

Estudo de Avaliação Pós-Ocupação do conforto acústico do prédio 15 da URI Campus Santo Ângelo

Post-Occupancy Evaluation Study of the acoustic comfort in the building 15 of URI Campus Santo Ângelo

Bruna Adams(1); Beatriz Mielke Schillreff(2); Camila Marin(3); Lenise Caroline Herte(4); Máira Oliveira Pires(5)

1 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Santo Ângelo.

E-mail: adams.bruna1307@gmail.com

2 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Santo Ângelo.

E-mail: beatrizschillreff@hotmail.com

3 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Santo Ângelo.

E-mail: camyla_marin@hotmail.com

4 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Santo Ângelo.

E-mail: leniseherterarq@gmail.com

5 Universidade Federal de Santa Catarina.

E-mail: mairapires@san.uri.br

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 6, n. 2, p. , Jul.-Dez., 2017 - ISSN 2318-1109

[Recebido: 01 março 2018; Aceito: 26 março 2018]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2017.v6i2.2498>

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

O presente artigo trata de uma avaliação pós-ocupação realizada no prédio de laboratórios dos Cursos de Engenharias (Civil e Elétrica) e Arquitetura e Urbanismo (Prédio 15), localizado na Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Santo Ângelo. Optou-se pelo enfoque no conforto acústico da edificação devido à existência de equipamentos com alta geração de ruído e as diversas funções e usos incorporados ao espaço. Foram realizados mapeamento e levantamento da edificação, com análise da disposição dos espaços, juntamente com um checklist preenchido durante o *walkthrough* implementado como etapa metodológica. Como forma de analisar o conforto acústico dos ambientes, optou-se pelas medições de ruído *in loco*, com medidor de nível de pressão sonora. Como parâmetros de análise do conforto acústico, foram utilizadas as normas NBR 10152 (1987) e a NR 15 (1978). Os pontos de medição foram estipulados de acordo com os diferentes usos e funções dos ambientes como forma de verificar quais locais são mais prejudicados pelos ruídos. Os valores obtidos como resultados das medições foram comparados com os valores estipulados pelas respectivas normas resultando em um diagnóstico da qualidade sonora da edificação em estudo. Os ambientes obtiveram resultados negativos em sua maioria, ou seja, os níveis de ruído existentes não estão de acordo com os parâmetros de conforto. Sendo assim, foram elencadas algumas recomendações a curto, médio e longo prazo como forma de melhorar o conforto acústico dos usuários.

Palavras-chave: Avaliação pós-ocupação. Conforto Acústico. Nível de Ruído.

Abstract

This paper is about a Post Occupancy Evaluation (POE) of the laboratory building of the undergraduate courses in Engineering (Civil and Electrical) and Architecture and Urbanism, located at URI, Campus Santo Ângelo. The choice of focus on acoustical comfort of the building was because of the large amount of equipment with high noise generation and varied uses incorporated into the same space. Mapping and surveying of the building was carried out, with an analysis of the layout of these spaces along with a checklist completed during the implemented walkthrough as a methodological step. As a way of analyzing the acoustic comfort of the environments, in-situ measurements of noises with a decibelmeter. As parameter for the analysis and verification of acoustic comfort, were used NBR 10152 (ABNT, 1987) and NR 15 (1978). The measurement points were defined in places with different uses and functions as a way of ascertaining which places are mostly affected by noise. The values obtained as results of the measurements were compared with the values stipulated by the respective standards resulting in a diagnosis of the building. The most environments obtained negative results, in other words, the existing noise levels disagree with the comfort parameters. Therefore, some short, medium and long term recommendations have been listed as a way to improve the acoustic comfort of users.

Keywords: Post-Occupancy Evaluation. Acoustic comfort. Noise level.

1 Introdução

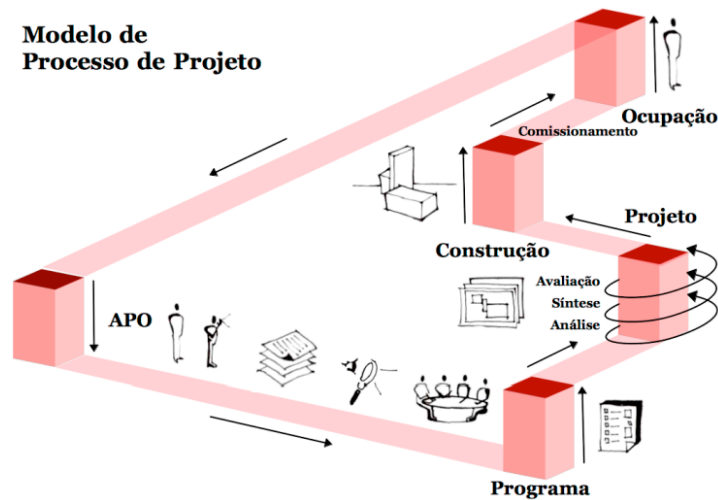
A avaliação pós-ocupação do ambiente construído é importante para o entendimento do comportamento da edificação e sua relação com o usuário, além de contribuir com o aprimoramento de projetos futuros, promovendo edificações com maior qualidade ambiental e conforto acústico, conforme o enfoque desde trabalho. Através de vários métodos é possível obter um diagnóstico do espaço existente e conferir se o edifício está exercendo sua função com plenitude ou, em contrapartida, que não a está executando de maneira correta. Sendo assim com este diagnóstico é possível analisar e buscar soluções que contribuam para a atenuação de situações desfavoráveis ao usuário. Rheingantz *et al.* (2009) definem Avaliação Pós-Ocupação (APO) como:

[...] um processo interativo, sistematizado e rigoroso de avaliação de desempenho do ambiente construído, passado algum tempo de sua construção e ocupação. Focaliza os ocupantes e suas necessidades para avaliar a influência e as consequências das decisões projetuais no desempenho do ambiente considerado, especialmente aqueles relacionados com a percepção e o uso por parte dos diferentes grupos de atores ou agentes envolvidos. (RHEINGANTZ *et al.*, 2009, p. 16).

