XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica
3 a 5 de outubro de 2018
Porto Alegre - RS

ATELIÊS ABERTOS: INTEGRAÇÃO X CONFORTO SONORO, UM ESTUDO DE CASO - FAU/UNB

Clímaco, Rosana S.[1]; Coelho, Fabiana Curado[2];
Figueiredo, Leonardo[3]; Lobo, Vanessa[4]; Oliveira, Guilherme[5];
(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UnB, Brasília-DF, clímaco@unb.br
(2) Síntese Acústica Arquitetônica, Brasília-DF, fabiana@sintesearquitetura.com.br
(3) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UnB, Brasília-DF, leonardogois95@gmail.com
(4) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UnB, Brasília-DF, vanessavlobo@live.com
(5) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UnB, Brasília-DF, guifaunb@gmail.com

RESUMO

Os ateliês da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Brasília (FAU/UnB) apresentam grande comprometimento no desempenho sonoro. Ocupam área central e longilínea da faculdade, em planta livre e, em grande parte, com pé direito duplo. Seus limites são as fachadas externas de vidro paralelas a painéis de meia altura que os separam do corredor de acesso, não há portas; em alguns pontos, nem painéis; transversalmente, armários e painéis móveis de madeira demarcam limites dos ateliês. Portanto, delimitações tênues. Esse espaço de aula é compartilhado por professores e alunos de vários semestres, onde ocorre uma integração visual/sonora intensa. Acusticamente resulta em ruídos constantes e intensos que ultrapassam limites recomendados por normas; dificultam a audibilidade, inteligibilidade e concentração dos usuários, necessárias aos seus usos fins. Há muita controvérsia sobre a necessidade de fechamento de espaços para ensino/aprendizagem em função de acústica. Neste trabalho, a abordagem é sobre condições físicas existentes e sonoridade resultante; pretende-se que as conclusões contribuam com essa discussão. O desempenho sonoro de um ateliê foi avaliado pelo parâmetro mais expressivo, Tempo de Reverberação (TR), segundo procedimentos da ISO 3382- 2[1] que resultou no não atendimento de valores recomendados. Com o objetivo de sua melhoria, foi elaborada proposta e aplicada no mesmo ateliê: painéis móveis de madeira, que integram seu mobiliário, receberam materiais de absorção sonora. Assim, atuando como absorvedores do som contribuem no ajuste dos TR, diminuem níveis de ruído e criam maior privacidade, quando necessário, conforme layout. Seu desempenho sonoro foi avaliado segundo os mesmos procedimentos anteriores à sua aplicação e os resultados foram comparados aos anteriores e a valores recomendados. Resultaram em contribuição significativa, porém em área menor que a necessária. Para os demais ateliês similares a solução pode ser replicada, mas não para os demais, de pé direito duplo, onde soluções complementares devem ser adotadas.

Palavras-chave: ateliês de arquitetura, acústica de ateliês planta livre, painéis de absorção sonora.

ABSTRACT

The open plans studios of the school of architecture at the University of Brasilia (FAU/UnB) feature great performance acoustic commitment. It occupies the central area and long torso in open plan stile and much of it in double height. Its limits are the external facades of glass parallel to half-height panels that separate them from the access corridor, there are no doors, and at some points neither panels; across, cabinets and wooden panels demarcating boundaries of the studios. Therefore, blurred boundaries. This class/work space is shared by teachers and students from several semesters, where occurs a visual/sound intense integration. Acoustically results in constant and intense noise that exceeds standard limits; it compromises audibility, intelligibility and concentration necessary to their uses. There is much controversy about the necessity of closing spaces for teaching/learning in acoustic

