

Área: Sustentabilidade | Tema: Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**PROJETO ARQUITETÔNICO COM FOCO NO CONFORTO ACÚSTICO: ESTRATÉGIAS
EMPREGADAS NA CONCEPÇÃO DE UM CENTRO DE ARTES**

**ARCHITECTURAL PROJECT FOCUSING ON ACOUSTIC COMFORT: STRATEGIES USED TO
DESIGN AN ART CENTER**

Edna Sofia De Oliveira Santos, Willian Magalhães De Lourenço, Lucas Rafael Ferreira, Elisabeth De
Albuquerque Cavalcanti Duarte Gonçalves e Viviane Suzey Gomes De Melo

RESUMO

O desenvolvimento de um projeto arquitetônico requer o atendimento das necessidades inerentes ao bem-estar dos usuários que irão frequentá-lo. Para tanto, o conforto acústico, em contraponto às demais áreas de conforto, só passa a ser uma preocupação após os problemas já estarem instaurados no edifício, tornando a solução muito mais custosa e complicada. O presente trabalho pretende demonstrar como o planejamento pautado sobre ele pode vir a tornar o projeto arquitetônico mais acessível aos parâmetros necessários à serem atendidos, tendo como objeto de estudo o desenvolvimento de um Centro de Artes para a cidade de Arapiraca, AL. Buscando este atender à quatro nichos de estudo (Dança, Teatro, Artes Plásticas e Música), estratégias de projeto foram estabelecidas para minimizar possíveis conflitos entre seus usos. Além disso, foi também desenvolvido o projeto de um teatro que possa se adaptar aos diversos tipos de uso necessários ao público que o Centro de Arte se propõe a receber.

Palavras-Chave: conforto acústico, estratégias de projeto, centro de arte.

ABSTRACT

The development of an architectonic project requires the needs inherent to the well being of its users to be fulfilled. Therefore, the acoustic comfort, opposed to other comfort areas, is only acknowledged once the related issues are instated in the building, turning its solutions complex and expensive. This present work aims to show how its planning can make the meeting of architectonic project parameters accessible, having the development of an Arts Center at Arapiraca, AL as study object. Wishing to comply with 4 areas of study (Dance, Theatre, Visual Arts and Music), project strategies were established to minimize possible conflicts between their uses. Moreover, was also developed the project of a theater that can adapt itself to the many uses it may be required by the Art Center users.

Keywords: Acoustic comfort, Project strategies, Arts Center.

PROJETO ARQUITETÔNICO COM FOCO NO CONFORTO ACÚSTICO: ESTRATÉGIAS EMPREGADAS NA CONCEPÇÃO DE UM CENTRO DE ARTES

1 INTRODUÇÃO

A poluição sonora segundo o *World Health Organization – WHO*, (2003) tornou-se a segunda maior fonte de poluição no planeta, ultrapassando os dados de poluição da água e em primeiro lugar a poluição do ar. A poluição do som constitui-se de resíduo energético de pequena escala, entretanto é inodoro e incolor, que não deixando traços visíveis de transformações no meio ambiente, requerendo análises criteriosas para sua compreensão fenomenológica.

Segundo Brasil (1981), Art. 3º da Lei Federal nº 6.938, 1981, o termo poluição significa uma condição degradativa da qualidade do meio ambiente que são resultantes de processos e ações que geram impactos prejudiciais para a saúde e bem-estar da população. Este impacto a audição humana é variável de acordo com a intensidade, tempo de exposição ao ruído, condições gerais de saúde, idade, acústica dos ambientes, que ao combinados ao longo do tempo, produzem efeitos como surdez, desequilíbrios psíquicos (insônia ou perda da capacidade intelectual) além de complicações físicas no organismo (SOUZA, 2006)

Em grande parte do território brasileiro, ainda é incipiente pensar na arte como fator de importância na estruturação do ensino e aprendizagem de crianças e jovens. Apesar de sua obrigatoriedade na grade escolar segundo a lei 13.278/2016, ela não é valorizada, não recebendo assim o devido incentivo e investimentos. Os espaços destinados a esse fim, mesmo havendo uma grande procura, são escassos no país, e, além disso, a grande maioria deles não oferece estrutura adequada.

