Buenos Aires – 5 to 9 September 2016
Acoustics for the 21st Century…

PROCEEDINGS of the 22nd International Congress on Acoustics

Architectural Acoustics – Room and Building Acoustics: FIA2016-72

Acoustic quality in shopping malls for environmental certification. Case studies: Shopping malls RioMar Recife (PE) and Fortaleza (CE)

Felipe B. Paim[(a)], Danilo F. M. de Souza[(b)],Débora M. Barretto[(c)],Marcelo S. Ferreira[(d)]

[(a)]Audium – Áudio e Acústica, Brazil, felipe@audium.com.br
[(b)]UNIFACS, Brazil, danilo@audium.com.br
[(c)]UNIME, Brazil, debora@audium.com.br
[(d)]FAINOR, Brazil, marcelo@audium.com.br

Abstract

Designing a Shopping Mall is a complex activity involving a multidisciplinary team in order to find compatible solutions. Much is invested in physical infrastructure, but special attention should be given to the acoustic quality of mall spaces. One of the advantages of acoustic comfort is that it may prolong customers stay in these places, and increases the probability of consumption. So, acoustic comfort is not a cost, but an investment. One of the requirements of the Certification Process AQUA-HQE (Brazil's version of the French Démarche Haute QualitéEnvironmentale) for the environmental quality of malls is the control of internal acoustics in common customer hall spaces by performing an specific study involving reverberation time control and the background noise level reduction to provide listening comfort and satisfactory communication to customers. This study was conducted during the Design Phase of AQUA-HQE in two Shopping Malls in Brazil, one in the city of Recife (Pernambuco) and the other in Fortaleza (Ceará). The simulations were developed in the software EASE 4.4 (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) and with spreadsheets of "Noise Reduction Level" and "Signal-Noise Ratio" in Microsoft Excel. The studies predict the noise level in case of no acoustic treatment and with proper acoustic solutions. Then, during the Realization Phase, after the inauguration and regular operation of the malls, internal measurements of sound pressure levels were performed to compare and validate the noise level values previously estimated. The results obtained in field validated the methodology used at the design process and helped to understand sound behavior, which allowed recommendations for further studies and projects.

Keywords: acoustic, quality, shopping, certification, comfort.

Qualidade acústica em shopping centers para certificação ambiental. Estudos de caso: Shopping centers RioMar Recife (PE) e Fortaleza (CE)

1 Introdução

O surgimento de shoppings centers é um fenômeno cada vez mais notável nos grandes centros urbanos brasileiros, conforme cita Kurasawa (2002) [1]. Projetar um empreendimento deste porte é uma atividade complexa que envolve uma equipe multidisciplinar em prol de soluções conjuntas e compatibilizadas. Do ponto de vista da acústica, o projeto deve ser avaliado desde a escolha do local de implantação até o desenvolvimento dos espaços internos.

Ainda de acordo com Kurasawa (2002) [1], muito se investe na infraestrutura física das áreas de concentração de público, mas uma atenção especial deve ser dada à qualidade acústica destes espaços. É comum adentrarmos em um ambiente bem iluminado, climatizado e visualmente atraente, mas não desejarmos permanecer, devido ao incômodo causado pela reverberação excessiva e pelo ruído dos equipamentos.

Ribeiro e Michalski (2012) [2] destacam a inclusão do conforto acústico no Processo de Certificação AQUA-HQE (versão brasileira da certificação francesa *Démarche Haute Qualité Environmentale*) como um diferencial positivo em relação a outros processos de certificação ambiental utilizados no Brasil. Uma das exigências para a qualidade ambiental de edifícios do setor de serviços é o controle da acústica interna nos espaços comuns de circulação de clientes. Isso deve ser realizado por meio de um estudo específico de acústica, envolvendo o controle do tempo de reverberação e a redução do nível sonoro residual para proporcionar conforto auditivo dos clientes e permitir uma comunicação satisfatória.

O objetivo deste trabalho é a correlação entre os estudos realizados nas Fases de Concepção e Realização do processo de certificação e os resultados obtidos *in loco* em dois grandes e novos centros comerciais situados na Região Nordeste do Brasil, um na cidade de Recife (Pernambuco) inaugurado em 2012 e outro em Fortaleza (Ceará) inaugurado em 2014.