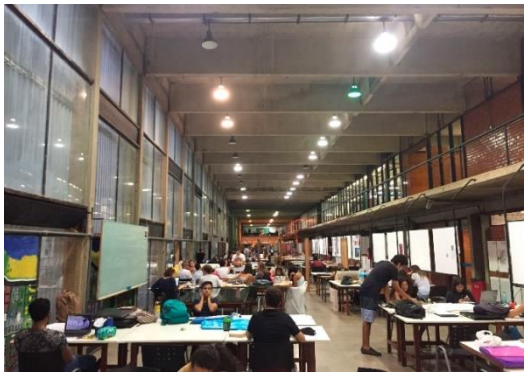
DOI: 10.17648/sobrac-87055

function. In this work, the approach is about existing physical conditions and resulting sonority; It is intended that the findings contribute to this discussion. The sound of a studio performance was evaluated by its most expressive value, the Reverberation Time (TR), in accordance with the procedures of the ISO 3382-2 [1] which resulted in negligence of recommended values. With the goal of improving, one proposal has been developed and applied in the same studio: wood panels, which integrate its furniture, received sound absorption materials. So, acting as sound absorbers contribute in adjusting the TR, reduce noise levels and create greater privacy, when necessary, as layout. The new sound performance was evaluated according to the same procedures prior to its application and the results were compared to previous and the recommended values. The results pointed significant contribution, but in smaller area than necessary. For other similar studios the solution can be replicated, but not for the double height ones, where additional solutions must be adopted.

Keywords: studios for architecture; acoustic of studios open plan; acoustic absorption panels.

1. INTRODUÇÃO

Baseado em vivência e análise que comprova o comprometimento do conforto sonoro de seus usuários, especialmente, na relação ensino/aprendizagem, este trabalho apresenta uma proposta que pretende contribuir com a melhoria do desempenho acústico dos ateliês da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Pode-se dizer que a função pedagógica é a atividade fim desses espaços, mas há outras funções peculiares aos ateliês da FAU que também devem ser levadas em conta em uma análise que pretende compreender seu caráter para propor uma intervenção que possibilite melhorias na compatibilização dessas com suas funções pedagógicas essenciais.





Imagens 1 e 2 Os ateliês abertos da FAU-UnB
Fonte: Dos autores e I. Stephen (2015)

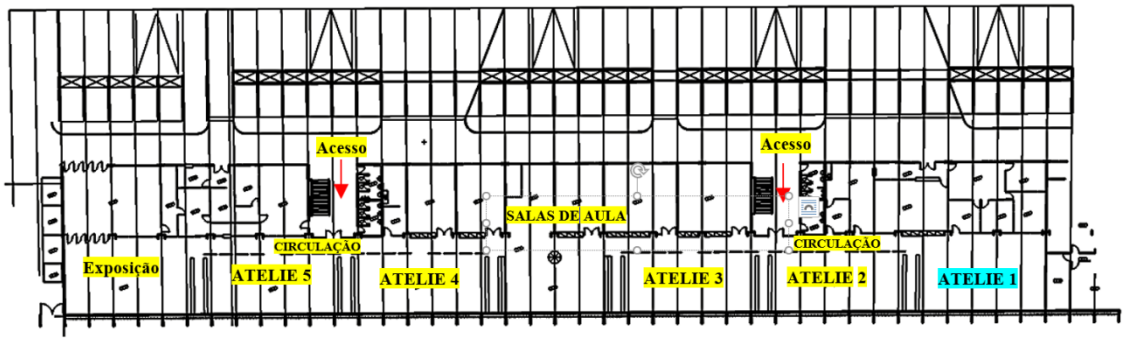


Figura 1 – Planta baixa esquemática do Pavimento Térreo - FAU-UnB (sem escala)
Fonte: Elaborada pelos autores.

DOI: 10.17648/sobrac-87055

A começar pela aparência, os ateliês da FAU, são pouco compreendidos por usuários "estranhos" à faculdade; eles não se apresentam claramente como espaços de ensino/aprendizagem aos olhos de muitos visitantes e até de alunos de outros cursos da UnB. Há uma aparência de "desleixo e desordem" aos olhos de muitos, tanto de fora, quanto de dentro da faculdade, e de fato um descuido por parte dos usuários, em geral.

Há também opiniões divergentes acaloradas sobre as "maravilhosas qualidades" e os "grandes problemas" que esses espaços extremamente integrados apresentam. Há discussões controversas sobre espaços abertos para ensino e suas condições sonoras, opondo a necessidade de fechamento ou não. O *Educational Facilities Laboratories, Inc. em seu Technical Report 1*[2], publica uma pesquisa onde interessantes resultados são divulgados. A mais importante conclusão a respeito das questões sobre o desempenho sonoro de espaços educacionais, é que o ajuste do TR é fundamental. As salas de aula, mesmo em espaços abertos, portanto com baixos valores de redução de ruídos entre elas, as típicas *openplan schools*, se apresentam com melhor avaliação pelos usuários quando não são muito vivas acusticamente ou tem, no mínimo, valores de TR ajustados pelo que a norma recomenda. Neste trabalho não se buscou questionar essa condição como uma dicotomia, se falsa ou real, mas entender os aspectos que interferem no desempenho das funções fins desses espaços, além de desenvolver uma proposta de intervenção que não afrontasse essas divergências, mas que buscasse sanar alguns dos problemas dentro dessas configurações espaciais atuais, se possível. Outro objetivo da proposta era possibilitar aos alunos o desenvolvimento de um trabalho de caráter criativo/estético de modo a contribuir com a aparência geral dos ateliês.

2. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

2.1. A pesquisa

Foi feita uma breve pesquisa, com aplicação de questionários a professores e alunos; as perguntas eram relativas a qualificação positiva e negativa sobre a funcionalidade dos ateliês, sugestões de mudanças e participação no processo. O objetivo era conhecer as principais reclamações sobre o desempenho ambiental desses espaços e demais usos, pois a perspectiva de melhoria deveria compatibilizar seu uso fim de ensino/aprendizagem com os demais usos e funções. O questionário foi elaborado pelo grupo e foi respondido por 39 alunos da faculdade, 13 alunos de outros cursos e 8 professores que usam os ateliês. Amostra considerável, que representa pelo menos ~5% dos alunos da faculdade, e ~20% do total de professores.

Destes, cerca de: 65% (39) alegaram serem os ateliês demasiadamente 'barulhentos', 45% (27) apontaram a dificuldade de concentração e 75% (45) alegaram a necessidade de mudanças para a melhoria de suas condições funcionais. As discussões e conclusões sobre esses resultados são apresentadas posteriormente.

2.2. As medições

Neste trabalho não foi possível demonstrar todo o comprometimento do desempenho sonoro do ateliê pesquisado em termos dos níveis de ruído produzidos; apenas foi estudado o parâmetro dos tempos de reverberação (TR), que é um dado relevante de análise de desempenho sonoro de espaços e que também contribui significativamente com o aumento dos ruídos e com a redução da inteligibilidade necessária às atividades pedagógicas

DOI: 10.17648/sobrac-87055

Para tanto, foram feitas medições, segundo procedimentos da ISO 3382-2[1] nas condições atuais dos ateliês. Foram realizados ensaios utilizando o método de ruído impulsivo com estouro de balões tamanho nº 12, locadas em dois pontos distintos do espaço, correspondente às principais posições de interlocutores. Foi utilizado para aferição, o sonômetro integrador modelo Solo Premium 01 da marca 01 dB.

Os decaimentos foram aferidos duas vezes em cada um dos três pontos de microfone. As curvas de decaimento do T20 foram analisadas no programa dBBati da 01 dB, no qual também se executou a estrapolação dos valores de T60. Depois foram calculados os valores médios de cada aferição em cada ponto e o resultado final foi o valor considerado para as frequências em terços de oitavas Os resultados também são apresentados e discutidos no item seguinte, mas pelo fato de terem de modo geral ultrapassado limites recomendados por normas, já se definiu a necessidade de uma interferência para melhoria no desempenho sonoro.

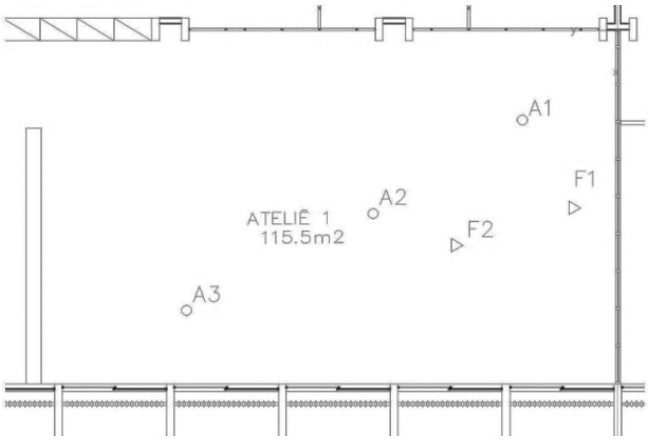


Figura 2 Planta de locação dos pontos de medição.
Fonte: Elaborada pelos autores.

A proposta desenvolvida levou em conta as condições arquitetônicas e de mobiliário existente nos ateliês. Baseou-se em utilizar os painéis móveis de madeira, que integram seu mobiliário; esses receberiam aplicação de materiais de absorção sonora. Assim, atuando como elementos absorvedores do som, contribuem para o ajuste dos TR, diminuindo os níveis de ruído e criando condições de maior privacidade, quando necessárias, pois pela mobilidade podem configurar diferentes layouts, até nichos para reuniões mais privativas.