Considerando edifícios que abrigam locais de ensino, estudos comprovam que um ambiente que proporcione bem estar aos usuários contribui significativamente para o ensino e aprendizagem dos alunos. Neste contexto, RITTER (2014) enfatiza que atualmente há um enfoque para a adequação espacial e habitabilidade nos edifícios. Através destes estudos é possível corrigir os erros cometidos quando a qualidade das escolas e seu espaço físico não eram fatores que demandavam grande preocupação.

Kowaltowski, Moreira e Deliberador (2012) demonstram de forma esquemática na figura 1 o processo de projeto usualmente empregado e onde a avaliação pós-ocupação se encaixa em meio ao ciclo completo de uma obra. Desta forma é possível visualizar a importância e a contribuição destes estudos para o desenvolvimento de projetos voltados para o bem-estar do usuário, resultando em um constante aprimoramento das técnicas empregadas nos projetos e garantindo qualidade para as futuras edificações.

Figura 1. Modelo de processo de projeto em arquitetura



Fonte: Kowaltowski, Moreira e Deliberador (2012).

Outro fator a ser analisado pela Figura 1, é o ciclo contínuo das edificações, ou seja, o processo não termina na avaliação pós-ocupação. Através dela é possível diagnosticar problemas existentes no ambiente construído e, por meio deste estudo, buscar soluções ou formas de minimizar estes problemas a curto, médio e longo prazo, considerando a busca constante por uma manutenção de qualidade e contínuas adequações, que atendam as necessidades dos seus usuários, conforme Visentin, Cardoso e Benincá, 2017.

Considerando o ciclo completo do processo de projeto é importante ressaltar que determinados aspectos relacionados ao clima, localização e entorno do projeto são determinantes para o conforto dos futuros usuários da edificação. Portanto, devem ser elencados como pontos chave desde a concepção arquitetônica. Visentin, Cardoso e Benincá (2017) apresentam elementos que devem ser pontos norteadores do projeto, enquanto enfocam os edifícios educacionais.

O ambiente escolar deve ser projetado para garantir o máximo de conforto com relação à temperatura, vento, umidade, proporcionar condições ideais de visão e iluminação, natural ou artificial, qualidade acústica por meio de materiais isolantes que protejam de ruídos externos, para garantir estabilidade estrutural da edificação, salubridade e higiene, segurança, entre outros. (VISENTIN; CARDOSO; BENINCÁ, 2017, p. 51).

Ambientes educacionais requerem maior cuidado no tratamento acústico dos espaços por necessitarem de ambientes que proporcionem concentração aos ocupantes. Quando ruidosos, estes ambientes prejudicam os usuários, resultando em problemas como “falta de concentração, baixa produtividade, interferência na comunicação e dificuldade na aprendizagem” (ENIZ; GARAVELLI, 2006, p. 139).

Além disso, ambientes com excesso de ruído também prejudicam a saúde. Dentre os efeitos diagnosticados pelo relatório da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1999 *apud* ENIZ; GARVELLI, 2006) encontram-se fadiga, nervosismo, reações de estresse, ansiedade, falta de memória, cansaço, irritação e problemas com as relações humanas.

Considerando todos os elementos mencionados, este artigo objetiva a realização de uma avaliação pós-ocupação em um ambiente que engloba diversas funções, especialmente de ensino. Como objeto do presente estudo, o Prédio 15, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, apresenta características peculiares em relação à acústica, por incorporar diversos equipamentos geradores de ruído, junto com locais que exigem concentração, como salas de aula, de coordenações e professores. Este fato instigou os pesquisadores a direcionar o foco do trabalho para o conforto acústico desta edificação, a fim de verificar a qualidade sonora dos ambientes e a exposição dos usuários ao ruído. E, por fim, comparar os resultados obtidos com os valores estipulados pelas normas para o nível de conforto acústico, bem como, o tempo máximo de exposição à determinado ruído.

2 Parâmetros utilizados

Como parâmetro técnico para verificação do conforto acústico dos ambientes foi utilizada a norma NBR 10152, que tem por objetivo fixar os “níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos” (ABNT, 1987). A norma apresenta o intervalo de valores em decibéis (dB) que é considerado confortável para o usuário de acordo com cada ambiente e a respectiva curva de avaliação de Ruído (NC), em decibéis (dB). Estes valores são descritos na Tabela 1, na qual foram listados apenas os locais cujas funções que se encaixam nesta pesquisa.

Tabela 1. Valores dB(A) e NC

Locais	Ambientes	dB (A)	NC
Escolas	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
	Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
	Circulação	45-55	40-50
Escritórios	Salas de Reunião	30-40	25-35
	Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
	Salas de computadores	45-65	40-60
	Salas de Mecanografia	50-60	45-55

- o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

- Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Fonte: Adaptado ABNT, 1987.

Neste contexto é relevante apresentar também a NR 15 (1978) que trata das atividades e operações insalubres. Nela é possível encontrar os limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes e o tempo máximo de exposição do usuário a eles (Tabela 2), sem que haja consequências para a saúde dos indivíduos.

Tabela 2. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15 – Atividades e operações insalubres (1978).

3 Objeto de estudo

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) localiza-se no Rio Grande do Sul e conta com seis campus: Erechim (Reitoria), Frederico Westphalen, Cerro Largo, São Luiz Gonzaga, Santiago e Santo Ângelo (Figura 2).

