

Utilização de Resíduos de Construção Civil para Preenchimento de Gabiões Caixa para Execução de Barreiras Sonoras

*Utilización De Residuos De La Construcción Civil Para Rellenar Cajas De Gaviones Para La
Construcción De Barreras Acústicas*

Antonio Celso de Souza Junior

Mestre, Uninove, Brasil
antoniocelso.eng@gmail.com

João Alexandre Paschoalin Filho

Professor Doutor, Uninove, Brasil
jalexandre@uni9.pro.br

RESUMO

O presente projeto de pesquisa tem por objetivo propor e avaliar a utilização de gabiões tipo caixa, preenchidos com resíduos de construção civil, como barreiras de isolamento acústico para atenuação de ruídos advindos de veículos automotores. Para tal, serão coletadas e caracterizadas amostras de RCC Classe A de concreto por meio de ensaios prescritos por normas técnicas pertinentes. Gabiões caixa serão montados em laboratório e preenchidos com os resíduos coletados. Para a determinação da performance em relação ao isolamento acústico das barreiras, serão posicionados decibelímetros antes e após as barreiras em gabiões. Os ruídos serão gravados em vias de alto movimento de tráfego na cidade de São Paulo, e posterior replicados com intensidade igual e maior ao coletado. Dessa forma, este projeto visa colaborar com o meio técnico na proposição de uma solução alternativa e tecnicamente viável de destinação e utilização dos resíduos de construção civil para uso destes em obras de infraestrutura urbana, com aplicação e possibilidade de atenuação a poluição sonora gerada por veículos em locais de grande fluxo de pessoas e veículos nas cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de construção; Barreiras acústicas; Gabiões; Poluição sonora.

Resumen

Este proyecto de investigación tiene por objeto proponer y evaluar la utilización de gaviones tipo caja, rellenos de residuos de construcción, como barreras de aislamiento acústico para la atenuación del ruido procedente de vehículos de motor. Para ello, se recogerán muestras de hormigón RCC de clase A y se caracterizarán mediante ensayos prescritos por las normas técnicas pertinentes. La caja de gaviones se montará en el laboratorio y se llenará con los residuos recogidos. Para determinar el rendimiento en relación con el aislamiento acústico de las barreras, se colocarán decibelímetros antes y después de las barreras en gaviones. El ruido se registrará en carreteras con gran movimiento de tráfico de la ciudad de São Paulo, y luego se replicará con una intensidad igual y superior a la recogida. Así, este proyecto tiene como objetivo colaborar con el medio técnico en la propuesta de una solución alternativa y técnicamente viable de eliminación y utilización de residuos de la construcción para su uso en obras de infraestructura urbana, con aplicación y posibilidad de mitigar la contaminación acústica generada por los vehículos en lugares de alto flujo de personas y vehículos en las ciudades.

PALABRAS CLAVE: Residuos de la construcción; Barreras acústicas; Gaviones; Contaminación acústica.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, entre julho de 2020 e agosto de 2021, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontou o crescimento de 211,8 milhões para 213,3 milhões de habitantes no Brasil. Deste número, 40 % da população brasileira ocupa a região Sudeste do país, composta por grandes aglomerados urbanos como os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que, somados, abrigam quase metade da população brasileira.

Este crescimento populacional, principalmente nos grandes centros urbanos, gera problemas relacionados ao meio ambiente, tais como emissões de gases de efeito estufa, produção de resíduos sólidos urbanos (parte dos quais resultantes da construção civil), além de transtornos de deslocamentos causados pelo tráfego intenso de veículos automotores. A estes problemas somam-se, nos grandes centros, à geração intensa de ruídos, causados principalmente por veículos.

Com o aumento da atividade construtiva, cresceu também o consumo de matérias-primas e de produtos industrializados, assim como os impactos significativos ao meio ambiente.

Além das questões climáticas, todas as atividades ligadas a execução de obras de construção têm como consequência a geração dos resíduos da construção civil (RCC), os quais são decorrentes dos processos de construção nos canteiros de obras, reformas ou demolições, partindo da produção da edificação até a concepção e entrega final do empreendimento.

Dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), relatam no ano de 2020 a coleta de cerca de 47 milhões de toneladas de RCC, o que representa um crescimento de 5,5% em relação ao ano anterior. Com este número, a quantidade de resíduos gerados por cada brasileiro foi em média de 221,2 kg por habitante/ano no Brasil.

Na União Europeia (UE) os resíduos de construção representam cerca de 30% do total de resíduos sólidos gerados nas cidades, e o consumo médio de cada país representou cerca de 500 kg per capita em 2020 segundo aponta relatório da Eurostat (2019).