A partir da doação de placas de espuma de poliuretano de poliéter cinza do modelo Sonique Classic de densidade de 30kg/m³ e espessura de 30mm (conforme norma NBR 8537) e do modelo Sonique Clean de densidade de 38 kg/m³, também de espessura de 30mm [3], foi desenvolvido pelos alunos um estudo de caráter estético, para também contribuir com as condições estético/visuais dos ateliês, também objetivo do trabalho como exercício criativo em acústica. Optaram por uma composição baseada em obra do pintor holandês, *Piet Mondrian* [4]; além do branco e preto, utilizaram cores primárias, e a partir de um desenho básico, mudaram as cores variando a composição final de cada painel.

DOI: 10.17648/sobrac-87055

2.3. O processo

A equipe de alunos se engajou no processo com entusiasmo, condição fundamental para a execução manual e bastante trabalhosa da elaboração da composição e sua aplicação nos painéis, o que acabou se integrando em um trabalho de extensão.

A composição foi calculada para o melhor aproveitamento do material disponível; após o corte, as placas cinzas foram pintadas com tinta à base de água, para a menor obstrução da porosidade da espuma. Depois de secas, as placas de espumas foram coladas em uma face do painel de madeira existente, conforme as composições definidas; a outra face permaneceu na madeira envernizada. O passo a passo do processo está demonstrado na sequência de fotografias a seguir.