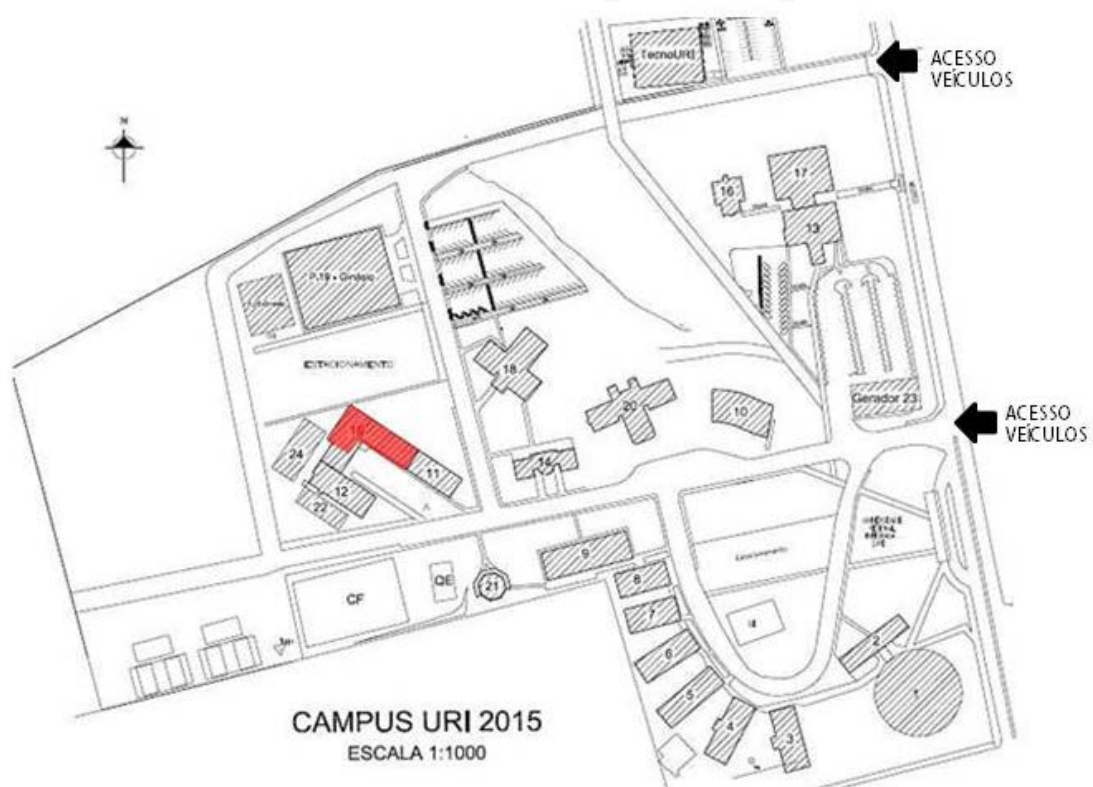
Figura 2. Vista da URI – Campus Santo Ângelo



Fonte: Site Reitoria da URI (2017).

A URI Campus Santo Ângelo situa-se no extremo norte da cidade e possui dois acessos para veículos. Os edifícios são distinguidos por números e Prédio 15 a ser trabalhado em questão está demarcado na Figura 3.

Figura 3. Demarcação do Prédio 15 dentro da URI Campus Santo Ângelo



Fonte: Escritório Modelo (2017).

Este edifício foi escolhido pelo fato de locar diversos laboratórios dos cursos de engenharias civil e elétrica, além do curso de arquitetura e urbanismo, cujos equipamentos causam ruídos. Porém, encontram-se ainda as salas de coordenação de cursos, salas de aula e de professores, escritório modelo, em cujos espaços são desenvolvidas atividades de estudos, preparação de aulas e administrativas que

necessitam de um ambiente que proporcione concentração. Diferente das atividades práticas e ruidosas dos laboratórios experimentais de engenharia. Este fato instigou a diagnosticar o edifício e analisar seu comportamento e sua relação com os usuários.

Inicialmente concebido com a finalidade de abrigar somente os laboratórios do curso de engenharia civil, a proposta formal e espacial do edifício condiz, de certa forma, com o seu uso por aparentar uma arquitetura simples (Figuras 4 e 5). Sua estrutura consiste em alvenaria de vedação, pilares em concreto armado, não apresenta laje nem forro, a estrutura do telhado e a telha são metálicos e possui acessibilidade parcial, pois para um cadeirante acessar de um pavimento ao outro necessita sair do prédio para tal.

Figura 4. Vista externa do edifício



Fonte: Autoras (2017).

Figura 5. Vista Externa do edifício



Fonte: Autoras (2017).

O pavimento térreo abriga os laboratórios de pavimentação, solos (Figuras 6 e 7), materiais de construção, argamassa, maquetes, uma sala de aula, sala de plotagem, sanitários, feminino e masculino, e sala para motoristas. Devido ao seu uso, a pavimentação do mesmo é de cimento queimado de coloração vermelha, o que é uma boa opção para amplas áreas, além de favorecer a manutenção e ter resistência aos impactos. A Figura 8 apresenta a planta baixa do pavimento térreo destacando seu zoneamento de usos.

Figura 6. Laboratório de pavimentação e solos



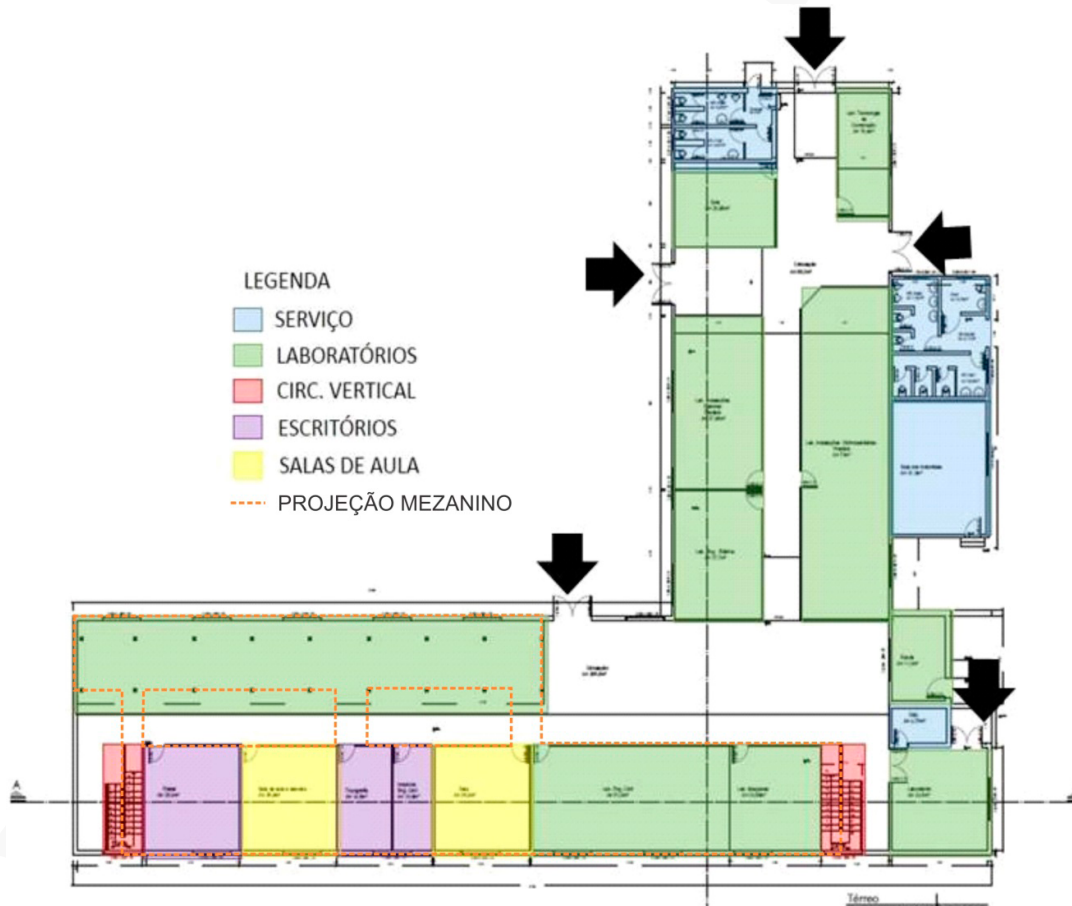
Fonte: Autoras (2017).