No Brasil, entre as principais causas para elevada geração de RCC, destacam-se a falta de planejamento na execução de obras, especificação inadequada de materiais, erros em projetos, resistência cultural na incorporação de novos sistemas construtivos, patologias nas estruturas das construções precocemente, levando a demolições sem ao menos atingir a vida útil de projeto, além de baixa produtividade em função da mão de obra pouco qualificada, entre outros fatores.

Dentre outras formas de poluição ambiental nos grandes centros, segundo Gehl (2013), pode-se destacar aquela causada pelos ruídos excessivos causados pelas atividades cotidianas nos centros urbanos (tráfego, atividades comerciais e industriais etc.). Segundo autor, este consiste em um problema que tende a se agravar com o crescimento acelerado e desordenado das cidades.

Para Cezar (2008), a poluição sonora está relacionada ao adensamento das cidades, à utilização intensiva de veículos, e à ocupação desordenada do solo. Portanto, a poluição sonora se caracteriza como um tema que merece uma análise mais profunda, visto que ela também afeta a qualidade de vida das pessoas. É importante garantir o mínimo conforto acústico em espaços urbanos conforme cita o autor.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 1/1990 determina que sejam respeitados os padrões tolerados de ruídos estipulados pela Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) de acordo com a NBR 10151/2020, segundo a norma intitulada “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade”.

Segundo Cremonesi (1985), as principais fontes causadoras do ruído urbano, estão distribuídas em cinco principais fontes geradoras:

- a) Fontes estacionárias: equipamentos urbanos (discotecas, restaurantes), construção civil, fábricas etc.
- b) Fontes que provêm do tráfego ferroviário: trens de passageiro, trens de carga, trens do metrô, trens de subúrbios etc.
- c) Fontes provenientes de aeronaves em sobrevoo às áreas habitadas: aeronaves de passageiro com propulsão a turbo hélice, aeronave de passageiro com propulsão a reação, aeronaves militares, aeronaves de pequeno porte, helicópteros.
- d) Fontes de ruído que compõem o tráfego viário: automóveis, utilitários, motocicletas, ônibus, caminhões etc.
- e) Fontes produzidas pelo homem: diálogos, esportes etc.

A cidade de São Paulo e sua região metropolitana contam com aproximadamente 8,3 milhões de veículos automotores, segundo dados do Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN, 2020). Grande parte de sua frota são de veículos particulares, que, além de contribuírem com a emissão de poluentes, geram expressiva poluição sonora.

Pesquisas abordando os ruídos em cidades em todo o mundo têm sido realizadas. A poluição sonora já é reconhecida como um grande problema para a qualidade de vida em áreas urbanas em todas as metrópoles. Sejam elas em vias locais ou coletoras de grande fluxo de tráfego de veículos colaboram com o aumento da poluição sonora e sua permanência, principalmente em horários de pico.

Como proposta a estas discussões e a possibilidade de uma intervenção tecnológica com objetivo da redução dos impactos sonoros causados por veículos na cidade de São Paulo, esta pesquisa estudou a viabilidade técnica na alternativa para a redução da poluição sonora com a implantação de gabiões, hoje utilizados como estruturas de contenção na construção civil, e aplicá-los em locais de maior contingência de veículos, pessoas e expressivo ruídos nas cidades.

Gabião é uma estrutura comum utilizada na construção civil. Trata-se de um elemento construtivo com a finalidade de uso em muros de proteção, classificado como uma estrutura de contenção à gravidade e flexível em encostas naturais e artificiais, são elementos executados pela sobreposição de gaiolas constituídas por malhas de arames galvanizadas preenchidas por materiais de rochas granulares britadas dispostas dentro das gaiolas de gabiões. Sua principal função são as contenções verticais dos solos e rochas (Magalhães & Azevedo, 2016).

Para tal, foi executada uma contenção experimental (em escala real) e m gabião caixa, cujas gaiolas em aço, gabiões modelo easys, foram preenchidos com resíduos de construção civil. O local utilizado foi o Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Nove de Julho, situado na Vila Prudente, São Paulo.

No intuito de verificar a capacidade de redução de ruídos da contenção experimental, foram instalados emissores de som (autofalantes) com intensidade decibéis (db) igual, e maior que os ruídos verificados e gravados em vias urbanas, seguindo critérios em função da localidade e importância na cidade a presença de altos níveis de ruídos.

