

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GMA

AValiação Comparativa de Diferentes Configurações de Barreira para Redução de Ruído de Subestação Elétrica por Simulação Acústica

**MATEUS DA SILVA(1);ADEMILSON SETTI(1);CHARLES LEONARDO ISRAEL(1);JULIANO WAGNER DARONCH(1);ROBERTO ARNT TARRAGO(2);LEONARDO CASTILHOS DE OLIVEIRA(1);DIEGO DARCI LANGARO
FUNDACAO UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO(1);CEEE-GT(2)**

RESUMO

Buscando viabilizar formas de reduzir o ruído gerado por transformadores na região de subestações de energia elétrica, pode-se utilizar simulações acústicas de modo a verificar a eficácia de diferentes características de barreiras. Dessa forma o presente estudo tem como base uma subestação de energia elétrica e utiliza de sua configuração atual simulada para comparar e verificar a redução de ruído gerada pela inserção de uma série de diferentes barreiras acústicas, com o intuito de melhorar a qualidade de vida no entorno da mesma. Possibilitando ainda verificar a eficácia de cada característica das barreiras e vislumbrando possíveis empecilhos de suas construções.

PALAVRAS-CHAVE: Subestação; Mitigação de ruído; Análise Sonora; Mapa acústico; Barreiras acústicas.

1.0 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2011, classificou a poluição sonora como a segunda maior fonte de poluição, atrás apenas da poluição do ar. Devido à sua gravidade, não só a perda auditiva é levada em consideração, mas também fatores como irritabilidade, dificuldades de concentração, aumento da pressão arterial, pulso acelerado, efeitos psicológicos, alterações comportamentais e do sono (WHO, 2011).

Em um estudo de de Castro et al. (2019), em duas escolas diferentes, quanto ao impacto da poluição sonora em relação aos níveis de aprendizagem e concentração, foi possível observar que o ruído afetou negativamente o desempenho dos alunos, tendo sido agravado no caso de salas com maior nível de ruído, o que indica a necessidade de reduzi-lo. Em outro estudo de Assunção et al. (2019), em relação ao desempenho cognitivo, indicou problemas relacionados à memória e ao ciclo do sono de pessoas expostas a ruído intenso.

Para reduzir o ruído e mitigar os problemas mencionados, ações podem ser realizadas em um ou mais dos seguintes pontos: na fonte emissora, meio de propagação ou no receptor (Bies & Hansen, 2003). Este estudo busca formas de mitigar o ruído em seu meio de propagação, utilizando barreiras acústicas, agregando-lhes configurações e características que possam reduzir o nível sonoro de uma determinada região, causando pouco ou nenhum efeito adverso às pessoas que ali se encontram.

As principais fontes de ruído da subestação simulada são os transformadores de potência. A subestação possui seis transformadores em três diferentes níveis de operação.

Diferentes geometrias de barreiras e topos geométricos foram estudadas a fim de melhorar suas características quanto à absorção e reflexão acústica, buscando assim uma configuração que contemple a redução do ruído sem causar impactos indesejados. A simulação foi construída para se assemelhar o máximo possível à realidade, e a partir do modelo inicial diferentes barreiras foram criadas e a eficácia de cada uma foi verificada.

O som pode ser caracterizado como a variação de pressão causada pela vibração de um material, e promove um aumento na agitação das moléculas, atingindo assim o ouvido. O ouvido humano é capaz de distinguir sons presentes em apenas uma faixa de frequência, que começa em 20 Hz, representando os sons mais graves, e termina em 20.000 Hz, caracterizando sons agudos. As frequências abaixo de 20 Hz são chamadas de infra-sons e aquelas acima de 20000 Hz são chamadas de ultra-sons (Bies & Hansen, 2003).

Quando o som que você ouve é desagradável, irritante e / ou pode gerar danos à saúde humana é classificado como ruído (ABNT NBR 10151, 2020). Além de não ouvir todas as frequências sonoras, o ouvido humano tem percepções diferentes para cada variação de frequência, gerando assim diferentes linhas isofônicas. As linhas isofônicas se traduzem em sensibilidades iguais para diferentes pontos da mesma curva (Bies & Hansen, 2003).

A forma como o som é propagado no exterior é diretamente influenciada pelas condições meteorológicas, ou seja, umidade do ar, vento, temperatura, coeficiente de absorção sonora do solo e vegetação. Cada condição influencia de alguma forma a maneira como o som se comporta e, portanto, altera a forma como é transportado (Wakefield Acoustics, 2012).