A relevância dos estudos de acústica em áreas de circulação comum dos Shopping Centers está, além da contribuição na qualidade ambiental do espaço, na possibilidade de influência positiva para o aumento do tempo de permanência do cliente que, consequentemente, eleva a probabilidade de consumo. Portanto, conforto acústico em empreendimentos dessa natureza não representa custos adicionais, mas sim um investimento.

É importante destacar que projetos acústicos são necessários para o cumprimento de normas nacionais e internacionais de acústica vigentes e o controle da reverberação é a base de uma boa sonorização, ou seja, não adianta ter música ambiente se a acústica não permite sua percepção de forma adequada. Acima de tudo, os projetos de acústica e áudio são importantes para proporcionar aos clientes conforto no momento da compra. Isso significa que os espaços

com esse diferencial ampliam a sensação de bem-estar, promovendo a saúde auditiva, física e psicológica. É necessário esclarecer que, nos dois empreendimentos citados anteriormente, foram projetados o isolamento acústico de todas as casas de máquinas e o condicionamento acústico dos espaços internos, incluindo as praças de alimentação. Porém, o foco de discussão deste artigo será o espaço de circulação dos clientes.

2 Metodologia

A primeira etapa da metodologia dos estudos acústicos para os shoppings RioMar Recife e Fortaleza, consistiu na definição de um nível de ruído típico para as áreas comuns de circulação de clientes, em caso de não tratamento. Neste momento, ambos os shoppings ainda não estavam construídos, o que impossibilitou medições sonoras *in loco*. Os artigos e bibliografias de referência traziam, em sua maioria, indicadores de níveis típicos de ruído para praças de alimentação. Entretanto, pouco é abordado a respeito dos níveis de ruído do *mall* de circulação de centros comerciais.

Castorino (2012) [3] efetuou medições em quatro shoppings da região metropolitana de Goiânia (GO) e registrou valores médios de nível de pressão sonora entre 71dB e 80dB. Costa Neto e Oiticica (2012) [4], realizaram os estudos de uma “praça corredor”, em um shopping na cidade de Aracaju (SE), com registros de nível sonoro equivalente variando entre 75dB e 76dB. Zilio (2012) [5] avaliou três shoppings na cidade de Porto Alegre (RS) e obteve resultados de níveis de ruído equivalentes entre 75dB e 81dB. Adotou-se então, para os estudos de acústica dos shoppings RioMar Recife e Fortaleza, o valor médio de 77dB, tipicamente encontrado em empreendimentos desta natureza quando não condicionados acusticamente.

Em seguida, os espaços de circulação foram simulados no software EASE 4.4 – *Enhanced Acoustic Simulator for Engineers* – para obtenção do volume geométrico e do tempo de reverberação TR60 (Figuras 1 e 2). Os empreendimentos analisados possuem grande volume de ar, mais de 100.000m³, com vazios interligando os pavimentos de circulação, proporcionando um pé-direito superior a 15m. A maioria dos materiais pré-especificados no projeto arquitetônico apresentavam baixo coeficiente de absorção sonora, gerando grandes áreas reflexivas ao som e elevado tempo de reverberação. Para estes estudos foi considerada as bandas de frequência de 500Hz e 1KHz.

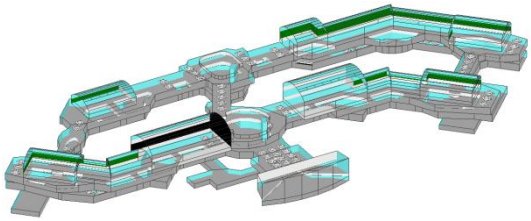

Figura 1: Simulação das circulações internas do RioMar Recife no EASE

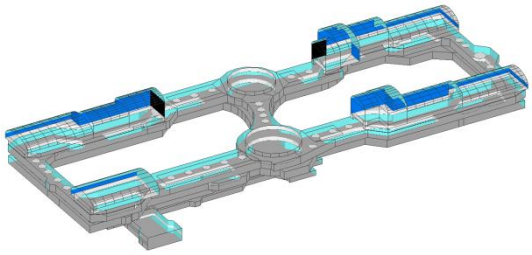

Figura 2: Simulação das circulações internas do RioMar Fortaleza no EASE

Com o tempo de reverberação simulado e o volume geométrico calculado, foi possível obter por meio da equação de Sabine, a absorção equivalente da sala, antes da inserção dos materiais absorventes.