Esta pesquisa, em consonância com os Objetivos do desenvolvimento sustentável as (ODS), busca propor a utilização de um sistema construtivo já consolidado na construção civil, como forma alternativa de barreira acústica para atenuação dos ruídos sonoros, de forma a criar melhores condições de saúde e bem-estar das pessoas. Esta pesquisa também inova propondo o preenchimento dos gabiões por resíduos de construção civil, criando assim uma alternativa mais sustentável, uma vez que não utilizará material natural advindo de pedreiras e jazidas.

O estudo deste trabalho se justifica pela relevância na utilização de um sistema construtivo prático, sustentável, seguro, com possibilidade de execução em diversos locais sendo preenchidos com resíduos de construção civil (RCC), podendo contribuir para a melhoria da qualidade de vida, melhorias dos fatores ambientais em função das falhas no gerenciamento urbano e disposição inadequada dos resíduos nas cidades. Além de sua contribuição no controle a excessiva poluição sonora em grandes centros urbanos, causada em maior parte por veículos particulares e coletivos.

2 OBJETIVOS

Avaliar tecnicamente a possibilidade do uso de gabiões tipo “Easy S” para construção de barreira acústicas, no intuito de mitigar a poluição sonora nos centros urbanos causadas por veículos.

2.1 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a possibilidade de utilização de resíduos de construção civil no preenchimento de barreiras acústicas em gabiões.
- b) Identificar a melhor performance quanto a configuração geométrica da barreira em relação a redução dos ruídos.
- c) Verificar e avaliar os níveis de ruídos gerados em avenidas de grande movimentação na cidade de São Paulo.

3 METODOLOGIA

Para Tripp (2005), a pesquisa proposta pode ser considerada também como pesquisa-ação, pois tratará de um processo que seguirá um ciclo o qual poderá ser otimizada, entre o campo prático e a solução analisada tecnicamente em laboratório. Barros e Lehfeld (2007) destacam os seguintes aspectos na estratégia metodológica da pesquisa-ação:

- Existe interação efetiva entre pesquisadores e pesquisados;
- o objeto de estudo é constituído pela situação social e por problemas de diferentes naturezas;
- a pesquisa-ação volta-se para a resolução e/ ou esclarecimento da problemática observada;
- a pesquisa não fica em um simples nível de ativismo, mas o objetivo de aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o nível de consciência das pessoas e grupos considerados.

3.1 Coleta de amostras para o preenchimento dos gabiões

As amostras utilizadas no preenchimento dos gabiões foi coletada na Usina de Reciclagem de Entulho RIUMA, situada no Bairro Jaraguá, município de São Paulo. Os materiais foram obtidos em pilhas de agregados reciclados britados em granulometria de rachão. Para garantir melhor representatividade da amostra, os materiais foram coletados em três posições diferentes na pilha, sendo um lote de amostras coletado na base, outro à meia altura da pilha e outro no topo. Em seguida, os volumes coletados foram misturados e homogeneizados no pátio da empresa.

Conforme Lima (1999) e Costa Junior (2012), é necessário que os materiais de preenchimento dos gabiões possuam dimensão mínima superior que a abertura da malha das gaiolas para que os materiais não saiam pela abertura das malhas. Dessa forma, os diâmetros dos resíduos coletados variaram entre 9 e 15cm, sendo estes classificados como Classe A de acordo com a resolução CONAMA 307/2002. As Figuras a seguir demonstram as pilhas onde foram coletados os resíduos de construção.

Figura 1 - Pilha de resíduos sólidos de demolição de construção



Fonte: O próprio autor (Pedreiro Riuma - 2021).

Após coleta, o material de preenchimento dos gabiões foi transportado por meio de caminhão baú com plataforma mecanizada, até o laboratório da Universidade Nove de Julho – Uninove, unidade Vila Prudente na cidade de São Paulo-SP.

Anteriormente a realização dos testes laboratoriais, todos os materiais foram lavados em água corrente e secados, para retirada de pó e incrustações, para que não venha comprometer sua caracterização, as amostras foram quarteadas e homogeneizadas no intuito de garantir a melhor representatividade possível.

3.2 Preparação do Laboratório com manta acústica, montagem dos Gabiões EasyS e Preenchimento com resíduos de construção civil

Para garantir e preservar a emissão do som e seu isolamento no local, foram colocadas mantas tipo lã de rocha com função acústica, medida para evitar que o ruído gerado pelo som não reverberar nas paredes internas da sala, e criar uma barreira única de passagem entre a emissão máxima de ruídos gerados pelo tweet-som, tivesse somente como obstáculo a barreira de gabiões montados frente a emissão do som, conforme as Figura 2 a seguir.

Figura 2- Isolamento acústico posicionado nas faces laterais do gabião até a extremidade final do laboratório.



Fonte: O próprio autor (Lab Uninove - 2022).