Figura 7. Laboratório de pavimentação e solos



Fonte: Autoras (2017).

Figura 8. Planta Baixa Zoneada Térreo



Fonte: Adaptado Escritório Modelo do Curso de Engenharia Civil da URI (2017).

Devido à demanda crescente de cursos, foi adicionado um mezanino, que abriga gabinetes de professores e coordenadores dos cursos de engenharia, composto por estrutura metálica e piso de madeira. Devido à nova oferta de cursos (Arquitetura

e Urbanismo e Agronomia), aumentou-se a demanda de gabinetes de professores e coordenadores, sendo então, acrescida ao mezanino, uma estrutura em *steel frame* com piso cerâmico. Os ambientes são delimitados por divisórias leves e a ventilação é prejudicada pela tipologia de esquadrias empregadas, neste caso, basculantes. Internamente os ambientes possuem forro de PVC e nas circulações não há tratamento de forro ou laje (Figuras 9 e 10). A Figura 11 apresenta a planta baixa do mezanino com as duas estruturas finalizadas e um zoneamento de acordo com os usos e funções de cada espaço.

Figura 9. Vista da sustentação metálica do mezanino



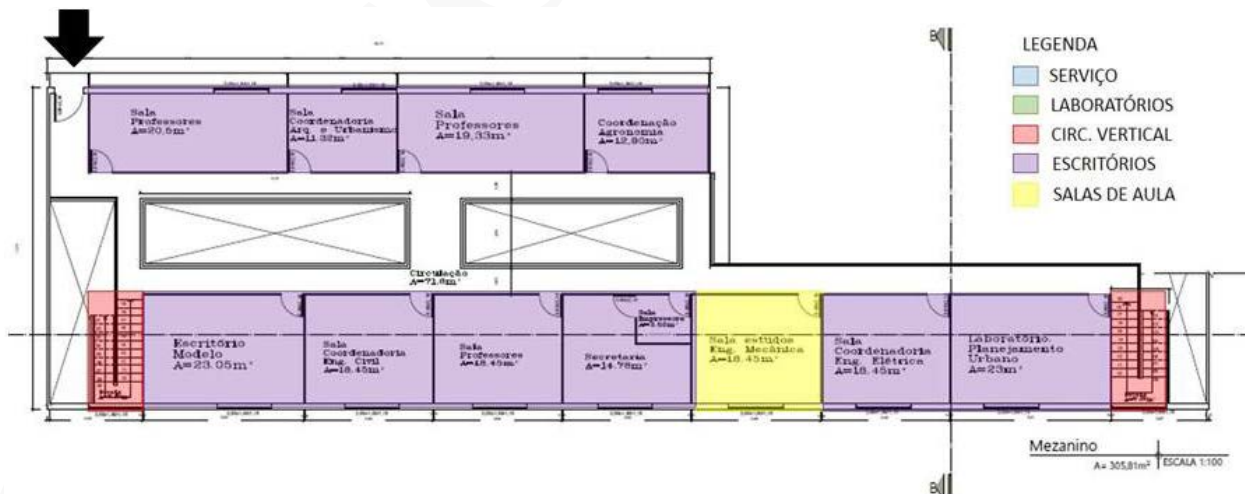
Fonte: Autoras (2017).

Figura 10. Vista da estrutura e materiais empregados no mezanino



Fonte: Autoras (2017).

Figura 11. Planta Baixa Zoneada Mezanino



Fonte: Adaptado Escritório Modelo do Curso de Engenharia Civil da URI (2017).

4 Materiais e métodos

Na primeira etapa foi desenvolvido o mapeamento da edificação por meio do levantamento da planta baixa existente, para então, ser feita a análise da disposição dos espaços. Para tanto, foi elaborado um *checklist*, a fim de listar os dados a serem avaliados no objeto de estudo, o que auxiliou na coleta e organização das informações durante as visitas *in loco* (*walkthrough*). Todos estes métodos, reunidos, possibilitaram reunir dados referentes às características físicas e construtivas da edificação para o desenvolvimento da pesquisa.

O método *walkthrough* consiste em visitas no local avaliando os aspectos a serem considerados no *checklist* do ponto de vista do pesquisador, identificando características do local, comportamentos dos usuários, entre outras especificações do que ocorre diariamente no ambiente a ser estudado. Para Rheingantz *et al.* (2009) o conceito de *walkthrough* pode ser definido da seguinte maneira:

Originária da Psicologia Ambiental, pode ser definida como um percurso dialogado complementado por fotografias, croquis gerais e gravação de áudio e de vídeo, abrangendo todos os ambientes, no qual os aspectos físicos servem para articular as reações dos participantes em relação ao ambiente. Criado por Kevin Lynch, é um instrumento de grande utilidade tanto na APO quanto na programação arquitetônica, uma vez que possibilita que os observadores se familiarizem com a edificação em uso, bem como que façam uma identificação descritiva dos aspectos negativos e positivos dos ambientes analisados (RHEINGANTZ *et al.*, 2009, p. 12).