A absorção sonora gerada pela atmosfera e umidade varia de acordo com a frequência do som, sendo maior para as frequências mais altas. Isso ocorre devido ao comprimento de onda mais curto, que se perde mais facilmente durante a transferência de indução entre as moléculas (Larsson, 1997).

Quando a fonte sonora ou o receptor estão próximos ao solo a onda sonora pode ser influenciada por ele, pois parte dela será afetada por reflexos e poderá causar interferência na onda direta, gerando assim o chamado efeito solo, que é a combinação de ambas as ondas, a direta e a refletida (Leissing, 2007).

Outras características que podem influenciar na onda são a frequência e a rigidez do solo. Se a superfície for porosa, terá características absorventes, reduzindo assim a potência sonora, ocorrendo o contrário se o solo for reflexivo. As frequências mais influenciadas pelo solo estão entre 200 e 600 Hz (Attenborough, 2002).

A onda sonora, ao ser interceptada por algum tipo de obstáculo, modifica uma série de diferentes fatores, como reflexão, absorção, difração e transmissão. Alguns deles podem ser eliminados ou atenuados, dependendo do tipo de material e das características que irão descrever o obstáculo.

A onda que cai no topo da barreira sofre difração, variando de acordo com o ângulo de incidência e o formato desta extremidade, bem como o comprimento de onda (FHWA, 2014). O receptor é afetado apenas pelas ondas transmitidas e difratadas, uma vez que as ondas refletidas retornam à fonte e as ondas absorvidas são dissipadas em forma de calor pelo material de barreira (Freitas & Trabulo, 2007).

As ondas sonoras de alta frequência dificilmente são difratadas porque possuem um pequeno comprimento de onda, ao contrário das ondas de baixa frequência, que são difratadas em um ângulo maior em relação ao receptor devido ao seu grande comprimento de onda, tornando as barreiras menos eficientes para baixas frequências (FHWA, 2014) (Hendriks et al., 2013).

2.0 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos declarados, o melhor indicador que pode ser usado para verificar a influência ou eficácia de uma barreira é chamado de Perda de Inserção (IL). Em resumo, IL representa o quanto o nível de som foi afetado antes e depois da inserção da barreira, indicando se a barreira é capaz de atenuar o som (Radoi, 2015).

O desempenho de uma barreira está em parte ligado a fatores relacionados à sua construção. Nesta seção serão abordados alguns desses fatores, que foram considerados mais importantes para o presente trabalho (Freitas & Trabulo, 2007).

A geometria da barreira interfere em como o som é refletido por ela, mas isso também depende do ângulo em que a onda é refletida (Tadeu et al., 2012).

Outro fator geométrico que influencia o IL é a geometria do topo, que visa alterar o ângulo de difração e diminuir o nível de som, aumentando consideravelmente a perda de inserção (Daigle, 1999). Durante um estudo a variação do IL foi comparada, tendo como referência uma barreira de 2 metros de altura, mostrando a influência de uma geometria de topo em formato de "T" com abas laterais.

A perda de inserção também varia de acordo com a distância entre a barreira e a fonte sonora, ou barreira / receptor, de forma que quanto mais próximo da fonte ou do receptor, maior o IL (Hendriks et al., 2013).

Fachin (2005) indica que o método comparativo abrange fatos e dados a fim de mostrar semelhanças e divergências nos elementos presentes em ambos os casos, portanto, foi utilizada uma metodologia comparativa, a fim de encontrar os valores de IL gerados por cada variante, sendo a variante C1A, criada a partir da situação real da subestação.

Para aumentar a confiabilidade dos resultados da simulação e melhorar sua precisão, a subestação foi modelada a partir de um arquivo cartográfico, importado para o CadnaA via GoogleMaps. Além disso, um plano de subestação foi inserido na modelagem a fim de permitir uma identificação e posicionamento mais precisos dos transformadores. O terreno ao redor da subestação também foi inserido, assim como a topografia do relevo onde a subestação está localizada.

A partir dos desenhos técnicos dos transformadores (TR1, TR2, TR3, TR4, TR5 e TR6), foi possível encontrar suas dimensões, sendo os espectros de ruído obtidos em ensaio experimental e apresentados em (Langaro & Setti, 2020).

3.0 DESENVOLVIMENTO

Para vislumbrar a possível redução do ruído, foram simuladas 4 configurações diferentes, cada uma contendo suas respectivas barreiras acústicas, comparando-as com a situação atual na subestação. A síntese de todas as configurações criadas, C2, C3, C4 e C5, mais a situação atual, C1A, é apresentada na Tabela 1.