O isolamento acústico foi executado de piso ao teto com altura total de 2,80 m e comprimento de 8,0m, percorrendo as duas laterais do gabião de divisa em ambas as alvenarias de frente e fundos. Após preparo da sala, partiu-se para a montagem dos gabiões e preenchimento com os agregados de demolição.

Os gabiões (gaiolas em aço), modelo EasyS utilizam espirais de conexão pré-formados de alta performance e resistência, garantindo uma conexão única de alta performance em toda a estrutura. Além disso, os tirantes de 5 mm de espessura são utilizados para garantir o máximo de desempenho mecânico e alto padrão de rigidez estrutural. Abaixo Figura 3, preparo para montagem do gabião EasyS.

Figura 3 - Formato gabião tipo caixa modelo Easys, conexões facilmente montadas com arames espiral e tirantes de travamentos para melhor enrijecimento das caixas.



Fonte: O próprio autor – material fornecido pela empresa Belgo Arames (2022)

Para a composição, montagem e dimensões dos gabiões easy s, foram dispostos oito módulos de cestos gabiões da parte frontal, 4 módulos na parte inferior e mais 4 módulos em sobreposição de 1,0 m (comprimento) x 0,50m (largura) x 0,50m (altura) cada módulo, e mais 3 módulos de apoio em seu tardez com as mesmas dimensões.

Figura 4 - Elementos de gabiões já finalizados – parte frontal e posterior.



Fonte: O próprio autor (Lab Uninove - 2022).

Dimensões finais:

- Elementos de face: Comprimento: 1,0 m / Largura e altura: 0,50 m.
- Total de 8 módulos - Total de 4,0 m de comprimento por 1,0 m de altura
- Elementos de contra-forte: Comprimento: 1,0m / Largura e altura: 0,50 m.
- Total de 3 módulos iguais com a mesma dimensão citada.

Com a volumetria e geometria proposta das dimensões aos elementos de gabiões preenchidos com RCC, obteve um volume próximo de 2,0 m³, para os elementos frontais, já as caixas de apoio um volume total de 0,75 m³, este volume poderá ser reduzido devido a porosidade do material em função da sua utilização e intempéries naturais já acometidas, esta redução poderá atingir cerca de 20%, tornando o volume final em aproximadamente de 2,20 m³.

3.3 Ensaios de caracterização física das amostras de rcc

No intuito de constatar a viabilidade das amostras coletadas para os fins a elas destinados, foram conduzidos os seguintes ensaios tendo em vista suas normas técnicas pertinentes:

- Massa Unitária;
- Massa Específica e Absorção de água dos agregados.
- Resistência a abrasão Los Angeles.

De acordo com a (NBR 9935/05 – NBR NM 45 – “Agregados – determinação da massa unitária”, o valores obtidos para as amostras ensaiadas atende a norma citada acima, pois para a massa específica aos agregados médios entre 1000 a 2000 kg/m³, e os agregados pesados tendem a constar uma massa específica acima de 2000 kg/m³, desta forma os materiais utilizados para preenchimentos dos gabiões caixas com resíduos de construção e demolição civil resultou em valor médio de 1,26 kg/dm³, resultado satisfatório e atende as normativas e poderão ser utilizados para a pesquisa proposta.

Para os ensaios de determinação de massa específica e absorção de água do material RCC seguiu-se os procedimentos e normativas da ABNT NBR NM 53:2003, seguindo os procedimentos da norma os valores obtidos para massa específica seco d: 1,7245 kg/dm³, já os valores para superfície seca ds: 2,063 kg/dm³, e quanto a determinação de absorção de água obteve-se o valor de 19,65% de absorção de água quanto aos materiais provenientes de resíduos de construção civil.

Quanto a determinação da abrasão “Los Angeles” Norma Mercosul NM 051:1996 - de agregados, tem como objetivo promover de modo intensificado o desgaste sofrido pelo

agregado. De acordo com Departamento nacional de estradas e rodagens – DNER-ME 35/94 – tolera limites para utilização de agregados e valores para aceitação para determinação da abrasão Los Angeles $\leq 65\%$, desta forma para as amostras de RCC utilizadas para o ensaio atende aos critérios especificados quanto a abrasão, pois o valor obtido obteve-se 35,68%, demonstrando um material resistente e possível da sua utilização para preenchimento das gaiolas em gabiões.