Durante a aplicação destes instrumentos verificou-se também a disposição dos ambientes em relação à fonte dos ruídos e foram realizadas conversas informais com os usuários do local. Pelo fato do Prédio 15 ser caracterizado pela presença de muito ruído em grande parte do tempo devido aos equipamentos ali presentes, optou-se avaliar, como critério principal, o conforto acústico desta edificação.

Desta forma, a segunda etapa consistiu na medição do nível de pressão sonora em diferentes espaços internos da edificação. As medições foram realizadas nos turnos da manhã e da tarde. Para identificar a fonte do ruído em diversos locais da edificação, foram escolhidos pontos em ambientes que abrigam variadas funções a fim de verificar as atividades mais prejudicadas pelo ruído.

A análise de conforto acústico foi baseada no nível de ruído global (dBA), a partir de medições realizadas com medidor de nível de pressão sonora marca MINIPA, modelo MSL 1351C com microfone e calibrador, proveniente do laboratório do curso de Engenharia Civil.

Os produtos obtidos com a aplicação de tais métodos são plantas baixas e tabelas que resumem as informações coletadas, as quais podem se mostrar fundamentais no processo de tomada de decisões em projetos de reforma ou na proposição de novas edificações com impacto na disposição e nas funções dos ambientes internos, tanto em seu layout quanto no tratamento dos espaços.

5 Resultados e discussões

5.1 Aspectos Acústicos

Considerando as características físicas e construtivas da edificação, foi desenvolvido um *checklist* com a relação de aspectos a serem analisados, tendo foco no conforto acústico. Desta forma, a avaliação subdividiu-se em positiva e negativa. Foram analisados o desempenho do material, se o mesmo cumpre com sua função, se possui algum tratamento acústico e se é um propagador de ruído no ambiente. Por fim, considerou-se cada item da lista, positivo ou negativo, quando, de forma geral, possui mais características positivas ou negativas.

Tabela 3. Checklist de atributos físicos

Aspectos Físicos	Avaliação	Observações
Paredes Externas	Positivo	Bloco Cerâmico.
Divisórias Internas	Negativo	PVC. Sem tratamento acústico.
Piso Cimento Queimado	Positivo	No térreo. Não propaga muito ruído.
Piso Madeira	Negativo	Em parte do mezanino. Grande propagador de ruído.
Piso Cerâmico	Positivo	Em parte do mezanino. Não propaga muito ruído.
Esquadrias Internas	Negativo	PVC e Vidro. Sem tratamento acústico.
Forro Mezanino	Positivo	PVC. Sem tratamento acústico.
Forro Térreo	Negativo	Inexistente.
Forro Circulações	Negativo	Inexistente.
Cobertura	Negativo	Zinco. Grande propagador de ruído em dias de chuva.

Fonte: Autoras (2017).

As paredes externas consistem em alvenaria de vedação e oferecem uma boa proteção contra as intempéries. Apesar de não possuírem nenhum tratamento acústico específico, seu desempenho acústico ainda pode ser considerado bom. Quanto às divisórias internas, apresentam estrutura em PVC e também não apresentam nenhum tratamento acústico. Neste caso, por serem ambientes internos expostos à ruídos muito altos e constantes, é necessário a implantação de um isolamento acústico maior, pois as divisórias apresentam espessura muito fina e permitem que o ruído penetre no ambiente.

Da mesma forma que as divisórias, as esquadrias não possuem tratamento acústico e são compostas por janelas de vidros fixos e portas de PVC, que seguem a espessura

das divisórias. As portas não apresentam nenhum tipo de vedação para melhorar o desempenho acústico e os vidros utilizados também não asseguram uma vedação acústica, pois são simples, quando o ideal seria empregar vidros duplos, de espessuras diferentes para que a absorção sonora seja eficaz e aconteça de maneira correta.

O piso de cimento queimado no térreo desempenha bem a sua função, por ser um piso resistente, suportando os equipamentos pesados e abrasivos dos laboratórios ali localizados. Por estar posicionado no térreo, não necessita tanto cuidado em relação ao desempenho acústico como os pisos do mezanino. O piso de madeira, empregado em um dos lados do mezanino é caracterizado por ser um grande propagador de ruído. Já o piso cerâmico presente na outra parte do mezanino possui desempenho acústico melhor, por não propagar tanto o ruído como o piso de madeira.

Os forros são grandes aliados para o isolamento acústico. Analisando as áreas comuns da edificação onde localizam-se os laboratórios e as circulações, constata-se a inexistência de forro. Aliado a isto, a cobertura em zinco, sem tratamento térmico ou acústico, expõe os usuários a ruídos extremamente altos, principalmente em dias de chuva. A inexistência de forro nestes espaços, além de não isolar os ambientes internos do alto ruído gerado pelos equipamentos dos laboratórios, propaga o som da chuva nas telhas metálicas.

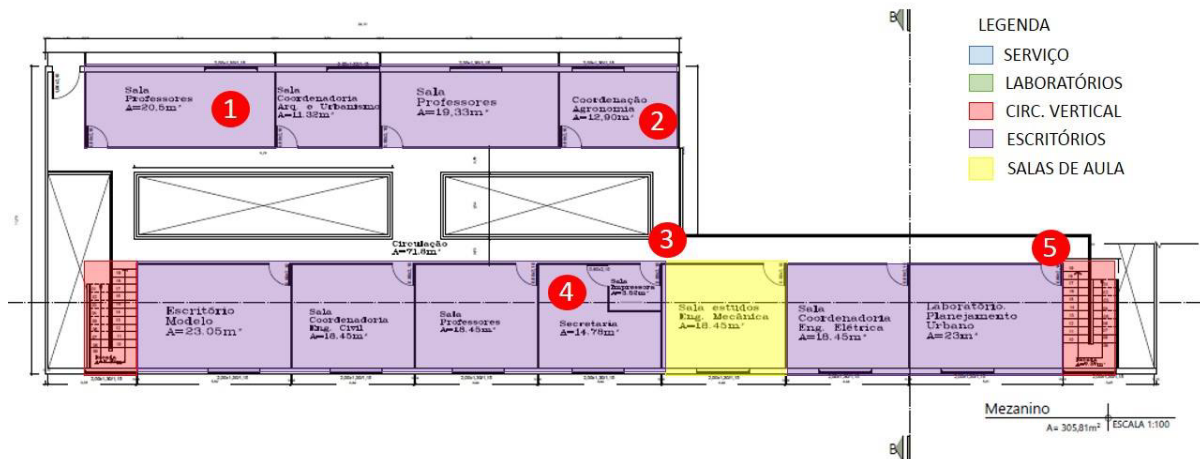
Os ambientes internos localizados abaixo do mezanino, nos locais onde há piso de madeira, também não possuem forro. Desta forma, são somados os ruídos provocados pelos equipamentos dos laboratórios com o ruído provocado pelo caminhar das pessoas no mezanino, prejudicando a concentração dos usuários destes locais.