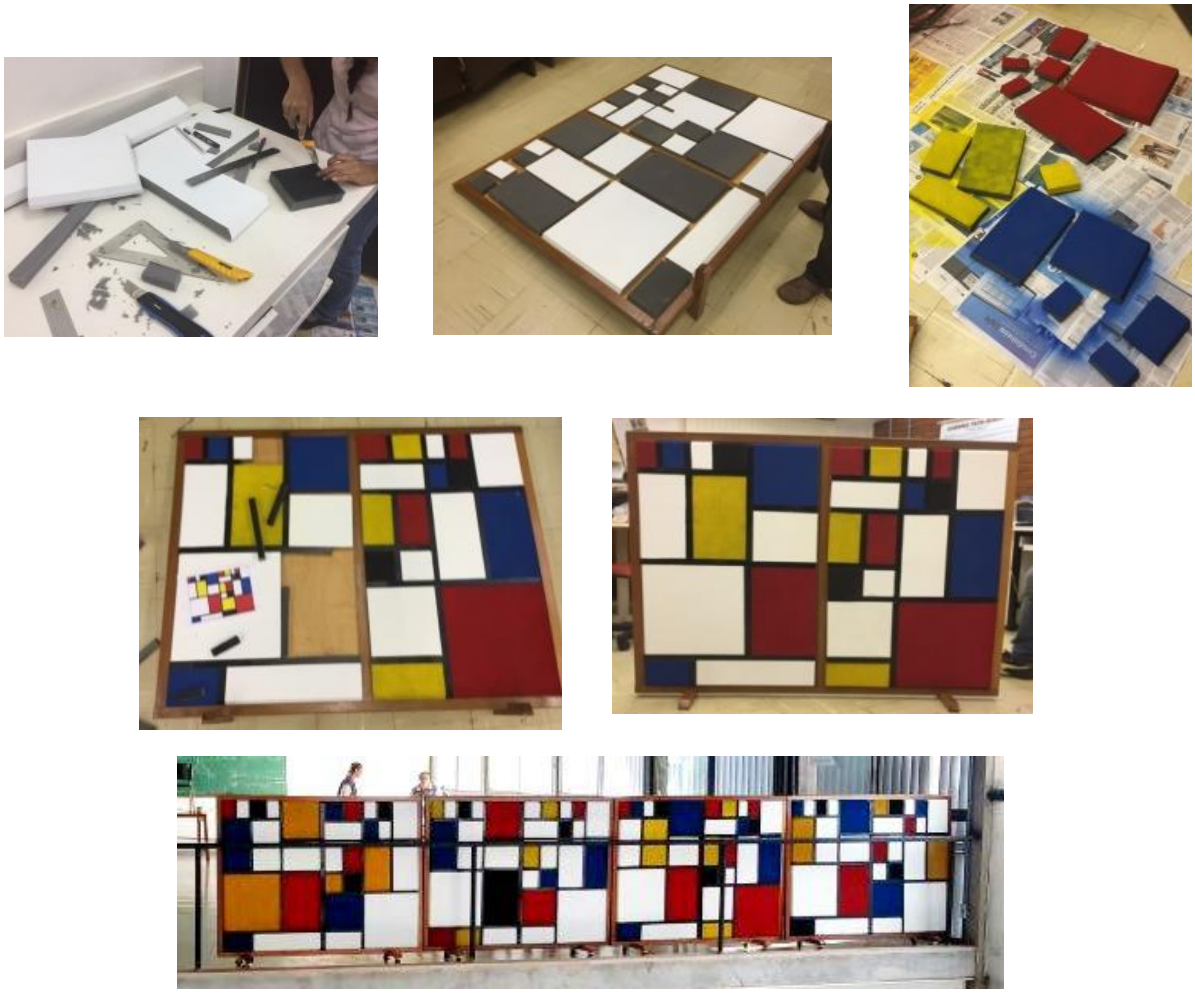


Imagem 3 – O processo de confecção dos painéis (da esquerda para a direita) corte, formatação, pintura, colagem das peças, painel pronto e os quatro painéis instalados no ateliê mezanino.
Fonte: Dos autores.

O processo foi aplicado a quatro painéis, que foram posicionados no mesmo ateliê ensaiado anteriormente sem os painéis; novas medições foram realizadas, também segundo os procedimentos da ISO 3382- 2, utilizando os mesmos pontos de fonte e microfone. Os resultados foram comparados aos anteriores e a valores recomendados pela norma NBR 12179 [5]; são apresentados abaixo e discutidos posteriormente.

DOI: 10.17648/sobrac-87055

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Sobre a pesquisa

Os resultados da pesquisa com os questionários sobre os usos dos ateliês e suas condições ambientais corroboraram as análises que a vivência já apontava, porém, além da comprovação de dados em relação às referências normativas, queria-se conhecer a percepção dos usuários.

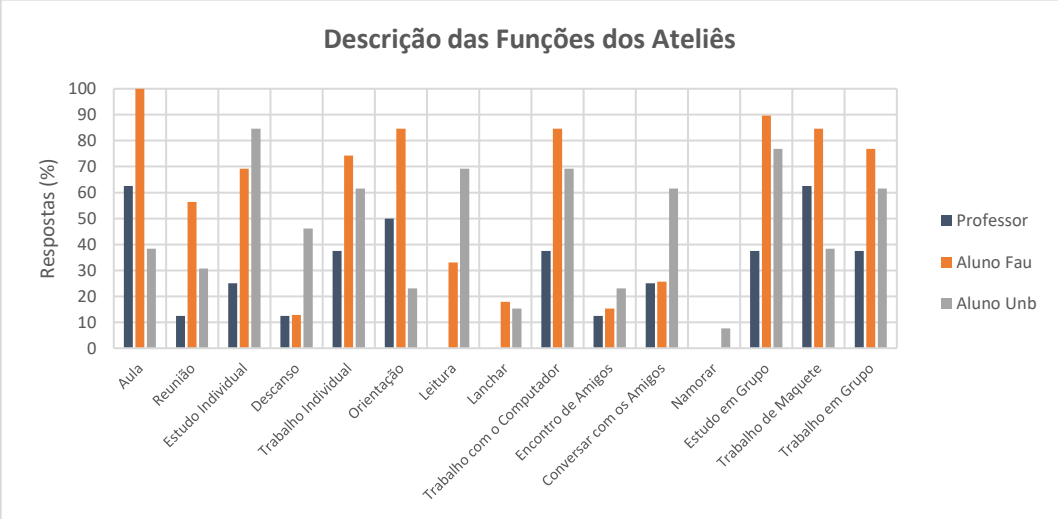


Gráfico 1 As Funções dos Ateliês com base na opinião dos usuários.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados sobre os usos apontaram condições de necessidades antagônicas para os mesmos espaços. Seu uso para salas de aulas, ao mesmo tempo gerador de ruído e com necessidade de menos ruído residual é incompatível com alguns dos demais usos apontados. Em termos de horários as aulas são programadas para acontecerem concomitantemente, o que em espaços de tamanha integração sonora se mostra muito inadequado, uma vez que os sons de uma aula se transformam em ruído para a outra turma em aula. Os usos de estudos individuais e de estudos e trabalhos em grupos também são incompatíveis acusticamente entre si, os segundos por gerarem ruídos e por necessitarem de ambientes menos ruidosos do que os primeiros. A compatibilização desses diferentes usos com diferentes necessidades sonoras só pode acontecer em espaços abertos e contíguos, portanto sem isolamento sonoro, se há um ajuste muito exato dos TR em cada ambiente, ou até mais absorção sonora que o exigido pelo ajuste. Os ruídos residuais mais incomodativos, e os mais percebidos no dia a dia dos ateliês, são os das falas compreensíveis, inteligíveis, que se produzem pelo aumento da reverberação, mas não tão excessiva, quanto de fato se constatou.