A primeira configuração definida, C2, é 2 metros mais comprida do que o lado do transformador, ou seja, num lado de 6 metros a barreira terá 8 metros de comprimento, mais 1 metro para cada lado e 6 metros de altura. No segundo, C3, optou-se por encerrar completamente as laterais dos transformadores, definindo a altura também em 6 metros. Além disso, deve-se observar que essas barreiras foram posicionadas a uma distância de 3 m de cada lado dos transformadores, buscando assim evitar um possível aquecimento quando eles estiverem em operação.

Para a terceira configuração testada, C4, foram definidas barreiras com altura superior às anteriores, de 9 metros, as quais foram posicionadas onde estão as paredes da subestação, ou seja, no seu perímetro. Finalmente, uma configuração foi testada usando barreiras de perímetro juntamente com outras próximas aos transformadores, C5.

Todas as configurações criadas foram testadas adicionando geometrias superiores ao lado das barreiras em formato T. O comprimento das asas foi definido como 1,5 metros. Áreas de cálculos verticais foram criadas para permitir a visualização das variações geradas por cada um dos diferentes arranjos.

A configuração simulada atual, C1A, é apresentada a seguir, bem como as barreiras já existentes (B1, B2 e B3 – Figura - 1 (b)) para redução de ruído. É possível observar o bitmap e a planta da subestação em conjunto com as construções existentes na região adjacente. A Figura 1 - (a) mostra a vista superior da subestação, modelada no software CadnaA, possibilitando a visualização do arquivo cartográfico. Na Figura 1 - (b) é mostrada uma imagem 3D da área modelada.

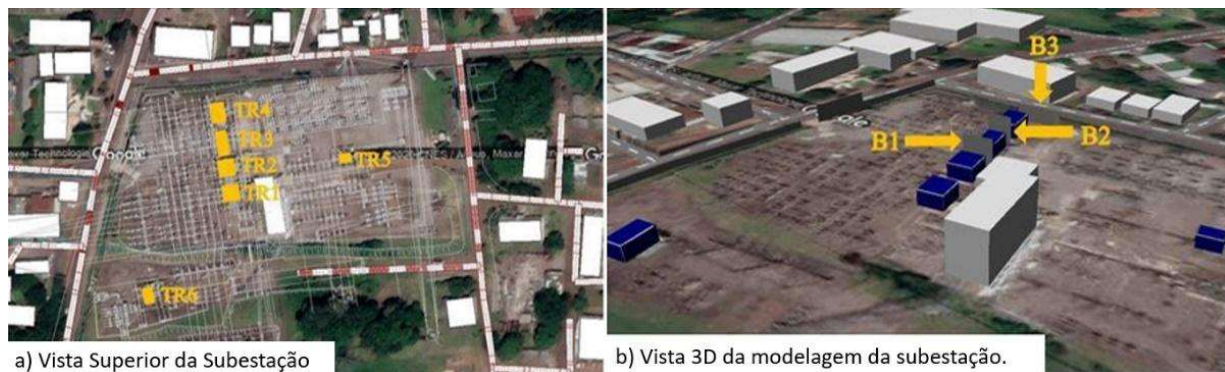


Figura 1- Vistas da simulação da subestação.

No topo da Figura 2 está indicado o posicionamento das barreiras, em verde as utilizadas para envolver os transformadores, conforme definido para C3, em laranja as barreiras laterais, para a configuração C2, e em amarelo, o posicionamento da barreira no perímetro da subestação, configuração C4, conforme apresentado na Tabela 1. Ressalta-se que as localizações das barreiras em verde e amarelo também foram definidas para o caso de C5.



Figura 2 – Posição das barreiras simuladas.

Dentre os transformadores TR2, TR3 e TR4, posicionados mais próximos das bordas superiores das imagens, nenhuma nova barreira foi inserida, pois a subestação já contempla 2 barreiras de 8,20 metros de altura entre elas.

A Tabela 1, comentada anteriormente e apresentada a seguir, sintetiza as configurações analisadas e simuladas, facilitando o entendimento quanto às estratégias elaboradas. Nesta tabela, o TR indicativo refere-se a transformadores, LTR refere-se à largura do transformador, CTR refere-se ao comprimento do transformador.