A partir de então, foram inseridos nas simulações do EASE materiais com coeficiente de absorção médio 0,80, principalmente nas médias e altas frequências, abrangendo assim a faixa da voz humana e as bandas de oitava de maior sensibilidade auditiva. Busca-se uma redução sonora planejada sensorialmente perceptível e, desta forma, traduzida em conforto para o usuário.

Após nova simulação no software eletroacústico, fez-se uma segunda leitura do tempo de reverberação em 500Hz e 1KHz, agora com o ambiente tratado acusticamente. A absorção equivalente foi recalculada. Foi considerada a absorção acústica do ar, tendo em vista a grande volumetria dos shoppings. Segundo Bistafa e Bradley (2000) apud Navarro (2004) [6], a fórmula para obtenção da absorção equivalente acrescida da absorção acústica do ar corresponde à seguinte equação (1).

$$A = \frac{0{,}161V}{TR} + 4mV \qquad (1)$$

A partir da relação entre os valores da absorção equivalente das superfícies antes (A_1) e depois (A_2) do tratamento acústico, foi utilizada a equação de redução de nível de ruído (2) proposta por Egan (1988) [7], com o auxílio de planilhas de cálculo elaboradas no Microsoft Office Excel, para prever o nível sonoro resultante após as intervenções com os materiais absorventes.

$$NR = 10log(A_2/A_1) \qquad (2)$$

Como parâmetro de conforto e para efeito de comparação, Jin et al. (2009) [8] sustenta que o Nível de Ruído Equivalente na Curva A – L_{Aeq}, para conforto acústico em circulações de shopping centers, deve se concentrar na faixa de 65-70dB.

Durante a Fase de Realização do Processo de Certificação AQUA-HQE, após a conclusão das obras, uso e operação dos empreendimentos, foram realizadas medições internas de Nível de Pressão Sonora para comparar com os valores calculados previamente durante o desenvolvimento do projeto.

Esta avaliação quantitativa tinha o objetivo de obter registros sonoros nas áreas internas de circulação dos clientes durante dois dias comuns de funcionamento dos shopping centers em estudo. Portanto, excluiu-se a possibilidade de registro em datas comemorativas e feriados, para evitar situações em que os shoppings possuem movimento atípico e acima do normal.

As medições de níveis de pressão sonora foram executadas com o equipamento: Medidor integrador de pressão sonora, modelo LxT2, fabricante Larson Davis, classe de precisão 2, seguindo as condições gerais estabelecidas em norma e legislação referente a medições em ambientes internos. O ruído foi analisado nas faixas de frequência que variam de 20Hz – 20KHz, com a escala de compensação "A" e respostas de leitura rápida (*Fast*). Sendo o ruído intermitente, variando com o tempo, foi determinado o Nível Sonoro Equivalente (L_{eq}).

Cada medição teve duração de cerca de 15 minutos. Os pontos de registro foram distribuídos pelos corredores de circulação na tentativa de abranger espacialmente o shopping, levando em consideração a geometria do projeto arquitetônico.

3 Resultados e Discussões

Observam-se nas Tabelas 1 e 2 os resultados calculados da absorção equivalente e da redução do nível de ruído para os shoppings RioMar Recife e Fortaleza, respectivamente.

No RioMar Recife a redução planejada no nível de ruído interno das áreas comuns de circulação de clientes foi de 8dB, ao passo que, no RioMar Fortaleza, executado posteriormente, foi de 10dB. Em consequência, estimavam-se níveis de ruído internos após o condicionamento acústico dos espaços, entre 65 e 69dB para o RioMar Recife e, para o RioMar Fortaleza, entre 64 e 67dB.

Tabela 1: Cálculo da redução do nível de ruído para o shopping RioMar Recife

Shopping RioMar Recife			
Área comum de circulação de clientes	**Unidade**	**f [Hz] 1000**	**f [Hz] 500**
Volume	[m³]	198.400,45	
Absorção equivalente simulada antes do tratamento	[sabine]	3.124,42	2.224,53
Ruído provável existente antes do tratamento	[dB]	77	74
Tempo de reverberação simulado após o tratamento	[seg]	1,44	2,02
Absorção equivalente simulada após o tratamento	[sabine]	22.117,59	15.745,72
Redução do nível de ruído projetada	[dB]	8	8
Nível de ruído interno estimado após o tratamento	[dB]	69	65

Nota: Para os cálculos, foi considerado o Coeficiente de Absorção do Som no Ar (*m*) em 1KHz = 1,3 [10^{-3} m^{-1}]; 500Hz = 0,6 [10^{-3} m^{-1}]. (Beranek-Vér, 1992 apud Zannin, 2005) [9].