Arapiraca, cidade do interior de Alagoas, é a segunda maior cidade do estado em contingente populacional e em desenvolvimento econômico. Tendo crescido sob o enfoque da cultura fumageira e das feiras livres, tornou-se destino de um grande número de artistas que encontraram nesse contexto o palco ideal para suas representações de arte. Para atender essa demanda, um centro de artes poderia, além de tornar a cidade uma referência regional na promoção da arte e cultura, algo tão importante e escasso, alavancar sua economia, trazendo o turismo, interesse imobiliário na construção de novas moradias e maior visibilidade.

Para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, uma série de fatores são levados em consideração. Nesse processo, é possível e necessário que os condicionantes acústicos sejam analisados, garantindo que através de importantes decisões de zoneamento e geometria, o conforto acústico possa ser melhor alcançado sem que sejam necessárias maiores intervenções posteriores.

Pelo fato do projeto em questão se tratar de um centro de artes, as áreas envolvidas são tidas como locais sensíveis a interferências externas, elevando a complexidade e real necessidade de um estudo acústico adequado. O presente trabalho tem como objetivo principal demonstrar o processo projetual de um centro de artes (pré-projeto do ponto de vista da acústica) desenvolvido desde a concepção, levando-se em consideração as premissas que envolvem o condicionamento acústico, refletindo diretamente em locais adequados para realização das atividades que se propõem.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho inicialmente foi definido quais eixos da arte iriam ser contemplados para o projeto, e com isso, quais as necessidades acústicas de cada um deles com relação a “sensibilidade ao ruído” e ao “impacto sonoro” com o entorno.

Dessa forma, foi realizado o mapeamento sonoro (Tabela 1) com relação aos parâmetros supracitados, para que assim uma melhor distribuição fosse encontrada.

Tabela 1 - Mapeamento dos níveis de sensibilidade, impacto acústico e tipo de ruído predominante por eixo proposto

Níveis de sensibilidade e impacto acústico por eixo			
Legenda:	Muito alto		
	Alto		
	Moderado		
	Baixo		
	Muito baixo		
	Sensibilidade ao ruído	Impacto sonoro	Tipo de ruído predominante
Dança			Impacto
Teatro			Aéreo
Artes Plásticas			-
Música			Impacto/Aéreo

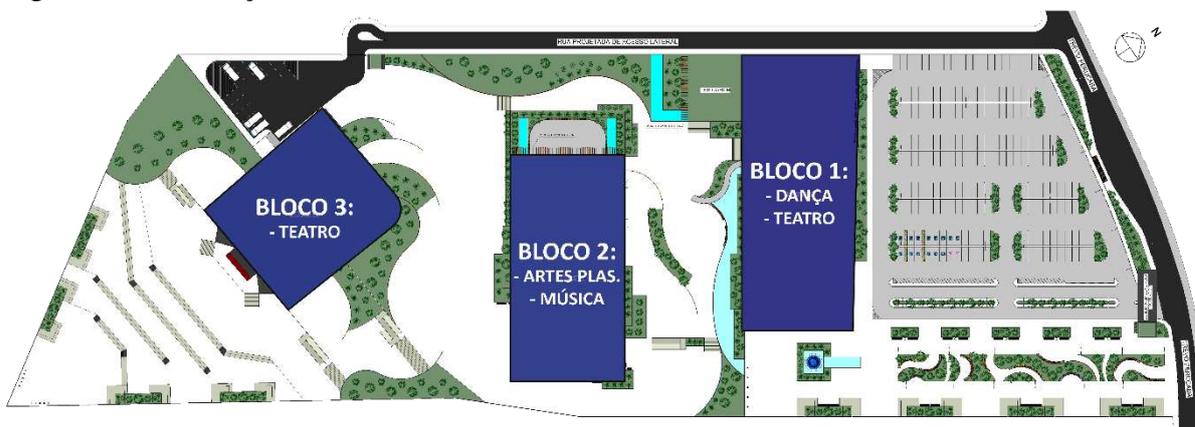
Fonte: autores.