Tabela 1 – Resumo das estratégias definidas e simuladas

Configuração	Geometria superior	Recinto do TR		Posicionamento	Dimensões	
		sim	Não		Altura	Comprimento
C1A			X	B1 - entre TR2 e TR3 B2 - entre TR3 e TR4 B3 - entre TR4 e Perímetro (Figura 6)	B1 - 8,2 m B2 - 8,2 m B3 - 4 m	B1 - 7,5 m B2 - 7,5 m B3 - 18 m
C2	X		X	Junto aos TRs (Figura 7)	6 m	CTR + 2 m LTR + 2 m
C3	X	X		Junto aos TRs (Figura 7)	6 m	-
C4	X		X	Perímetro da Subestação (Figura 8)	9 m	310 m
C5	X	X		Junto aos TRs (Figura 10)	6 m	-
				Perímetro da Subestação (Figura 8)	9 m	310 m

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação da subestação a partir da configuração C1A atual, tem por objetivo observar o comportamento do ruído na região sem implementar as estratégias definidas para este estudo. A partir dessa simulação e com base em comparações diretas e numéricas, pretende-se verificar a eficiência das configurações criadas, analisando possíveis variações nos mapas de ruído. Isso permitirá concluir sobre os benefícios obtidos com o uso de barreiras, bem como a influência de suas geometrias de topo e outros critérios já definidos.

Na Figura 3 é apresentada a legenda referente às cores presentes na simulação, que informam os intervalos entre os níveis de ruído e garantem uma interpretação correta do ruído.

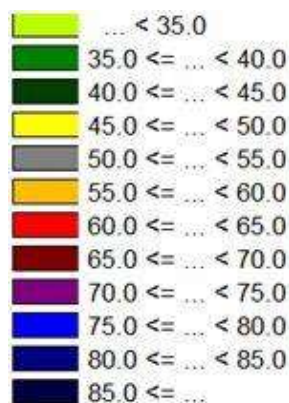


Figura 3 – Legenda das cores presentes nas simulações.

A distribuição do ruído atual em toda a área da subestação, bem como o nível de som nas casas próximas, é indicada na Figura 4 como mapas de ruído horizontais. O mapa de ruído mostra níveis sonoros variando de 35 dB, em regiões mais distantes da subestação, a mais de 85 dB, próximo aos transformadores TR4 e TR1, o que corrobora o estudo experimental de Langaro & Setti (2020), utilizado para calibrar o modelo simulado e indicado neste trabalho como C1A.

Ao examinar os níveis máximos de ruído, definidos pela Lei Municipal nº 4763 e Resolução nº. 02/2015, pode-se observar que alguns locais adjacentes à subestação são impactados com uma incidência de ruído acima do permitido. Tanto o estudo experimental de Langaro & Setti (2020) quanto a simulação acústica da situação atual da subestação indicam a veracidade do exposto. Assim, espera-se que com as configurações propostas, que são apresentadas em sequência, seja possível definir uma alternativa viável para mitigar o ruído em níveis aceitos, que atendam à regulamentação em vigor.

A Figura 4 mostra duas linhas azuis cruzando os transformadores e o prédio de controle, localizado no centro da subestação, que indicam a posição das áreas verticais de cálculo, que serão utilizadas para verificação da eficácia das geometrias de topo. Ainda na Figura 4 é possível verificar que as ondas sonoras se dispersam de forma radial, sendo levemente contidas pelas barreiras e paredes existentes que circundam a subestação.

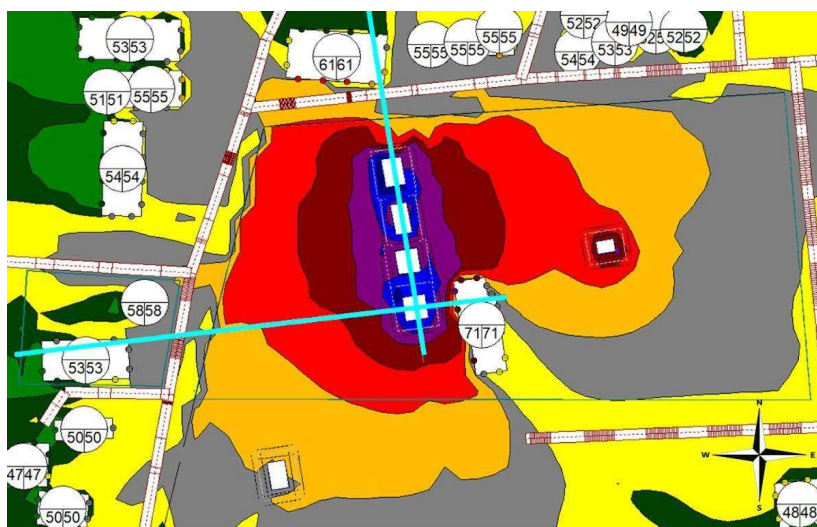


Figura 4 – Vista superior da subestação com a configuração C1A.