Tabela 2: Cálculo da redução do nível de ruído para o shopping RioMar Fortaleza

Shopping RioMar Recife			
Área comum de circulação de clientes	**Unidade**	**f [Hz] 1000**	**f [Hz] 500**
Volume	[m³]	141.496,84	
Absorção equivalente simulada antes do tratamento	[sabine]	1.543,25	1.190,30
Ruído provável existente antes do tratamento	[dB]	77	74
Tempo de reverberação simulado após o tratamento	[seg]	1,43	1,93
Absorção equivalente simulada após o tratamento	[sabine]	15.837,05	11.719,27
Redução do nível de ruído projetada	[dB]	10	10
Nível de ruído interno estimado após o tratamento	[dB]	67	64

Nota: idem Tabela 1.

Compara-se os valores calculados aos registros de L_{Aeq} das medições realizadas ao longo do *mall* de circulação dos dois empreendimentos nas Figuras 3 e 4.

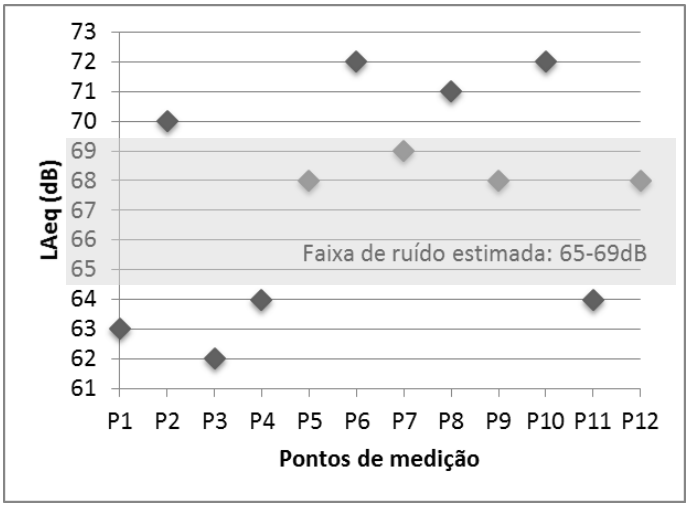

Figura 3: Valores de L_{Aeq} registrados no RioMar Recife

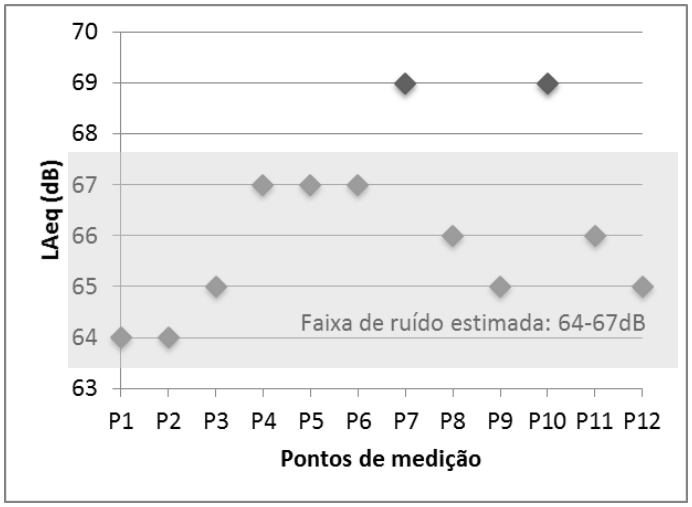

Figura 4: Valores de L_{Aeq} registrados no RioMar Fortaleza

Com relação ao RioMar Recife (Figura 3), percebe-se que a maioria dos pontos não ficou dentro da margem esperada de 65dB a 69dB. Os pontos P1, P3, P4 e P11 revelam níveis de ruído abaixo da faixa de 65dB. Analisando o projeto acústico, percebe-se uma maior concentração dos materiais absorventes nestes locais, o que justifica o nível reduzido de ruído.