Os fatores considerados para classificar o nível de sensibilidade e impacto de cada área se deram pelas atividades que serão propostas a serem executadas em cada eixo. Cada setor independente possui áreas mais sensíveis e de maior impacto, sendo necessário um zoneamento interno melhor explorado posteriormente.

2.1. ZONEAMENTO

Com base no mapeamento sonoro identificado, os eixos de ensino foram distribuídos, juntamente as áreas de apoio necessárias para o funcionamento deste centro, sempre buscando alocá-los de acordo com as necessidades física e acústica do projeto. A proposta como um todo consiste em três blocos principais (Figura 1). O bloco 1 com 3 pavimentos, conta com o setor administrativo, centro médico, restaurante e auditório no térreo; biblioteca, lavanderia, depósitos e ateliês de produção e reparo de figurinos e cenários no primeiro pavimento. No segundo e terceiro pavimentos, respectivamente, estão alocados o setor de dança e o teatro.

Figura 1 - Setorização dos blocos no terreno

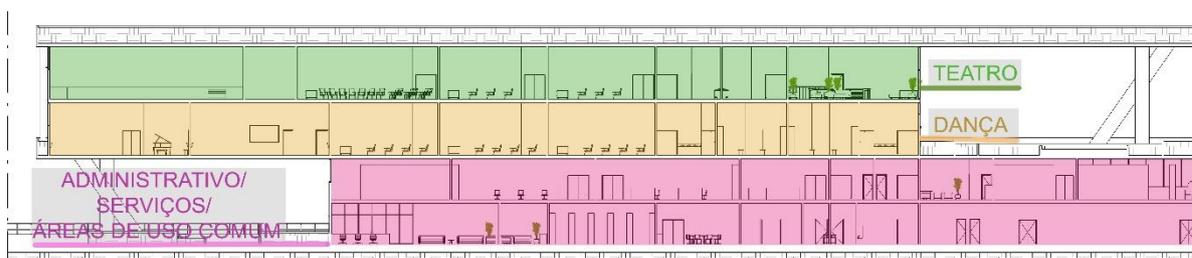


Fonte: autores.

Pensando no impacto sonoro de cada setor, foi decidido que os eixos de dança e teatro estariam juntos no bloco 1, e os eixos de música e artes plásticas, no bloco 2. A dança, como analisado anteriormente, tem o impacto sonoro como maior problema. Sendo assim, este setor foi alocado de forma que as salas para dança estivessem sob locais menos sensíveis e de menor tráfego de pessoas (Figura 2), como depósitos, banheiros, área em balanço etc.

O setor de teatro, que oferece pouco impacto sonoro mas é muito sensível aos ruídos externos, foi alocado no último pavimento do bloco 1. Isso possibilitou que as interferências com o bloco de dança fossem minimizadas (não totalmente anuladas), permitindo também um maior isolamento do tráfego de pessoas do pavimento térreo. Em um projeto real entende-se a necessidade de um estudo mais aprofundado quanto ao impacto do setor de dança para com o setor de teatro, por compreender que o ruído de impacto também é capaz de alcançar níveis superiores através de transmissões marginais.

Figura 2 - Corte ilustrativo da distribuição dos setores de teatro e dança



Fonte: autores.

As áreas de estudo da música e artes plásticas foram dispostas no bloco 2 (Figura 3). Sendo o setor de artes plásticas o de menor impacto acústico, o local de sua implantação foi pensado pelo fato de permitir maior integração com o meio externo e menor conflito com o setor de música, setor este que é o mais sensível e de maior impacto do ponto de vista acústico.

Figura 3 - Corte ilustrativo da distribuição dos setores de música e artes plásticas



Fonte: autores.