A seguir estão as variações causadas pelas barreiras dispostas nos quatro lados dos transformadores, uma configuração chamada C2. Essas barreiras são 2 metros maiores do que as dimensões dos lados do transformador, reduzindo assim a difração do som. A vista superior da simulação é mostrada a seguir na Figura 5, indicando o nível de som nas residências após a inserção das barreiras. Ao comparar os resultados obtidos com as configurações C2 e C1A, nota-se uma redução de aproximadamente 3% na simulação com C2.

Na Figura 5 é visível a influência das barreiras na forma de dispersão do som, causando uma grande redução nas regiões após as barreiras, que correspondem às cores vermelha e contornada. Nas regiões onde não houve interferência o som dispersou-se de forma muito semelhante à dispersão ocorrida na configuração C1A, gerando um baixo nível de mitigação de ruído.

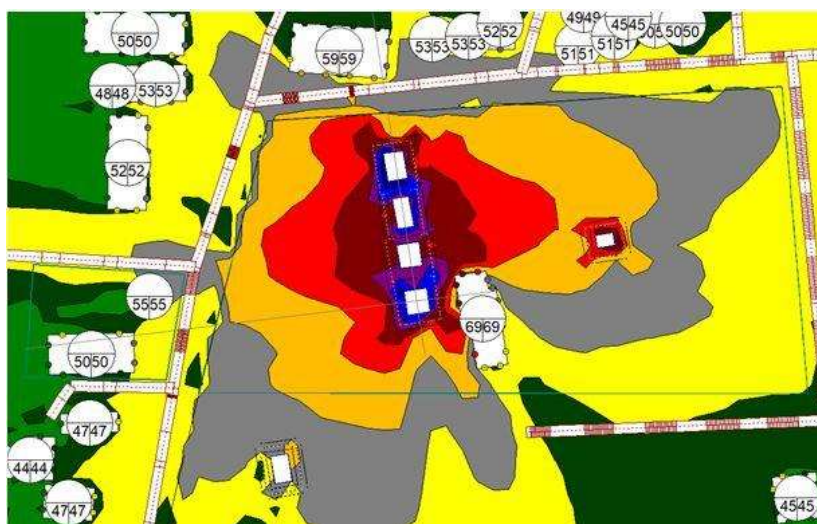


Figura 5 - Vista superior da subestação com a configuração C2.

A configuração C3, apresentada a seguir, contempla barreiras que envolvem as laterais do transformador, tendo 6 metros de altura e sendo posicionadas a 3 metros delas, da mesma forma que em C2. O mapa de ruído horizontal gerado pela configuração C3 é mostrado na Figura 6, juntamente com o nível de ruído nas residências próximas à subestação. Quando os valores de C1A e C3 são comparados, verifica-se uma redução de cerca de 13% no nível de pressão sonora. Devido à característica de encapsulamento da configuração adotada, a onda sonora é dispersa com níveis mais baixos do que as demais configurações, dessa forma se propaga com menos energia, dentro e ao redor da subestação.

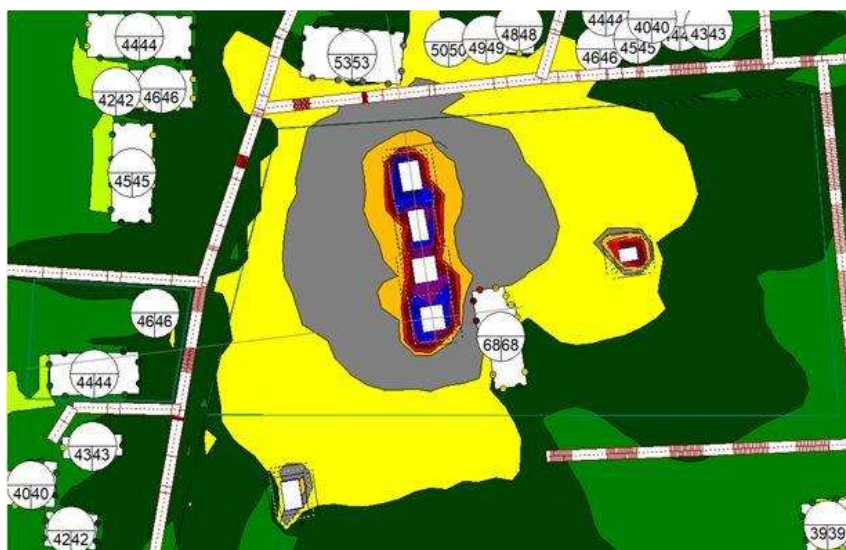


Figura 6 - Vista superior da subestação com a configuração C3.