Os espaços localizados no mezanino, contam com forro em PVC, o qual pode ser considerado um ponto positivo, pois contribui com a acústica ao isolar estes espaços. Porém, observa-se que não há um conforto acústico ideal nestes ambientes, pois apesar de haver divisórias e forro, para isolamento do restante do edifício, não há tratamento acústico adequado a estes espaços, principalmente pela fonte de ruído ser muito próxima e gerar ruídos muito altos. Desta forma, foram necessárias medições em alguns pontos da edificação, para constatar o conforto acústico e a exposição diária dos usuários ao nível de ruído ali presente.

5.2 Pontos de Medição

Foram estipulados os pontos de medição em diversos ambientes do edifício. Os pontos escolhidos no mezanino estão dispostos, na maioria, no interior das salas dos professores (pontos 1, 2 e 4), para analisar o comportamento acústico das divisórias leves em relação ao alto ruído produzido no restante do edifício e os outros pontos (3 e 5) ficaram dispostos na circulação, que mesmo não sendo uma área de longa permanência é uma área onde as pessoas param para relaxar, tomar um café e encontra-se completamente vulnerável pela ação dos ruídos, sem a presença de divisórias e forro. A figura 12 apresenta os pontos escolhidos e sua localização na planta.

Figura 12. Planta baixa zoneada com pontos de medição – mezanino



Fonte: Adaptado Escritório Modelo do Curso de Engenharia Civil da URI (2017).

Os pontos de medição definidos para o térreo são, em sua maioria, locais de geração de ruído como os laboratórios do curso de engenharia civil: pontos 7 (Laboratório de solos), 8 (Laboratório de pavimentação) e 10 (Laboratório de argamassa); e o laboratório de maquetes (ponto 9), que possuem equipamentos que emitem ruído. Foram medidos pontos nas circulações (ponto 11) e locais nas extremidades do edifício, um externo (ponto 12) e um internamente a um ambiente fechado, neste caso a sala de plotagem (ponto 6). Desta forma, é possível verificar diversas situações e usos, juntamente com o desempenho dos fechamentos e materiais utilizados.

Figura 13. Planta baixa zoneada com pontos de medição – térreo



Fonte: Adaptado Escritório Modelo do Curso de Engenharia Civil da URI (2017).

Após realizadas as medições com o medidor do nível de pressão sonora, os dados coletados foram reunidos e dispostos na tabela 3, para posterior análise e diagnóstico. Foram feitas medições com os equipamentos emissores de ruído, provenientes dos laboratórios, ligados e desligados, assim como medições no lado externo a edificação. Nesta medição foram observados que os ruídos existentes não atrapalham as atividades desenvolvidas no interior da edificação, pois não se tem nenhuma fonte de ruídos como vias rápidas ou indústrias, somente o ginásio de esportes. Porém, não ocorreu nenhum evento durante o período de medição. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros apresentados pelas respectivas normas mencionadas anteriormente (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Resultados das medições in loco com o medidor de nível de pressão sonora

Ponto	Local	Ruído com equipamento	Ruído sem equipamento	Ruído Externo
1	Sala professores Arquitetura e Urbanismo	79	62	60
2	Sala Coordenação Agronomia	83	53	60
3	Circulação mezanino	87	59	63
4	Sala secretária curso Arquitetura e Urbanismo	77	55	63
5	Laboratório de Urbano	91	62	63
6	Sala de Plotagem	88	82	63
7	Circulação térreo	90	86	60
8	Laboratório Engenharia Civil	85	56	63
9	Laboratório de Maquetes	82	68	63
10	Circulação próximo aos equipamentos	99	72	65
11	Saída posterior para prédio 24	81	54	59
12	Exterior ao prédio – em frente ao prédio 24	69	48	59

Fonte: Autoras (2017).

A Tabela 5 apresenta o comparativo entre os valores obtidos na Tabela 4 com os níveis de conforto estabelecidos pela norma NBR 10152. Foram demarcados em vermelho os valores que não atendem os níveis exigidos pela norma e em azul os que estão de acordo.

Tabela 5. Comparativo dos resultados obtidos com a norma NBR 10152

Ponto	Local	Ruído com equipamento (dB)	Ruído sem equipamento (dB)	NBR 10152 (dB)
1	Sala professores Arquitetura e Urbanismo	79	62	35-45
2	Sala Coordenação Agronomia	83	53	35-45
3	Circulação mezanino	87	59	45-55
4	Sala secretária curso Arquitetura e Urbanismo	77	55	35-45
5	Laboratório de Urbano	91	62	40-50
6	Sala de Plotagem	88	82	45-65
7	Circulação térreo	90	86	45-55
8	Laboratório Engenharia Civil	85	56	40-50
9	Laboratório de Maquetes	82	68	40-50
10	Circulação próximo aos equipamentos	99	72	45-55
11	Saída posterior para prédio 24	81	54	45-55
12	Exterior ao prédio – em frente ao prédio 24	69	48	45-55

Fonte: Autoras (2017).