O ponto P1 (Figura 5) está numa região de pé-direito triplo, no acesso principal do shopping, conectando espacialmente os níveis G1 e L1 do shopping. Neste local todo o forro é composto por material absorvente de madeira ranhurada perfurada sob manta de lã de PET. Considera-se o nível sonoro medido neste local decorrente da absorção proporcionada pelo seu maior volume de ar e pela concentração de revestimentos sonoabsorventes.

O espaço onde estão localizados os pontos P3 e P4 (Figura 5) possui um forro rebaixado totalmente monolítico composto por chapa de gesso acartonado perfurado com manta de lã de poliéster. Apesar do baixo pé-direito, cerca de 2,70m, o forro absorvente proposto acaba por reduzir, de forma significativa, a parcela sonora refletida de volta para o ambiente.

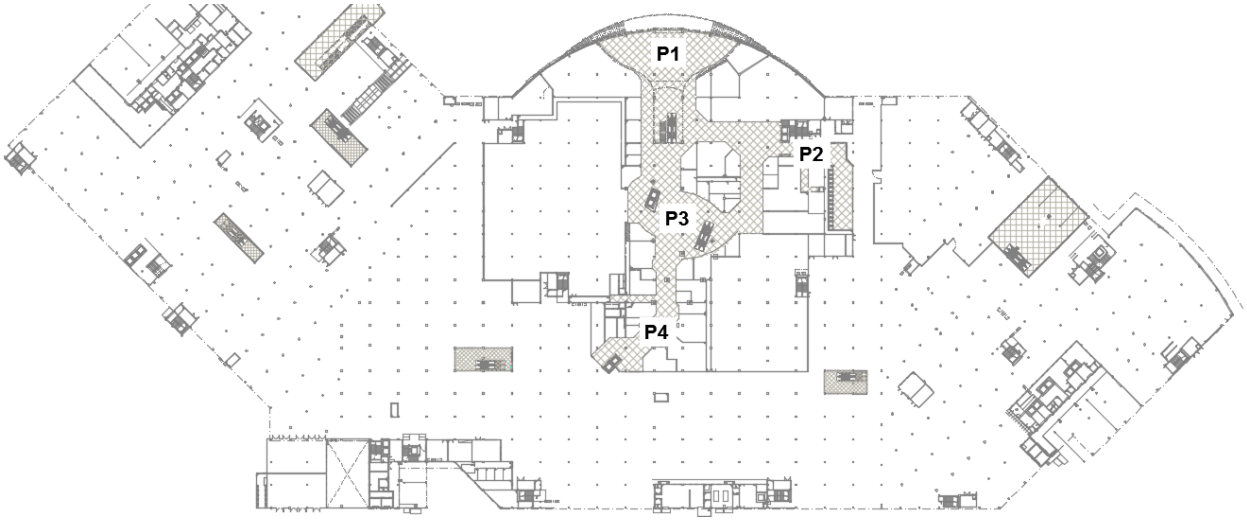

Figura 5: Locação dos pontos de medição no Pavimento G1 do RioMar Recife

Já o ponto P11 (Figura 7) situa-se no pavimento L2 do shopping, em uma circulação com 22m de largura, próximo ao vazado no piso que interliga com o pavimento L1 e, possui 20m de pé-direito até a cobertura. Aqui, apesar de não haver um forro convencional, a estrutura aparente da cobertura é composta por telhas metálicas perfuradas com uma manta de lã mais espessa que as demais utilizadas. Além disso, as superfícies verticais próximas da cobertura e que acompanham seu perímetro, são compostas por paineis de gesso acartonado perfurado sobrepostos a revestimento fibroso.

Os pontos que atingiram níveis de L_{Aeq} acima de 69dB (P2, P6, P8 e P10) tem a sua justificativa no uso do espaço proposto. Os pontos P8 e P10, por exemplo, situados respectivamente nos níveis L1 e L2, estão próximos dos corredores de acesso aos sanitários, onde era possível notar com frequência o ruído proveniente dos equipamentos secadores automáticos de mão.

O ponto P2, apesar de se localizar em local com características iguais aos dos pontos P3 e P4, encontra-se muito próximo dos caixas eletrônicos, onde a concentração de pessoas conversando e formando filas é constante.