A seguir estão as simulações com barreiras no perímetro da subestação, configuração denominada C4, com 9 metros de altura. A vista superior da subestação com o nível de som das residências próximas e a posição das barreiras em azul é mostrada na Figura 7. Esta forma de barreira tem uma construção mais cara devido ao tamanho e posição das barreiras, mas tem a vantagem da distância dos transformadores, não prejudicando o resfriamento e os cuidados com sua fiação. Esse formato de barreira pode ter a desvantagem de regulamentos municipais relacionados ao meio ambiente e questões urbanas.

Os valores do nível de ruído incidente nas moradias, a partir da simulação da configuração C4, são até 21% inferiores aos apresentados para C1A, sendo esta redução gerada em parte pela zona de sombra das barreiras, que se estende sobre as habitações adjacentes para a subestação, permitindo assim a atenuação do ruído.

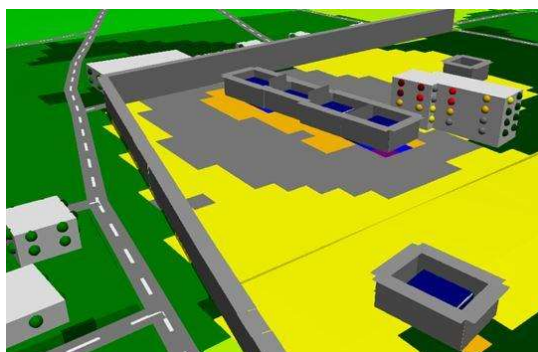


Figura 7 - Vista superior da subestação com a configuração C4.

Por fim, foi realizada uma simulação combinando as variantes denominadas C3 e C4, esta configuração apresenta barreiras que envolvem os lados do transformador, bem como barreiras no perímetro da subestação. Tal configuração é indicada na Tabela 1 como C5.

A Figura 8 mostra a vista superior da subestação, indicando no esquema de cores a distribuição e intensidade do ruído, bem como o nível de incidência nas residências vizinhas. Comparando com a simulação da situação atual da subestação, C1A, verifica-se uma redução de ruído de até 29%. Em comparação com as configurações C3 e C4, que dão origem a C5, nota-se uma redução de 4 a 6 dB.

A fim de melhorar a compreensão da configuração do C5, uma vista 3D do mesmo é mostrada na Figura 9. As áreas representadas nas várias cores, conforme definido na legenda da Figura 3, dificultam a propagação da onda sonora, dissipando-se grande parte de sua energia, já nas proximidades dos transformadores.



Na Tabela 2 os principais resultados obtidos nas simulações estão resumidos e vinculados às suas respectivas configurações. Critérios de maior relevância (CRAEB), relacionados a cada variação, também são destacados. Além disso, o nível máximo de pressão sonora fora do perímetro da subestação, encontrado em cada uma das simulações, e os valores da maior perda de inserção (IL), gerados por cada configuração, quando comparados aos resultados relativos à situação atual, C1A, são apresentados. Deve-se notar que os pontos onde ocorrem as maiores reduções de ruído não são coincidentes para todas as variações.

Além disso, pode-se identificar que para as configurações C4 e C5, são obtidas as maiores diferenças entre os níveis de pressão sonora, quando comparados com a configuração atual, C1A.

Configuração	Nível máximo de pressão sonora (dB)	Maior perda de inserção (dB)	CRAEB *
C1A	61	-	-
C2	59	4	Barreiras instaladas ao lado dos transformadores
C3	53	12	Enclausuramento total de transformadores
C4	50	13	Maior altura da barreira
C5	48	17	Envolvimento total dos transformadores aliado à maior altura da barreira

* CRAEB - critério mais relevante para aumentar a eficiência da barreira.

5.0 CONCLUSÃO

A partir de simulações, detalhadas ao longo do estudo, conclui-se que existe a possibilidade de obter ganhos reais de eficiência, mitigando o ruído hoje existente, quando diferentes tipos de barreiras são instaladas em pontos estratégicos da subestação.

Foram destacadas configurações onde as barreiras foram posicionadas no perímetro da subestação, com uma altura maior que as demais testadas, além daquelas que utilizam a ideia de fechamento total dos transformadores.

A utilização, em algumas variantes, de geometrias de topo não gerou os resultados anteriormente vislumbrados, devido às características do ruído emitido pelas fontes sonoras presentes na subestação. Outra conclusão a respeito de tais geometrias está associada às suas dimensões, que geram um aumento na eficiência à medida que a largura do topo se aproxima da altura da barreira. Nesta pesquisa tal possibilidade seria inviabilizada devido à interferência entre o topo da barreira e a fiação do transformador.