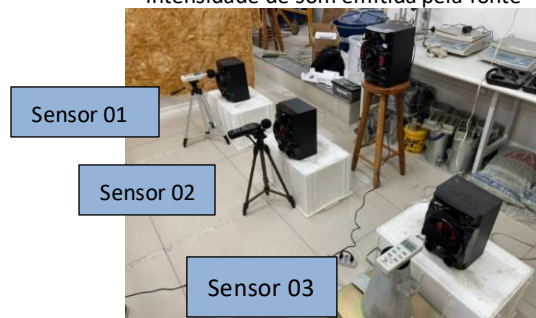
3.4 Medição e gravação de som em Avenida na cidade de São Paulo – SP e posicionamento dos equipamentos de medições no laboratório

Os dados coletados referente aos ruídos sonoros emitidos pelos veículos automotores, foram gravados em corredor de auto tráfego veicular junto ao viário urbano na cidade de São Paulo, Av. Paulista, altura do nº 610/620, sentido o Bairro Consolação versus Av. Brig. Luís Antonio. A escolha do local justifica sua relevância em função do alto tráfego de veículos particulares, coletivos, intenso movimento de pedestres, além do local com alta concentração de prédios comerciais e residenciais, área de uso misto, com a contribuição excessiva de veículos particulares e coletivos que utilizam o viário urbano diariamente durante os dias da semana.

A NBR 10151/2000, estabelece que área urbanas mista, com vocação recreacional, ou área mista, com vocação comercial e recreativa, deverá estar entre 65 dB e 60 Db decibéis, para as medições encontra a média foi de 72 Db decibéis, o que já ultrapassa a intensidade de ruído para um transeunte que se utiliza a via urbana segundo a norma acima citada.

Após a montagem em escala real do protótipo de barreira acústica com a utilização de gabiões tipo caixa modelo easy-s, foram instalados equipamentos de som e propagação dos ruídos gravados. Foram utilizados três altos falantes, de capacidade de 200 watts cada, além de equipamento de reprodução de áudio de intensidade igual e ou maior ao coletado nas ruas. Para captação da reprodução do som gravado nas ruas e realizar sua medição de intensidade no laboratório, foram utilizados equipamentos do tipo decibelímetros da marca Minipa MSL-1351 C – com display digital microfona a 90º de 1/2”, utilizado as faixas dinâmicas de medição entre 50dB, precisão de +/-1.5dB a (130dB/1kHz); para as medições, quanto a propagação do som em relação as alturas, foram utilizados tripés com variação de altura entre 0,5 m; 1,0 m e 1,5 m de altura a partir do piso existente, para posicionamento das três unidade de decibelímetros utilizados, e demarcados como sensor 01, sensor 02, sensor 03, conforme Figura 59 a seguir.

Figura 5 - Disposição do emissor de som, com posicionamento dos três decibelímetros para calibração da intensidade de som emitida pela fonte



Fonte: O próprio autor (Lab Uninove - 2022).

Para a disposição e captação dos ruídos sonoros gerados pelo equipamento de áudio, foram utilizados três equipamentos tipo decibelímetro, posicionados com espaçamento a cada 0,5 m em formato de grades marcadas no piso, até a parte frontal da barreira acústica, posterior a barreira essa distância a cada ponto de medição ocorre a cada um metro do muro de gabião, cada equipamento decibelímetro com a função em captar a emissão dos ruídos gravados de diferentes fontes emissoras, como veículos particulares, transporte coletivos, motos e caminhões.

Após a disposição dos equipamentos, foram realizadas as leituras em cada decibelímetro, obtendo uma repetição de cinco leituras a cada ponto, para cada decibelímetro após a emissão do ruído em determinada frequência, com intervalos de um minuto para cada leitura, procedimento realizado tanto para emissão sonora e transmissão dos ruídos frente aos gabiões e posterior ao muro de gabião avaliando a capacidade de absorção ou não dos ruídos emitidos, tendo como obstáculo o muro prototipo utilizado como barreira acústica por meio do gabião caixa com preenchimento de rcc.

Figura 6 - Disposição do emissor de som, com posicionamento dos decibelímetros frente a barreira acústica



Fonte: O próprio autor (Lab Uninove - 2022).

De acordo com F. Koussa et al. (2012), cada impulso ou ruído gerado será observado as mesmas características coletadas a avenida citada, com fim de reproduzir a situação do ambiente no próprio laboratório, a resposta inclui o componente direto, viajando da fonte geradora até a barreira de gabião, os componentes seguem refletido pela barreira e outro componente parasitário refletido do solo.