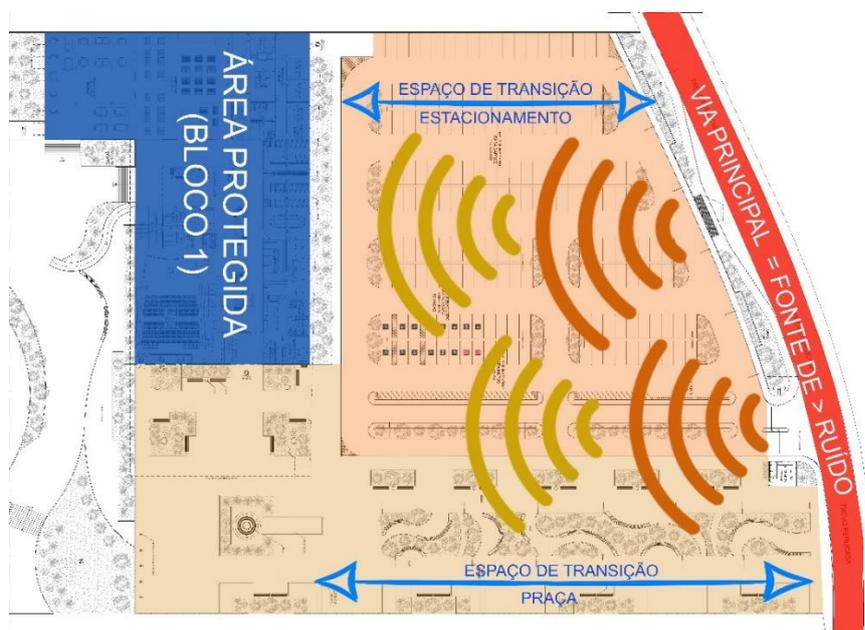
O setor de música necessitou de maior cuidado e organização em sua implantação, por existirem diversas áreas promovendo a transmissão de ruído tanto de impacto como aéreo. Assim, para que não haja conflito entre as aulas, foi necessário prever o isolamento sonoro adequado nos sistemas de vedação verticais que separam os setores de ensino da música, assunto abordado no próximo tópico.

O bloco onde foi implantado o teatro foi pensado de forma a estar o mais distante possível de todas as principais fontes de ruído externas e internas ao centro de artes (Figura 1), além de possibilitar a criação de uma praça para eventos ao ar livre através de sua multifuncionalidade e palco reverso.

2.2. PROJETO E ZONEAMENTO INTERNO DOS SETORES DE ARTE

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico de cada setor, o zoneamento interno foi fundamental para garantir que as áreas mais sensíveis fossem protegidas, utilizando-se de outros ambientes tolerantes a maiores níveis de ruído. Na implantação do bloco 1, o espaço destinado ao estacionamento e à praça que promove integração do centro com o exterior do projeto, favoreceu ao afastamento desse bloco da via principal de acesso, causador de poluição sonora pelo ruído de tráfego (Figura 4).

Figura 4 – Área de estacionamento e praça como elementos atenuantes de ruído causado pelo tráfego



Fonte: autores.

A proposta inclui a identificação das circulações como umas das principais fontes de ruído. Para que as áreas que necessitam de menores índices de pressão sonora fossem protegidas, foi feito o uso de outras áreas menos sensíveis, quando possível, como forma de criar barreiras que promovessem o isolamento sonoro como resultado, como banheiros, depósitos, antecâmaras e salas de apoio, como mostra a Figura 5.