Nos casos em que são necessárias menos reduções de ruído, é aconselhável utilizar as quatro barreiras laterais dos transformadores, vinculadas à configuração C2. Isso porque, além da menor quantidade de material a ser utilizado em sua construção, haverá menor influência nas trocas de calor, evitando o aquecimento do transformador.

Na situação em que os transformadores estão encerrados, C3, a redução foi mais acentuada, mitigando em média 9 dB, podendo chegar a 12 dB em algumas residências próximas à subestação. Tal configuração pode ser utilizada em situações em que seja necessária uma grande redução do ruído, porém em alguns casos será necessário repensar a forma de resfriamento dos transformadores, tendo em vista a perda de eficiência devido ao aquecimento. Procurando uma solução que corrija todos os inconvenientes destacados acima, é indicada a configuração com barreiras mais altas, C4, posicionadas no perímetro da subestação, reduzindo assim o nível de ruído nas residências próximas sem afetar as trocas térmicas dos transformadores. Essa configuração gerou resultados semelhantes aos associados ao invólucro dos transformadores, com redução média de 9 dB, podendo chegar a 13 dB em alguns pontos. Nesse caso, o obstáculo seria a grande quantidade de material necessária para construir a barreira, o que também poderia infringir algumas regulamentações municipais.

A última configuração simulada combinou o invólucro dos transformadores e barreiras instaladas no perímetro da subestação, gerando uma grande redução do nível de ruído, em torno de 14 dB com valores chegando a 17 dB em algumas residências.

Por fim, observa-se que o uso de barreiras acústicas pode ser uma solução viável para diversas situações, sejam ocasionais ou não. No entanto, é necessária uma análise prévia, não só no que se refere à questão da redução do ruído, mas também nos custos, cumprimento das normas em vigor, segurança operacional, entre outros.

Ainda é indicado para estudos futuros avaliar o caso com maior especificidade, para a implantação de barreiras com o melhor custo benefício, verificando também a possibilidade de utilização de barreiras de diferentes materiais e propriedades acústicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10151, de 31 de março de 2020. Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Assunção, AA, & Abreu, MNS, & Souza, PSN (2019). Prevalência de exposição a ruído ocupacional em trabalhadores brasileiros: resultados da Pesquisa Nacional de Saúde. Cafajeste. Saúde Pública, 35 (10).

Attenborough, K. (2002). Propagações de som próximas ao solo. Annual Review of Fluid Mechanics, 34, 51-82. doi: 10.1146 / 34.081701.143541

Bies, DA, & Hansen, CH (2003), Engineering Noise Control: Theory and Practice. Londres, Inglaterra: Spon Press.

Daigle, G. (1999). Relatório Final: Avaliação técnica da eficácia de paredes sonoras. Publicação I-INCE, 99-1, 137-161. Obtido de <http://i-ince.org/>

de Castro, ACL, & Fontes, KD de SA, & Ferreira, TED, & Gontijo, HM (2019). Abordando o impacto do ruído ambiental em escolas públicas da cidade de Minas Gerais. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, 8 (3), e1683716. doi: 10.33448 / rsd-v8i3.716

Fachin, O (2005). Fundamentos de Metodologia. São Paulo: Editora Saraiva.

Administração Federal de Rodovias. (2014). Meio Ambiente. Obtido de <https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/>

Freitas, E., & Trabulo, L. (2007). Desempenho de Barreiras Acústicas: Dois métodos de avaliação. Revista Engenharia Civil. 29, 15-26. Obtido de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>

Hendriks R., & Rymer B., & Buehler D., & Andrews J. (2013). Suplemento Técnico de Ruído do Protocolo de Análise de Ruído de Tráfego Caltrans: Um Guia para Medir, Modelar e Reduzir Operação de Rodovias e Impactos de Ruído de Construção. Departamento de transportes de Califórnia.

Langaro, DD, & Setti, A. (no prelo). Padronização de Medições de Pressão Sonora e Estudo de Caso Sobre Ruídos Acústicos em Subestação de Energia Elétrica. Passo Fundo, 2020.

Larsson, C. (1997). Condições de absorção atmosférica para propagação horizontal do som. *Applied Acoustics*, 50 (3), 231-245. doi: 10.1016 / S0003-682X (96) 00068-0

Leissing, T. (2007). Propagação de som externo não linear. (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiente da Universidade Tecnológica de Chalmers, Goteborg, Suécia.