Os decibelímetros identificados em sensor 1,2,3, respectivamente, foram colocados diretamente na parte frontal da barreira acústica, em três distâncias laterais iguais em seu comprimento tendo como ponto de partida a distância zero de cada caixa de som, ao passar por cinco leituras cada decibelímetro era reposicionado a uma distância a cada 0,50 m de distância da fonte geradora, e após o muro de gabião a cada 1,0 de comprimento de distância, até o comprimento total de 6,5 m, tal procedimento tem como função minimizar a difração em torno das bordas verticais da barreira. Espera-se que essas posições do microfone de captação dos decibelímetros, seja possível analisar por uma correlação a distância, altura e quanto poderá ser absorvido de ruído após o som ser transmitido e passar pela barreira de gabião. Existe um limite para a capacidade de redução de ruído de uma barreira acústica devido à difração e esse limite é independente da composição (Cowan, 2016).

Figura 7 - Posicionamento dos decibelímetros após barreira acústica.



Fonte: O próprio autor (Lab Uninove - 2022).

4 RESULTADOS

Abaixo são apresentados os valores obtidos durante a leitura de intensidade de ruídos, para cada rodada de leitura, em função da altura inicial de 0,50 m, 1,0 m e 1,5 m, altura posicionada a cada decibelímetro em relação ao piso, eram percorridos todos os pontos demarcados no piso de referência, partindo do marco zero, ou seja, distância zero do emissor de som, até o comprimento total de 6,5 m para todos os três sensores, as medições foram realizadas em três canais de intensidade sonora; 80, 100, e 115 decibéis.

Tabela 01 - Sensor decibelímetro 02 para captação de ruído de 80 – decibéis db para 0,5 m de altura

Pontos	Altura de h (m)	leitura1	leitura2	leitura3	leitura4	leitura5	Média - db	dist (m)
2	0,5	84,3	78,5	81,6	80,8	80,6	81,16	0
5	0,5	75,4	77,4	67,7	66,5	76,5	72,70	0,5
8	0,5	68,1	61,2	63,7	64,3	68,2	65,10	1
11	0,5	55,8	65,4	62,7	60,3	58,7	60,58	2,5
16	0,5	56,6	62,8	60,5	51,3	60,5	58,34	3,5
17	0,5	53,4	50,9	56,5	52,2	56,1	53,82	4,5
18	0,5	50,3	62,3	57,7	63,1	50,3	56,74	5,5
19	0,5	60,7	53,4	55,7	58,8	51,8	56,08	6,5
Média Final							63,07 db	
Desvio padrão							9,47	
CV (%)							15,01	
Intervalo Máximo da Média							69,62	
Intervalo Mínimo da Média							56,51	

Fonte: Próprio autor (2022).

Acima, são relacionados os três decibelímetros, partindo do ponto zero, até a distância total de 6,5 m em relação a emissão do ruído sonoro, calibrado para oitenta decibéis (80 db) a uma altura constante de 0,50 m de altura em relação ao piso para cada decibelímetro, é possível observar ao gráfico, que após a distância de 1,5 m da fonte de emissão do som, posição está situada a barreira acústica a intensidade de ruído foi atenuada para uma média final dos três sensores em 64,77 decibéis db, uma diminuição de 19,03 % do ruído sonoro, levando em consideração a distância, posição de cada decibelímetro e sua altura constante, a redução foi

significativa para o experimento, e ainda é possível correlacionar que a distância da barreira, sua largura e espessura, tem correlação positiva para diminuição do ruído sonoro emitido.

Tabela 2 – Sensor decibelímetro 01 para captação de ruído de 100 – decibéis db para 1,0 m de altura

Pontos	Altura de h (m)	leitura1	leitura2	leitura3	leitura4	leitura5	Média db	dist (m)
1	0,5	96,9	96,8	105	88,1	101	97,56	0
4	0,5	90,1	84,7	94,1	92	82,1	88,60	0,5
7	0,5	76,9	80,9	89,2	80,3	88,9	83,24	1
9	1	84,3	81,8	83,4	72,1	79,3	80,18	2,5
12	1	68,1	70,5	76,3	77,8	74,8	73,50	3,5
13	1	71,2	77,4	78,8	79,6	80,3	77,46	4,5
14	1	80,1	81,4	68,8	70,2	73,9	74,88	5,5
15	1	77,2	79,4	64,7	64,8	81,4	73,50	6,5
Média final							81,12 db	
Desvio padrão							8,45	
CV (%)							10,42	
Intervalo Máximo da Média							86,97	
Intervalo Mínimo da Média							75,26	

Fonte: Próprio autor (2022).