Conforme pesquisa de Fitsroy, D. Reid, J.L. [2], isso importa mais que o isolamento sonoro, pois mesmo em ambientes com portas, existe uma preferência por deixa-las abertas! O vazamento do ruído, para não afetar os demais ambientes, deve ser minimizado com a absorção. No caso dos ateliês, isso se aplica pelo fato da comunicação, fala, se dar mais no trabalho de orientação (professores próximos aos alunos), reuniões de trabalhos, trabalhos em grupos, etc.; no caso de aulas mais teóricas para a turma toda, são utilizadas salas de aulas; Nenhum elemento de mais absorção sonora se encontra nos ateliês, além das pessoas. Portanto, a introdução de elementos mais absorvedores de som será sempre positiva para

DOI: 10.17648/sobrac-87055

contribuir nesse contexto o que pode ser pelo tratamento das superfícies de fechamentos e/ou por elementos de ocupação dos ambientes, como mobiliário ou objetos que o compõem.

Essa condição de inadequação ambiental sonora foi apontada na pesquisa sobre o desempenho ambiental, porém em menor escala que ao conforto térmico. Isso demonstra duas condições bastante importantes para nossa área de investigação: a primeira é que as condições ambientais devem ser resolvidas integradamente, e a segunda é que, a condição do ambiente térmico em nossos ateliês é mesmo bastante comprometida. Esta última acontece devido à grande fachada envidraçada voltada para o leste e com brises soleis erroneamente projetados para essa insolação. No entanto, os usuários dos ateliês, em geral, subestimam o conforto sonoro, criando mecanismos de adaptação mais "elásticos", podemos dizer, uma vez que a maior parte das atividades exercidas nos ateliês não prescinde de um ambiente silencioso.

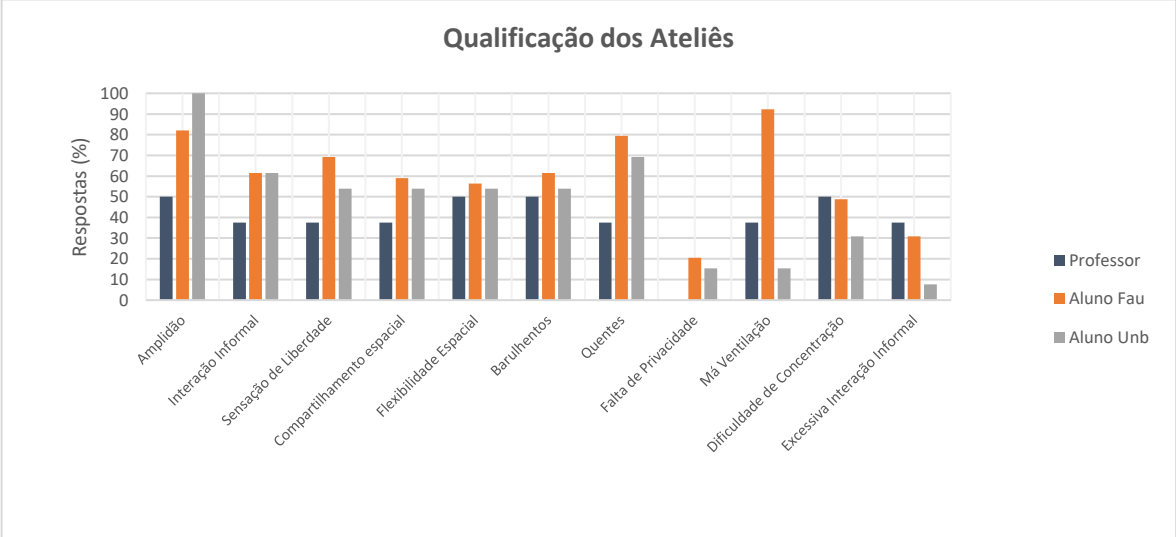


Gráfico 2: Qualificação dos Ateliês com base na opinião dos usuários.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Sobre as medições

Os resultados das medições sonoras, também comprovaram a percepção que a vivência indicava. Os TR superavam os valores recomendados pela norma brasileira, NBR 12179 [5], que no caso se aplica para o volume de 250,0m^3, para a palavra falada, recomenda TR de 0,6s em 500 Hz. Os resultados obtidos indicaram a necessidade de uma proposta de intervenção. Como foi citado, essa foi definida pela utilização de item do mobiliário existente, painéis móveis de madeira como elementos de absorção sonora. Esses totalizaram área de 5,6m^2 de material absorvedor, constituído de poliuretano de poliéter colado em uma face; a outra, em compensado de madeira envernizada de 0,005m de espessura, fica descoberta.