No que diz respeito ao ponto P6 (Figura 6), sua locação é em um cruzamento dos principais corredores de circulação do shopping. Apesar do grande pé-direito, este local conecta verticalmente todos os pavimentos até a praça de alimentação no nível L3. Os materiais absorventes estão mais distantes deste ponto, presentes apenas quando nas circulações contíguas.

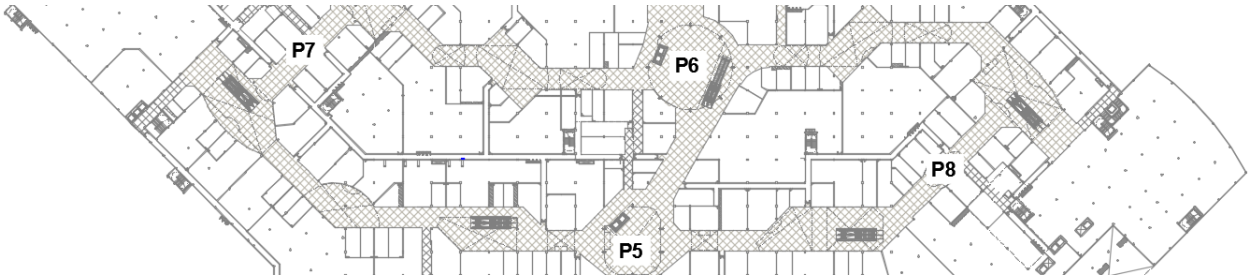

Figura 6: Locação dos pontos de medição no Pavimento L1 do RioMar Recife

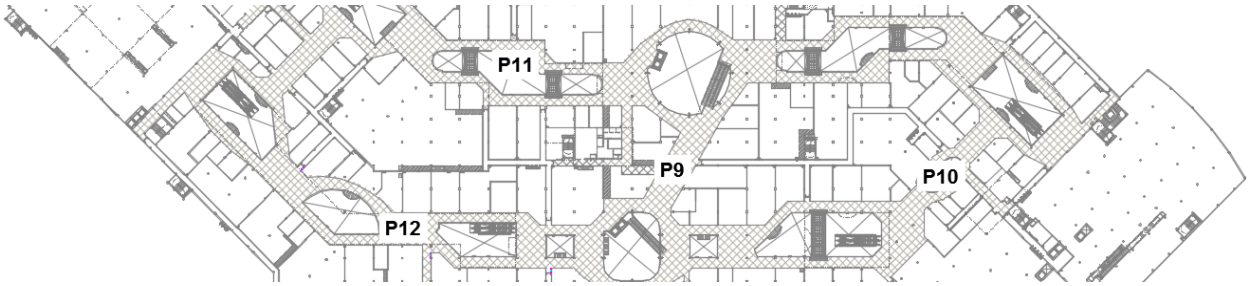

Figura 7: Locação dos pontos de medição no Pavimento L2 do RioMar Recife

O projeto e os estudos de acústica do shopping RioMar Fortaleza foram executados posteriormente aos de Recife. Diante dos registros realizados no primeiro empreendimento, optou-se no segundo por duas ações principais: elevar um pouco mais a redução de ruído calculada e evitar a concentração de revestimentos absorvedores em um mesmo local. Apesar das soluções de condicionamento acústico terem sido muito semelhantes, os materiais absorventes do RioMar Fortaleza foram distribuídos de maneira mais homogênea nos ambientes comuns de circulação de clientes. É possível perceber na Figura 4 que, neste empreendimento, mais de 80% pontos medidos obtiveram valores de L_{Aeq} dentro da faixa de ruído planejada.

No RioMar Fortaleza, o ponto P7 (Figura 9) apresentou um nível de Leq mais elevado que o ponto P2 (Figura 9), mesmo situando-se em locais de volumetria semelhante e com mesma distribuição de materiais. As lojas próximas ao ponto P7 possuíam vitrine totalmente aberta, ou seja, sem uma barreira física entre a área do lojista e a área do *mall* de circulação, sendo, pois, possível notar a intensidade dos equipamentos de sonorização da loja, quando ligados para atrair clientes.