Lei Nº 4763, de 18 de janeiro de 2011. Critérios sobre os valores máximos de ruído e outras providências. Recuperado de: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/ passo-fundo/lei-ordinaria/2011/476/4763/lei-ordinaria-n-4763-2011-modifica-a-redacao-da-lei-n-2427-de-27-de-abril-de-1988-e-da-outras-providencias>

Resolução Nº. 02/2015. Regulamenta o volume e a frequência dos sons procuram por fontes fixas e dá outras providências. Recuperado de: <http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/propostaDeResolucaoCMMA.pdf>

Radoi, A. (2015). O estabelecimento da perda de inserção das barreiras de ruído. DAAAM International Scientific Book (pp.173-188). Viena, Áustria. B. Katalinic

Tadeu A., & António, J., & Castro, I. (2012). Atenuação da pressão sonora proporcionada por uma barreira acústica rígida 3D na fachada de um edifício: a influência da sua forma longitudinal. *Elementos de fronteira e outros métodos de redução de malha XXXIV*, 53, 25-27. doi: 10.2495 / BE120221

Wakefield Acoustics Ltd., (2012). Manual de controle de ruído da cidade de Vancouver. Vancouver.

Watts, G. (2002). Projetos de barreira para reduzir o ruído do tráfego rodoviário. *Atas do Instituto dos Engenheiros Civis*. 153 (2), 79-86. doi: 10.1680 / tran.2002.153.2.79

WHO - Organização Mundial da Saúde. (2011). Doença de carga de qualificação de ruído ambiental de anos de vida saudáveis perdidos na Europa. Quantificação dos impactos ambientais na saúde. Obtido de https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/#:~:text=Environmental%20burden%20of%20dis ease%20from%20noise%20in%20Europe%20%2D%20WHO%20EURO&text=The%20health%20impact%20of%20ambiental,o%20western%20part%20of%20Europa

DADOS BIOGRÁFICOS



Mestrando em Projeto e Processo de Fabricação pela UPF
Engenheiro Mecânico pela UPF
Pesquisador no LINTEC a mais de 2 anos trabalhando com P&D no ramo do setor elétrico

(2) ADEMILSON SETTI

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Passo Fundo - UPF (2017) e Mestre em Projeto e Processos de Fabricação pelo Programa de Pós Graduação em Projeto e Processos de Fabricação (PPGPPF) da Universidade de Passo Fundo - UPF (2017-2019). Atua como pesquisador em projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, professor de ensino superior e empreendedor.

(3) DIEGO DARCI LANGARO

Possui Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de Passo Fundo - UPF (2009) e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2013). Atualmente desempenha a função de pesquisador, no Laboratório de Inovação Tecnológica da Universidade de Passo Fundo (LINTEC), além de atuar como professor substituto no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - IFSUL e no curso de Pós-graduação em Engenharia de Manutenção Industrial da UPF. Tem experiência nas áreas de Engenharia Mecânica, Materiais e Produção, atuando em temas como Metrologia, Ciclo PDCA, Planejamento e Controle da Produção, Controle Dimensional e Geométrico, Hidráulica, Pneumática e Acústica.

(4) CHARLES LEONARDO ISRAEL

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Passo Fundo (2001), mestrado em Engenharia Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS (2005) e doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS (2010). Atualmente é Professor Titular II na Universidade de Passo Fundo. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Propriedades Mecânicas dos metais e componentes, atuando nos seguintes temas: ensaios mecânicos, projeto mecânico, desgaste, engenharia biomédica e metalurgia física. Coordena o LINTEC-UPF e desenvolve projetos de Pesquisa e Desenvolvimento nas áreas de Projetos Mecânicos e Processos de Fabricação.

(5) JULIANO WAGNER DARONCH

Mestrando em Projeto e Processos de Fabricação - Universidade de Passo Fundo Engenheiro eletricitista - Universidade de Passo Fundo Pesquisador no LINTEC - UPF a 3 anos trabalhando com Pesquisa e Desenvolvimento no ramo do setor elétrico

(6) ROBERTO ARNT TARRAGO

Engenheiro Eletricista na Companhia Estadual de Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-T) Engenheiro Eletricista - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Mestre em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Especialista em Gestão Empresarial - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

(7) LEONARDO CASTILHOS DE OLIVEIRA

Mestrando em Projeto e Processo de Fabricação pela Universidade de Passo Fundo - UPF. Engenheiro Mecânico. Pesquisador no LINTEC a 3 anos trabalhando com P&D no ramo do setor elétrico.