Acima, são relacionados os três decibelímetros, partindo do ponto zero, até a distância total de 6,5 m em relação a emissão do ruído sonoro, calibrado para cem decibéis (100 db) a uma altura de 1,0 m em relação ao piso para cada decibelímetro, é possível observar ao gráfico e a tabela, que após a distância de 1,5 m da fonte de emissão do som, posição está situada a barreira acústica a intensidade de ruído foi atenuada para uma média final dos três sensores em 80,61 decibéis db, uma diminuição de 19,39 % do ruído sonoro, levando em consideração a distância, posição de cada decibelímetro e sua altura constante, a redução foi significativa para o experimento, e ainda é possível correlacionar que a distância da barreira, sua largura e espessura, tem correlação positiva para diminuição do ruído sonoro emitido.

Tabela 3 – Sensor decibelímetro 01 para captação de ruído de 115 – decibéis db para 1,5 m de altura

Pontos	Altura de h (m)	leitura1	leitura2	leitura3	leitura4	leitura5	Média db	dist (m)
1	0,5	104,50	100,10	104,20	105,30	107,70	104,36	0
4	0,5	90,20	97,20	90,30	97,70	93,40	93,76	0,5
7	0,5	102,10	92,30	91,40	93,30	100,00	95,82	1
9	1,5	82,00	84,00	85,00	88,00	84,10	84,62	2,5
12	1,5	78,10	79,30	78,10	78,30	87,40	80,24	3,5
13	1,5	75,80	81,80	82,30	78,40	90,50	81,76	4,5
14	1,5	76,70	85,80	79,70	75,70	87,10	81,00	5,5
15	1,5	76,00	76,40	81,50	82,30	80,80	79,40	6,5
Média final							87,62 db	
Desvio padrão							6,76	
CV (%)							7,71	
Intervalo Máximo da Média							92,63	
Intervalo Mínimo da Média							82,61	

Fonte: O próprio autor

5 CONCLUSÃO

De acordo com os dados coletados, é possível afirmar que os gabiões tipo caixa, quando preenchidos com resíduos de construção civil, possui capacidade de atenuar os ruídos sonoros a determinadas condições da fonte emissora de ruído, verificou-se ainda que os materiais de preenchimento devem ser caracterizados e ensaiados fisicamente para que possam suportar as intempéries quando expostos a condições naturais. As dimensões dos gabiões, seu comprimento, largura, altura, e seu posicionamento perante a fonte emissora de ruído possuem correlação positiva, com a possibilidade de melhor atenuar ruídos sonoros. Vale ressaltar para o estudo realizado, conforme medições realizadas pelos sensores decibelímetros analisados, houve atenuação entre 17 a 24%, do ruído gerado da fonte, percorrendo as distâncias informadas até o ponto de maior comprimento de 6,5 m, porém conforme dados das tabelas e visualização aos gráficos, percebe-se que logo após a barreira acústica o ruído tende a ser atenuado diante do receptor, o que indica que mesmo ocorrendo os fenômenos físicos da dispersão dos ruídos gerados, a barreira acústica possui um efeito a favor para contenção dos ruídos gerados por veículos e ou outras fontes que possam gerar poluição sonora.

A utilização dos gabiões caixa da família Easyworks fornecidos pela empresa Belgo arames, se mostrou material de alta qualidade, rigidez, estruturas bem alinhadas e definidas, fácil montagem, o que possibilitou sua execução em espaço reduzido em laboratório, além de suas malhas serem eletros soldadas, o que garante maior estabilidade das caixas, tanto em espaços abertos quanto fechados, pensando em sua utilização em ambientes com pessoas e próximos as vias, tem alta vantagem em relação aos gabiões tradicionais, uma vez que sua estrutura monolítica não deforma, suas malhas tem menor abertura, o que também dificulta o escape de agregados de menores dimensões, conexões rígidas e montagem cerca de 40 % mais produtiva em relação ao gabião tradicional, pensando para o gestor público, este elemento construtivo para fim específico da pesquisa, permite sua inserção com custo competitivo, além de ser moldável ao ambiente, podendo ser posicionado em locais estratégicos de calçadas e

ruas, além de ser também um elemento estético e arquitetônico podendo ser utilizado com cobertura vegetal, sua manutenção e implementação é fácil e custos mínimos para as cidades.