Situação semelhante acontece quando comparamos os níveis de ruído e as características do espaço onde estão locados os pontos P4 (Figura 9) e P10 (Figura 10), no shopping de Fortaleza. Ambos encontram-se em um corredor que liga duas praças circulares e apresentam a mesma solução de condicionamento. Porém algumas lojas nas proximidades do ponto P10 apresentavam vitrines sem elementos de barreira, ocorrendo uma contaminação sonora da música ambiente proveniente do espaço do lojista. Ainda assim, tanto o ponto P7, quanto o P10, exibiram resultados apenas 2dB acima da faixa de ruído planejada para o shopping RioMar Fortaleza. Entende-se que estes valores podem ser facilmente corrigidos com o simples monitoramento da sonorização interna das lojas comerciais.

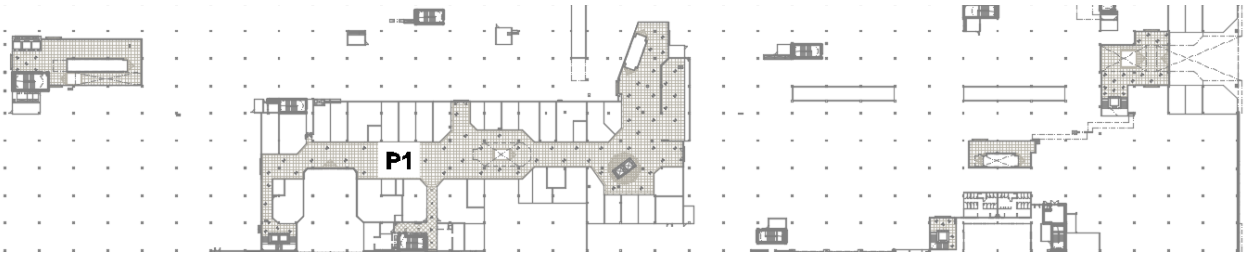

Figura 8: Locação do ponto de medição no Pavimento G2 do RioMar Fortaleza

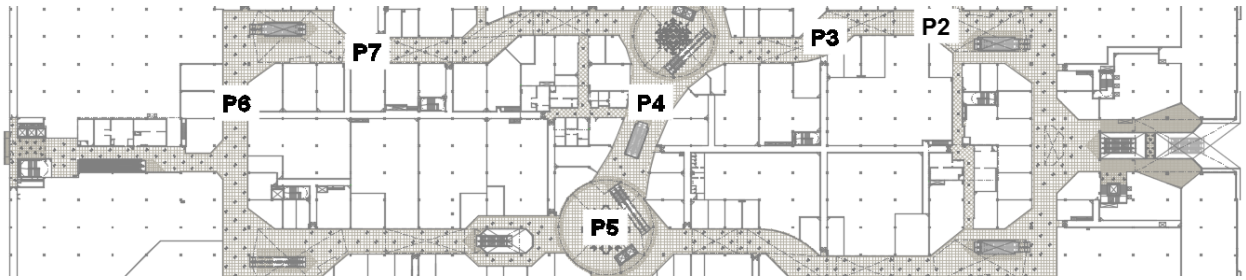

Figura 9: Locação dos pontos de medição no Pavimento L1 do RioMar Fortaleza

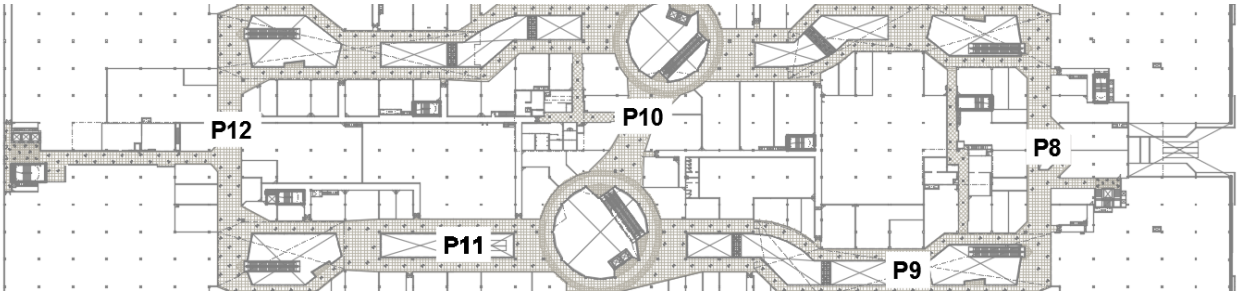

Figura 10: Locação dos pontos de medição no Pavimento L2 do RioMar Fortaleza

4 Considerações Finais

Çaliskan (2010) [10], em sua dissertação, expõe a importância do estudo das tipologias de shopping centers e a influência da geometria arquitetônica na avaliação acústica dos seus espaços. Compreende-se que em empreendimentos desta natureza, mais importante do que a quantidade de material sonoabsorvente utilizado é a sua localização e distribuição ao longo das superfícies do *mall* de circulação de clientes.