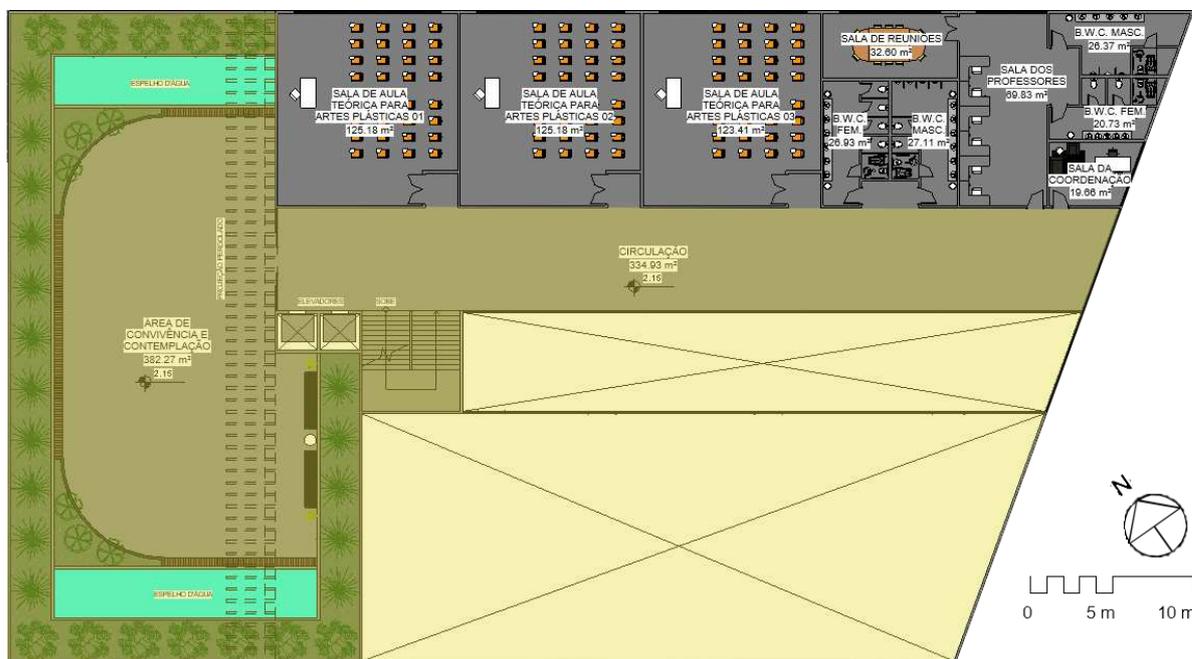
O primeiro pavimento do bloco 1 e 2 foram pensados com a mesma funcionalidade, servindo como área de transição para os setores de maior impacto (dança e música). Para o setor de dança, o principal conflito é a promoção de ruído de impacto, e para a música, além do ruído de impacto, o aéreo atinge altos níveis de pressão sonora. Dessa forma, as áreas alocadas nesses pavimentos foram consideradas por serem as de menor necessidade a baixos níveis de ruído, ou elementos como pés direitos duplos, circulações, áreas de contemplação etc. (Figura 6).

Figura 5 – Setor de dança com áreas de maior impacto destacadas em vermelho, e áreas de proteção destacadas em amarelo



Fonte: autores.

Figura 6 – Primeiro pavimento do bloco 2 com áreas de transição ao setor de música por meio de circulações, pé direito duplo e área de contemplação



Fonte: autores.

O setor de música foi o mais complexo de ser trabalhado. Por se propor a ter espaços de ensino para diversas modalidades, foi necessário que primeiramente fosse analisado quais instrumentos seriam utilizados e qual o impacto que cada um deles teria para o edifício.

Com base no explanado por Egan (1988), a maioria dos instrumentos musicais produz som em diferentes intensidades a cada direção, para cada faixa de frequência, variando para cada tipo de instrumento, não sendo assim uma fonte omnidirecional. Meyer (2009), em *Acoustics and the Performance of Music*, explica de forma mais aprofundada as características direcionais específicas de cada instrumento.

Um caso importante foi levantado por Silva (2014), onde se analisou os níveis de ruído de uma orquestra como estudo de caso, para entender a interferência na saúde dos músicos com base nas normas NR-15 (Atividade e Operações Insalubres), NHO (Norma de Higiene Ocupacional) e a Diretiva 2013/10/CE. Para isto, foi feito um levantamento, por meio de medições dos níveis de pressão sonora dos instrumentos durante os ensaios (Tabela 2). Com base nesse estudo foi possível traçar quais instrumentos demandam maior isolamento, e por consequência, têm maior impacto na acústica do setor como um todo.

