente dominado pela presença de grandes superfícies reflexivas, tais como o vidro nas fachadas externas e, particularmente, pela grande superfície revestida de espelhos no segundo, contribuindo para elevação do TR de ambos. De modo geral, os quatro edifícios analisados apresentam valores de TR superiores aos considerados adequados.

É possível concluir, portanto, que o Complexo arquitetônico da Pampulha apresenta atributos distintos e específicos. A importância atribuída ao caráter histórico, estético e formal, fazem do Complexo um

exemplo ímpar quanto à valorização e reconhecimento do movimento moderno no cenário nacional e internacional. Entretanto, quanto aos atributos ambientais, e mais especificamente quanto aos atributos acústicos, o estudo mostra que os edifícios apresentam baixa qualidade. Podem-se extrapolar os resultados afirmando-se que os elementos formais compositivos da arquitetura moderna determinam, na maioria dos casos, ambientes com excesso de reverberação.

6 REFERÊNCIAS

BRADLEY, J. S. **Optimising sound quality for classrooms**. National Research Council Canada, NRCC 45999, 2002.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. 4.ed. São Paulo: Perspectiva, 2002.

CARSALADE, F. L. **Arquitetura moderna e o lugar**: uma nova tipologia. Mínimo Denominador Comum. Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 03, p. 10-13, 2006.

ECOTECT. Versão 5.50. 2005.

DUARTE, E. A. C; RODRIGUES, K. B; VIVEIROS, E. **Acústica Arquitetônica no imaginário popular**. Anais do ENCAC. 2007 – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto, 2007.

EMERY, O; RHEINGANTZ, P. A. **Saber ouvir a arquitetura**: o ouvido do arquiteto. Anais do ENCAC 95 – III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, 1995.

KINSLER, L.E; FREY, A.R; COPPENS, A.B; SANDERS, J.V. **Fundamentals of Acoustics**. John Wiley & Sons, Inc: USA, 1982, 480 p.

MACIEL, C. A. **Técnica Moderna**: entre o monumento e a construção cotidiana. Mínimo Denominador Comum. Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 03, p. 22-24, 2006.

MINDLIN, H. E. **Modern architecture in Brazil**., Rio de Janeiro; Amsterdã:,1956

MONTEIRO, R. R., OLIVEIRA, R. **Matriz hipertônica para avaliação global de projetos**. Anais do V WBGPPCE, Workshop Brasileiro da Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Florianópolis. 2005.

NBR 12179. Tratamento acústico em recintos fechados. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992.

ORAL, G.K.; YENER, A.K.; BAYAZIT, N. T. **Building envelope design with the objective the ensure thermal, visual and acoustic comfort condicions**. Building and Environment, 39, 281-287, 2004.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. 5. ed. Belo Horizonte:, 2005.

VIVEIROS, E. **Acústica**. Apostila do curso “Introdução à Acústica Arquitetônica” ministrado durante o II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis, 1993.