A metodologia aplicada para os estudos de acústica no projeto do shopping RioMar Recife resultou em dados que puderam ser interpretados e discutidos para que ações fossem tomadas no projeto acústico do shopping RioMar Fortaleza. Tais ações envolveram um melhor ajuste da planilha de redução de nível de ruído e a distribuição mais criteriosa dos revestimentos absorventes de acordo com os usos dos espaços. Os resultados obtidos em campo demonstraram a eficiência prática na utilização do empreendimento em estudo e validaram a metodologia proposta durante a realização do projeto de condicionamento acústico.

Com relação à sonorização particular das lojas com vitrines abertas, recomenda-se a adoção de um limite máximo de pressão que poderá ser produzida pelos equipamentos sonoros dos lojistas, principalmente nos horários de maior fluxo de clientes no shopping, afim de não interferir com a redução de ruído proposta e contribuir com o desconforto acústico nos espaços de circulação. Também fica evidente a necessidade do tratamento acústico dos sanitários e da escolha de equipamentos menos ruidosos.

Ambos os estudos de caso abordados neste artigo auxiliaram no entendimento do comportamento sonoro em grandes ambientes de circulação e permitiram a elaboração de recomendações para os estudos. Considera-se a elaboração de uma planilha de predição do nível de ruído existente antes do tratamento de acordo com a volumetria e a quantidade de pessoas circulando. Salienta-se, também, a pertinência da realização de medições acústicas de níveis sonoros nos corredores de circulação de shoppings sem tratamento acústico. Recomenda-se ajustar a planilha de redução de ruído para abranger maior faixa de frequências em relação sensibilidade auditiva humana. Considera-se relevante propor uma malha de pontos de medição *in loco* para uma melhor compreensão da distribuição sonora ao longo da arquitetura, além de associar os dados quantitativos a uma pesquisa qualitativa com a aplicação de questionários aos usuários dos shoppings estudados. Dessa forma será possível comprovar a influência positiva do conforto acústico no nível de satisfação dos clientes com o espaço, o tempo de permanência e tendência ao consumo.

Referências

[1] Kusakawa, Marisa S. *Análise do conforto acústico em shopping center: um estudo de caso*. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

[2] Ribeiro, Diana A.; Michalski, Ranny L. X. N. *Certificação ambiental e conforto acústico – Processo AQUA*. Anais do XXIV Encontro SOBRAC, Belém, 29 de maio a 01 de junho, 2012, pp 478-485.

[3] Castorino, Ademir B. *O mundo que se ouve: uma análise da paisagem sonora dos shopping centers*. Goiânia, UFG, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.

[4] Costa Neto, Agripino da S.; Oiticica, Maria Lucia G. *Avaliação do nível de ruído em praças de alimentação em shopping center*. Anais do XXIV Encontro SOBRAC, Belém, 29 de maio a 01 de junho, 2012, pp 26-33.

[5] Zilio, Juciele L. *Estudo das condições acústicas em praças de alimentação de shopping centers na cidade de Porto Alegre*. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, 2012.

[6] Navarro, Manuelina P. N. *Conforto Acústico em ambientes de praças de alimentação em shopping centers*. João Pessoa, UFPB, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2004.

[7] Egan, M. David. *Architectural Acoustics*. McGraw-Hill, New York, NY (USA), pp 70-71, 1988.

[8] Jin, Hong; Meng, Qui; Kang, Jian. *Subjective evaluation of acoustic comfort in underground shopping streets*. Anais do X Inter-Noise, Ottawa, Canadá, 23-26 de agosto, 2009. Em CD-ROM.

[9] Zannin, Paulo H. T.; Ferreira, Andressa M. C.; Zwirtes, Daniele P.; Nunes, Elenise; Stumm, Silvana B.; Töws, Martin. Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos. *Ambiente Construído*, Vol. 5 (4), 2005, pp 75-85.

[10] Çaliskan, Ekrem B. *Acoustical evaluation of shopping mall typology*. Ancara, Turquia, METU, Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Aplicadas, 2010.