Portanto a iniciativa na utilização de gabiões caixa, tendo seu preenchimento por agregados derivados de resíduos de construção civil, passa a ser uma opção como um sistema construtivo capaz de mitigar a poluição sonora, ferramenta importante ao gestor público para combate a uma poluição que passa despercebida pela maior parte da população.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ABNT. (1988). Associação brasileira de normas técnicas - NBR 10.514/1988, dispõe sobre Redes de aço com malha hexagonal de dupla torção. Rio de Janeiro-RJ.
- ABNT (2000) Associação brasileira de normas técnicas. NBR 10151/2000, Dispõe sobre “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: procedimento”. Rio de Janeiro- RJ
- ABNT. (2003a). Associação brasileira de normas técnicas - NBR NM 53/2003 – Dispõe sobre Agregado graúdo- Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro-RJ.
- ABNT. (2003b). Associação brasileira de normas técnicas - NBR NM 248/2003 – Dispõe sobre Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro-RJ.
- ABNT. (2004a). Associação brasileira de normas técnicas. NBR 10.004/2004, Dispõe sobre Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro-RJ.
- ALQEDRA, I. **Studyng structural behavior of steel mesh box gabion using numerical modeling**.2016. Tese (Doutorado em Engenharia). University of Palestine College of Applied Engineering and Urban Planning Department of Civil Engineering. Palestina.2016.
- ANAI, K; FUJIMOTO, K. Application of a genetic algorithm as the selection technique for optimal measures against road traffic noise in city areas. Prague: Internoise, 2004.
- ARENAS, C.; LUNA-GALIANO, Y; LEIVA, C; VILCHES, L. F.; ARROYO, F.; VILLEGAS, R.; FERNÁNDEZ-PEREIRA, C. Development of a fly ash-based geopolymeric concrete with construction and demolition wastes as aggregates in acoustic barriers. In: **Construction and Building Materials** v. 134, 2017.
- CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC) – A indústria da construção, a retomada da economia e os preços dos materiais. Disponível em <<https://cbic.org.br/a-industria-da-construcao-a-retomada-da-economia-e-os-precos-dos-materiais>>
- CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) Av. Paulista – Opinião e obediência ao semáforo após recuo da faixa de pedestre, SP, 2009.
- Resolução **CONAMA** nº 1, de 8 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Disponível em:
<https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/resolucao/Resoluc3%83%c2%a7%c3%83%c2%a3o_CONAMA_01_1990.pdf>
- COSTA JUNIOR, J. R. de C. **Viabilização de obras de muro em gabiões com uso de RCD: Preencimento de RCD (Resíduo de Construção e Demolição) para substituição da pedra rachão no enchimento dos gabiões**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia. Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí. São Paulo, 2012.
- COWAN, J. P. The effects of sound on people. Edition first published 2016, Wiley series in Acoustics, noise and Vibration series list, John Wiley and Sons, Ltd, 2016.
- CREMONESI, J. Fernando. **Ruído urbano, uso e ocupação do solo**. 1985. 169 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.
- GEHL, J. Cidades para pessoas. 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. 280 p.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: NR Editora, 2000. 676 p.
- KOUSSA, F.; DEFRENCE, J.; JEAN, P.; BENON, P. B. Acoustic performance of gabions noise barriers: numerical and experimental approaches. *Applied Acoustics* 74,189- 197, 2013.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1991. 270 p.

LEFEBVRE, Henri. **O Direito à Cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.

LONG, M. Architectural acoustics. Elsevier Academic Press, USA, 2006.

PASCHOALIN Filho, J. A.; FARIA, A. C. de; ORCIOLI PIRES, G. W.M.; DE LIMA DUARTE, E.B. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo. **Desenvolvimento em Questão**, v.14, n.36, p. 320–351, 2016.

PASCHOALIN Filho, J. A.; GUERNER DIAS, A. J., CORTES, P. L.; LIMA DUARTE, E. B. Manejo de Resíduos de Demolição Gerados Durante Obras da Arena de Futebol Palestra Itália (Allianz Parque) Localizada na Cidade de São Paulo/Brasil. **HOLOS**, v.6, n.29, p. 20, 2013.

PAZOS, D. F. P. Caracterização da reflexão sonora de barreiras acústicas com superfícies corrugadas periódicas. 2015. Tese. (Doutor em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

POLAT, G.; DAMEI, A.,;TURKOGLU, H.; GURGUN, A. P. Identification of Root Causes of Construction and Demolition (C&D) Waste: The Case of Turkey. **Procedia Engineering**, v.196, p. 948–955, 2017.

SOUZA, Luciene C. Emiliano de; PASQUALETTO, Antônio. **Poluição sonora causada pelo fluxo de veículos automotores em Goiânia**. 2005. 12 f. Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2005.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. In: **Educação e pesquisa** v. 3, n. 31, p. 01–24, 2005

ZUHAIRA, A. A.; KARUNARATHNA, H.; REEVE, D. E. Numerical investigation of step dimensions impact over gabion stepped spillways. In: IAHR World Congress, 37., 2017, Kuala Lumpur, Malasia. *Anais...* Kuala Lumpur: COPE, v. 37, p. 01–10, 2017.