Observa-se que nas medições, os pontos 1 ao 10 apresentam valores em dB superior ao máximo permitido pela norma NBR 10152, considerando os níveis de conforto acústico. Os pontos 11 e 12 enquadram-se nos intervalos prescritos na norma somente nas situações em que os equipamentos geradores de ruído não estão em funcionamento. Ao analisar os dados, é possível afirmar que, quando os equipamentos que são fontes de ruído encontram-se em funcionamento, nenhum ambiente se apresenta no intervalo de conforto acústico estabelecido pela norma NBR 10152. Quando estes equipamentos estão desligados, apenas dois pontos se enquadraram no intervalo adequado de dB, a saída posterior para o prédio 24 e o exterior ao prédio. Porém é importante ressaltar que ambos os pontos podem ser considerados externos à edificação. Desta forma, pode-se afirmar que 100% dos ambientes internos não atendem o nível de conforto acústico tido como referência.

A Tabela 6 apresenta um comparativo dos valores obtidos com a NR15 a fim de verificar o tempo máximo de exposição ao ruído em cada ambiente e situação (com equipamentos geradores de ruído ligados e desligados). Além de averiguar se o tempo de exposição máximo coincide com uma jornada diária de trabalho de 8 horas.

Tabela 6. Comparativo dos valores obtidos com a NR 15

Ponto	Local	Ruído com Eq. (dB)		Ruído sem Eq. (dB)	
		Não Permitido	NR 15	Não Permitido	NR 15
1	Sala professores Arq. e Urb.	79	85dB – Máx 8 horas	62	85dB – Máx 8 horas
2	Sala Coordenação Agronomia	83	85dB – Máx 8 horas	53	85dB – Máx 8 horas
3	Circulação mezanino	87	87dB – Máx 6 horas	59	85dB – Máx 8 horas
4	Sala secretária curso Arq. e Urb.	77	85dB – Máx 8 horas	55	85dB – Máx 8 horas
5	Laboratório de Urbano	91	91dB – Máx 3,5 horas	62	85dB – Máx 8 horas
6	Sala de Plotagem	88	88dB – Máx 5 horas	82	85dB – Máx 8 horas
7	Circulação térreo	90	90dB – Máx 4 horas	86	86dB – Máx 7 horas
8	Laboratório Engenharia Civil	85	85dB – Máx 8 horas	56	85dB – Máx 8 horas
9	Laboratório de Maquetes	82	85dB – Máx 8 horas	68	85dB – Máx 8 horas
10	Circulação próximo aos equipamentos	99	100dB – Máx 1 hora	72	85dB – Máx 8 horas
11	Saída posterior para prédio 24	81	85dB – Máx 8 horas	54	85dB – Máx 8 horas
12	Exterior – frente ao Prédio 24	69	85dB – Máx 8 horas	48	85dB – Máx 8 horas

Fonte: Autoras (2017).

Segundo a Norma NR 15, o nível máximo de ruído que pode ser tolerado num ambiente de trabalho, por até 8 horas consecutivas, é de 85 dB(A). No entanto, analisando a Tabela 5, é possível verificar que na situação em que os equipamentos estão funcionando, apenas 7 pontos atendem os níveis de ruído para uma jornada diária (8 horas). São os pontos 1, 2, 4, 8, 9, 11 e 12 correspondendo a 58,34% dos ambientes medidos. É válido ressaltar que dentre os ambientes que apresentaram tempo de exposição máximo inferior à 8 horas, encontram-se as circulações (ambientes que não são de permanência prolongada), o laboratório de urbano e a plotter. Os dois últimos podem ser considerados os ambientes mais prejudicados nesta situação, por serem ambientes de permanência prolongada durante o horário de funcionamento.

Dentre os equipamentos emissores de ruído mencionados, os que estavam em funcionamento durante as medições eram, na maior parte do tempo, a betoneira e a prensa para teste de compressão. De acordo com os funcionários, a betoneira costuma ser muito utilizada, principalmente quando as turmas são grandes. Estima-se uma média diária de uso de 5 horas. Já a prensa para teste de compressão é utilizada por

mais tempo que a betoneira, funcionando nos três turnos (manhã, tarde e noite) durante o período letivo. Dessa forma, nota-se que os usuários do edifício em estudo estão expostos aos elevados níveis de ruído gerados por estes equipamentos por um tempo prolongado, que pode atingir a uma exposição de até 8 horas consecutivas.

Na situação em que os equipamentos encontram-se desligados, 11 dos pontos medidos apresentaram resultados satisfatórios, possibilitando uma exposição diária de 8 horas para os níveis de ruídos apresentados. Somente o ponto 7 (circulação térreo) não apresentou o máximo de 85 dB. Porém, o resultado ficou muito próximo ao máximo estabelecido, obtendo uma exposição máxima de 7 horas. Além disso, trata-se de um local de circulação, ou seja, não é um ambiente de permanência prolongada e conseqüentemente não afeta os ambientes de trabalho. Pode-se concluir que nesta situação, se obteve resultados positivos que atendem a norma e possibilitam uma jornada de trabalho de 8 horas.

Observa-se que os valores obtidos, quando comparados com a NR 15, podem ser considerados favoráveis (com exceção do laboratório de urbano e da sala de plotagem quando considerar apenas ambientes de permanência prolongada). Porém, quando comparados os valores obtidos com os níveis de conforto acústico estabelecidos pela NBR 10152, pode-se afirmar que os resultados, são negativos e prejudicam o conforto acústico dos usuários em quase todas as situações. Além de prejudicar a saúde, a longo prazo, das pessoas que ali trabalham ou estudam.

6 Considerações finais e recomendações

Por meio deste trabalho nota-se o quanto é imprescindível que se tenha um bom desempenho acústico para que os usuários possam exercer suas atividades no espaço, assim como, a adoção de estratégias passivas arquitetônicas. Após a coleta e análise dos dados fica evidente o desconforto dos usuários do prédio em relação aos ruídos, que não estão nos níveis apropriados para garantir uma boa performance em suas tarefas. Diante destes resultados é válido propor algumas soluções a curto, médio e longo prazos, visando contribuir com os níveis de conforto acústico para os usuários e conseqüentemente a saúde dos mesmos.

A primeira recomendação é de que as fontes de ruídos devem ser retiradas de dentro do prédio durante o manuseio, considerando que muitos equipamentos, como a betoneira, serra circular, tico-tico e serra portátil, podem ser movidos para as áreas externas do edifício, sendo que o mesmo possui áreas externas para o manuseio destes equipamentos. Para amenizar o efeito dos ruídos sobre a saúde dos trabalhadores os mesmos deveriam usar equipamentos de proteção individual (EPIS), como protetores auriculares.