As dimensões dos ateliês da FAU/UnB são muito avantajadas; o ateliê estudado, que é o menor deles, pois tem pé direito simples, tem mais de 100,0m^2 de área e 250,0m^3 de volume; todas as suas superfícies de fechamento são reflexivas do som e a área de absorção dos painéis, não traria uma contribuição suficiente para resolver o ajuste necessário dos TR.

3.3. Sobre as contribuições da proposta

DOI: 10.17648/sobrac-87055

Os resultados das medições com os painéis apresentaram valores, em média, de redução de TR em 25% nas frequências de 125 a 1kHz. Para as faixas de frequências acima de 1kHz até 5kHz os valores caem para um média de 14% de redução de TR.

Tabela 1 Tempo de Reverberação (TR) com e sem painéis

Fonte impulsiva			
Frequência	TR Sem Painéis	TR Com Painéis	% de Decaimento do TR Com Painéis
Hz	s	s	%
100	1,41	1,41	0%
125	1,51	1,11	26%
160	1,5	1,06	29%
200	1,68	1,21	28%
250	1,57	1,21	23%
315	1,37	1,07	22%
400	1,34	1,08	19%
500	1,35	1,01	25%
630	1,39	0,95	32%
800	1,3	0,98	25%
1 k	1,15	0,91	21%
1.25 k	0,89	0,78	12%
1.6 k	0,93	0,73	22%
2 k	0,88	0,73	17%
2.5 k	0,86	0,74	14%
3.15 k	0,78	0,69	12%
4 k	0,68	0,6	12%
5 k	0,62	0,56	10%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se também que os painéis confeccionados apresentaram boa absorção também nas baixas frequências. No entanto, conforme sugere Silva [6], pode-se admitir recomendável um tempo de reverberação maior para as baixas frequências, devido a menor sensibilidade da audição humana nessas faixas. Abaixo segue a tabela do tempo de reverberação ideal para as baixas frequências conforme gráfico da página 38 apresentado por Silva [7].

Tabela 2 Análise dos Tempos de Reverberação (TR)

ANÁLISE DOS TEMPOS DE REVERBERAÇÃO (TR) REAIS E ÓTIMOS			
Frequência	TR Sem Painéis	TR ótimo	% de decaimento necessário para ajustar ao TR ótimo
Hz	s	s	%
100	1,41	0,96	32%
125	1,51	0,90	40%
160	1,5	0,78	48%
200	1,68	0,72	57%
250	1,57	0,69	56%
315	1,37	0,65	53%
400	1,34	0,63	53%
500	1,35	0,60	56%
630	1,39	0,60	57%
800	1,3	0,60	54%
1 k	1,15	0,60	48%
1.25 k	0,89	0,60	33%
1.6 k	0,93	0,60	36%

DOI: 10.17648/sobrac-87055

2 k	0,88	0,60	32%
2.5 k	0,86	0,60	30%
3.15 k	0,78	0,60	23%
4 k	0,68	0,60	12%
5 k	0,62	0,60	3%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com base na porcentagem de redução conseguida no TR com a inserção dos painéis e na porcentagem de redução do TR necessária para aproximação do TR ótimo, pode-se inferir que com a duplicação do número de painéis obtém-se um ajuste bem próximo do ideal. Porém, uma ideia que pode parecer fácil e óbvia, de apenas aplicar material absorvedor na outra face, poderá não apresentar o desempenho desejado, pois os dados aqui coletados são do desempenho do painel todo, incluindo a contribuição da outra face em madeira envernizada.





Imagens 5 e 6 – Fotografias tiradas durante o processo de medição dos painéis isolados e formando um nicho.
Fonte: Dos autores

No entanto, tendo por base a condição de menor necessidade de reverberação em baixas frequências, sugere-se que sejam testados novos modelos de painéis com mais material de absorção das altas frequências, os porosos, nas duas faces. Porém, para tanto outras medições devem ser realizadas, in loco, nas mesmas condições para a verificação do desempenho desse novo modelo e sua melhor adequação em relação à porcentagem de redução do TR desejada em cada faixa de frequência no ateliê.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho se pôde medir a contribuição que os painéis trouxeram na redução do TR no Ateliê 1 e, a partir daí calcular quanto seria necessário para ajustar os TR no ateliê estudado; isto poderia ser replicado nos outros 5 ateliês similares. Esses dados podem, também, servir de base para o estudo dos demais ateliês, que possuem pé direito duplo, portanto, volumes muito maiores. No entanto, devido à limitação da área de absorção dos painéis versus o grande volume desses ateliês, a intervenção terá que ser complementada por outros elementos absorvedores de som. Para continuidade e complementaridade, o estudo do *STI, Speech Transmission Index*, deverá ser feito através da utilização do programa EASE com a calibração dos dados coletados nas medições.

Outra conclusão complementar foi a de que os novos painéis devem ser aplicados em sentido vertical, não horizontal, para permitir maior fechamento e assim maior condição de

DOI: 10.17648/sobrac-87055

privacidade; e que, também, devem conter material absorvedor nas duas faces, para o melhor aproveitamento de seu potencial como absorvedor de som.

Também, em atendimento ao objetivo do desenvolvimento do senso criativo aplicado à acústica, foi definido que para cada ateliê uma nova proposta estética seja estudada; o próximo trabalho já foi definido pelo grupo, será baseado no artista alemão, *Oskar Fischinger* [8], que associou estudos visuais a efeitos sonoros. Esse toma como base a obra chamada "Poema Óptico" [9], que entre outras, apresenta as seguintes imagens para uma composição:

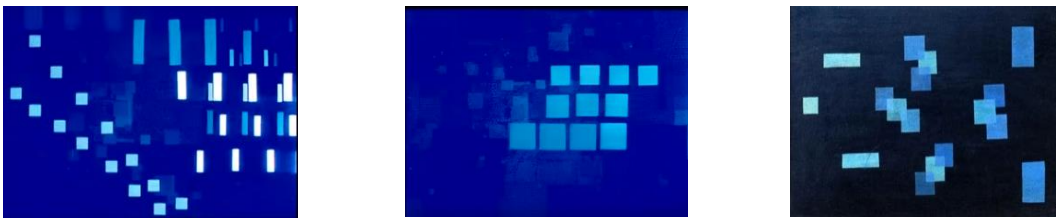


Imagem 7 – Imagens dos "Poemas Ópticos" de *Oskar Fischinger*,
Fonte:CVM.org

Ainda como conclusão final, acredita-se que a contribuição com a melhoria do desempenho sonoro, funcional e estético dos ateliês, possa também contribuir com a valorização e identificação dos espaços da faculdade pelos usuários, importante na relação de uso do bem público e no comprometimento do seu cuidado.

REFERÊNCIAS

[1] ISO 3382-2 *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters Part 2 – Reverberation time in ordinary rooms.* International Organization for Standardization, 2008.

[2] Fitsroy, D. Reid, J.L. *Acoustical Environment of School Buildings - Technical Report 1. Educational Facilities Laboratories, Inc. Washington, USA*, 1963.

[3] VIBRASOM: Produtos. Disponível em: <https://www.vibrasom.ind.br/produtos-acusticos>. Acesso em: 09 de maio 2018.

[4] SEUPHOR, Michel. Piet Mondrian: Life and Work. Nova York: Harry N. Abrams, 2007. 44 e 407 p.

[5] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12179 Tratamento acústico em recintos fechados. ABNT, Rio de Janeiro, 1992.

[6] Silva, C. de Marco, Elementos de Acústica Arquitetônica. 2 eds. São Paulo: Nobel, 2002.

[7] Silva, C. de Marco, Análise acústica de auditórios musicais depois de construídos, Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasilia, 2009. Pág 38

[8] Oskar Fischinger Research. 2007. Disponível em: <http://www.centerforvisualmusic.org/Fischinger/>. Acesso em: 09 maio de 2018.

[9] TOFANI, Felipe. UM POEMA ÓTICO DE OSKAR FISCHINGER. 2017. Disponível em: <http://www.pristina.org/videos-motion/oskar-fischinger-1938/#.Wxg3DEgvy71>. Acesso em: 07 maio 2018.

DOI: 10.17648/sobrac-87055