Para o piso de madeira do mezanino, que também é responsável pela emissão de alto ruído provocado pelo caminhar das pessoas propõe-se amenizar os ruídos nos

gabinets com o uso de colchões moles como pisos flutuantes ou emborrachados na parte do mezanino, além de colocação de forro nas áreas que ainda não tem, em um material absorvente, como os forros acústicos. Esta solução é semelhante à empregada por Barbosa e Zeballos (2004) em seu estudo para isolamento acústico da sala de peneiras do laboratório de materiais de construção do CTU, cuja proposta foi a “fixação no contra piso de concreto de chapa isolante de fibra de madeira natural espessura de 12mm, densidade de 260Kg/m² e coeficiente médio de absorção de som de 30% (250 a 2000 Hz) revestida com piso emborrachado.” (BARBOSA; ZEBALLOS, 2004).

Ainda, para diminuir o ruído nos gabinetes de professores com uma solução de médio prazo, pode-se incluir o uso de divisórias compostas pelo sistema massa-mola-massa, como paredes em estilo *drywall* com a aplicação de placas cimentícias, preenchidas internamente com lã de pet, aglomerado de cortiça expandida, fibra de coco ou forro mineral que são maneiras mais sustentáveis de tratar o problema, conforme destacado por Formolo *et al.* (2017) em seu estudo referente à materiais sustentáveis com propriedades acústicas favoráveis. A Tabela 7 apresenta um quadro resumo dos materiais que podem auxiliar na melhoria da qualidade ambiental do objeto de estudo.

Tabela 7. Tabela Comparativas de Materiais Sustentáveis com boas características acústicas

	Lã de Pet	Aglomerado de Cortiça Expandida	Fibra de Coco	Forro Mineral
Origem	Reciclagem	Vegetal	Fibra Natural	Minérios
Durabilidade	100 anos	50 anos	100 anos	Não Informado
Pontos Positivos	Custo-benefício, material leve de rápida instalação, antialérgico, pode ficar em contato com a umidade.	Impermeável a líquidos e a gases, adapta-se a variações de temperatura, e a combustão é lenta.	Custo-benefício, boa resistência mecânica, permite troca de calor com o ambiente e tem efeito retardante de chamas.	Resistente a umidade relativa do ar e ao fogo, antialérgico, fácil instalação, pode ser facilmente modelado e possui boa aparência.
Pontos Negativos	-	Pouco utilizado no Brasil pois é fabricado na Europa.	-	Produto é frágil com necessidade de cuidados no seu transporte e armazenamento. Não deve ser instalado em áreas externas ou internas abertas.

Fonte: Adaptado FORMOLO *et al.* (2017).

Além disso, para as aberturas, pode-se utilizar vidros duplos de diferentes espessuras (6mm+8mm), contendo camada intermediária de ar que auxilia no

isolamento do ambiente em relação aos ruídos. Propõe-se que as portas dos gabinetes sejam substituídas por portas tipo sanduíche com duas chapas de madeira e enchimento interno de lã mineral e vedante de borracha no batente.

Já a solução de longo prazo, seria a remoção dos escritórios do edifício em questão, e a transferência dos mesmos para um local mais adequado de acordo com a função que exercem, para que se garanta assim, o conforto acústico aos usuários e funcionários que trabalham ali. Por outro lado, a integração proporcionada por este tipo de edifício é muito interessante para o desenvolvimento dos alunos nas respectivas graduações, dessa forma soluções relacionadas a intervenções por meio de tecnologias dos materiais seriam soluções criativas para a participação dos alunos.

Espera-se que estes resultados sejam objeto de sugestão para o desenvolvimento de futuras investigações sobre o assunto, de forma que, os usuários desfrutem destes espaços com maior qualidade, acessibilidade, conforto ambiental e eficiência em sua utilização.

Bibliografia

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 10152 Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- BARBOSA, Miriam Jerônimo; ZEBALLOS, Adachi Andrea. Estudo e especificações para revestimento e isolamento acústico da sala de peneiras do laboratório de materiais de construção do CTU. *Congresso Acústica 2004*. Portugal, 2004.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. *Norma Regulamentadora 15. Atividades e Operações Insalubres: limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente anexo nº1*. Brasília, 1978.
- ENIZ A.; GAVELLI S. L.. A contaminação acústica de ambientes escolares devido aos ruídos urbanos no Distrito Federal, Brasil. *HOLOS Environment*, v.6, n. 2, p. 137-150, 2006.
- FORMOLO, Bruna Forner *et al.* Acústica Escolar Utilizando Soluções Sustentáveis. Centro Universitário da Serra Gaúcha FSG. *V Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG III Salão de Extensão*. Caxias do Sul, out. 2017.
- Jornal e Revista O Mensageiro. *Com 49 anos de história, URI completa 25 anos como Universidade*. 2017. Disponível em: <<http://jom.com.br/educacao/com-49-anos-de-historia-uri-completa-25-anos-como-universidade.html>>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; DELIBERADOR, M. S. O programa arquitetônico no processo de projeto: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. In: SALGADO, Mônica Santos; RHEINGANTZ, Paulo Afonso (Org.). *Projetos Complexos e os Impactos na Cidade e na Paisagem*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2012. p. 160-185.
- Reitoria Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Disponível em: <http://www.reitoria.br/reitoria_uri/show.php?pag=1001>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- RHEINGANTZ, Paulo Afonso *et al.* *Observando a Qualidade do Lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação*. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, 2009.
- RITTER, Viviane Mülech. Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno: O Caso do Câmpus Pelotas Visconde da Graça. 2013. 179 fl. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - *Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- VISENTIN, Tales Gonçalves; CARDOSO, Grace Tibério; BENINCÁ, Letiane. Arquitetura Bioclimática: Avaliação Pós Ocupação (APO) em escola pública estadual. *Revista de Arquitetura IMED*, Passo Fundo, v. 6, n. 1, p. 49-61, ago. 2017. ISSN 2318-1109. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/1910>>. Acesso em: 19 fev. 2018. doi: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v6n1p49-61>.