Tabela 2 - Média logarítmica do Leq e o Lmáx dos instrumentos

	Descrição	Leq médio (dB)	Lmáx (dB)
Grupo das Madeiras	Clarinetes	89,6	103,5
	Fagotes	92,6	107,3
	Oboés	81,9	97,2
	Saxofones	83,2	101,2
Grupo dos Metais	Trombones	86,7	103,4
	Tubas	85,2	100,3
	Trompas	93,3	106,1
Grupo das Cordas	Contrabaixos	92,7	105,3
	Violoncelos	79,8	95,6
	Violinos	85,7	101,6
	Harpas	90,0	102,9
	Violas	84,8	95,5
Grupo das teclas	Cravos	89,4	99,2
Percussão	Tímpanos	85,5	101
	Pratos e Triângulos	101,8	117

Fonte: Adaptado de Silva (2014)

Analisando esses dados, é possível notar que os instrumentos utilizados para percussão, juntamente com os instrumentos de sopro, são os que produzem maiores índices de pressão sonora. Em contrapartida, o grupo das teclas, em média, produziu índices mais aceitáveis.

Com isso, foi possível traçar um zoneamento interno que possibilitasse uma melhor distribuição dos setores de estudo da música, buscando que dessa forma os conflitos entre eles sejam minimizados (vide Figura 7). O método utilizado nos demais pavimentos foi semelhante, contudo, por tratar-se muitas vezes de instrumentos sensíveis, é necessário um número maior de depósitos ou salas para que estes sejam armazenados no local. Estes foram distribuídos entre cada setor, auxiliando na criação de mais câmaras de transição que propiciem o isolamento das áreas acusticamente sensíveis, além do uso de circulações isoladas como antecâmaras.

	<p>Quebra de paralelismo em salas pequenas de ensino da música:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mehta et al.(1999) aconselha a quebra do paralelismo entre as paredes em salas pequenas para evitar a formação de ondas estacionárias. Além disso, é importante que umas das paredes paralelas e o teto possuam algum tratamento com material de absorção sonora.
	<p>Quebra de paralelismo entre as paredes internas em estúdios de gravação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brandão (2016) fala sobre a importância de evitar o paralelismo entre as paredes em estúdios de gravação com o intuito de reduzir o risco de flutter echo, além de permitir que a distribuição de pressão sonora dos modos acústicos se dê de forma mais irregular. - A sala deve ser desenvolvida de forma a atender ao conceito atual de salas de gravação mais adaptáveis, com uma mistura de absorção e difusão sonora. Porém, este trabalho não busca se aprofundar nos parâmetros necessários para o desenvolvimento específico de estúdios de gravação entendendo a complexidade que esses espaços oferecem.
	<p>Iluminação/ventilação natural vs. Acústica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Um problema sempre decorrente no desenvolvimento de projetos, principalmente em países de clima tropical, é a tentativa de aliar os confortos acústico, térmico e luminoso. Em algumas situações, fatores específicos devem ser levados em consideração. No caso do setor da dança, as janelas foram utilizadas pela necessidade de questões biológicas serem atendidas. Em pesquisa de dança, profissionais da dança informaram que o uso de ventilação natural favorece a prática pelo fato da climatização artificial dificultar o processo de aquecimento. Para o setor de música, esquadrias acústicas fixas foram propostas, com maior prolongamento na vertical, favorecendo a iluminação do ambiente e permitindo que a quebra de paralelismo na sala aconteça sem maiores problemas.

Fonte: autores.

2.4. DIRETRIZES UTILIZADAS PARA A PROPOSTA DO TEATRO

Teatros são espaços desenvolvidos a séculos com o intuito de propagar conteúdo, seja este através da palavra falada, música, peças teatrais, dança etc. Contudo, para cada uma dessas finalidades, a forma ideal e o produto final que esta sala deve entregar ao espectador se altera.

Para um bom projeto arquitetônico acústico é necessário que uma série de fatores sejam considerados. Cox (2004) ressalta que o volume, a geometria e o tratamento das superfícies, com uma combinação apropriada, através do uso de absorvedores, difusores e superfícies planas, é necessária para que um bom resultado final seja garantido.

O conceito utilizado para o desenvolvimento do centro de artes recebeu inspiração da cultura típica do estado de Alagoas. Nela, o guerreiro (Figura 8), auto popular genuinamente alagoano tem destaque. As fitas e cores utilizadas nos trajes foram o ponto chave utilizado como referência no desenvolvimento do projeto (vide Figura 9). Essas características também foram levadas em consideração para concepção do teatro, auxiliando na criação de formas curvas e

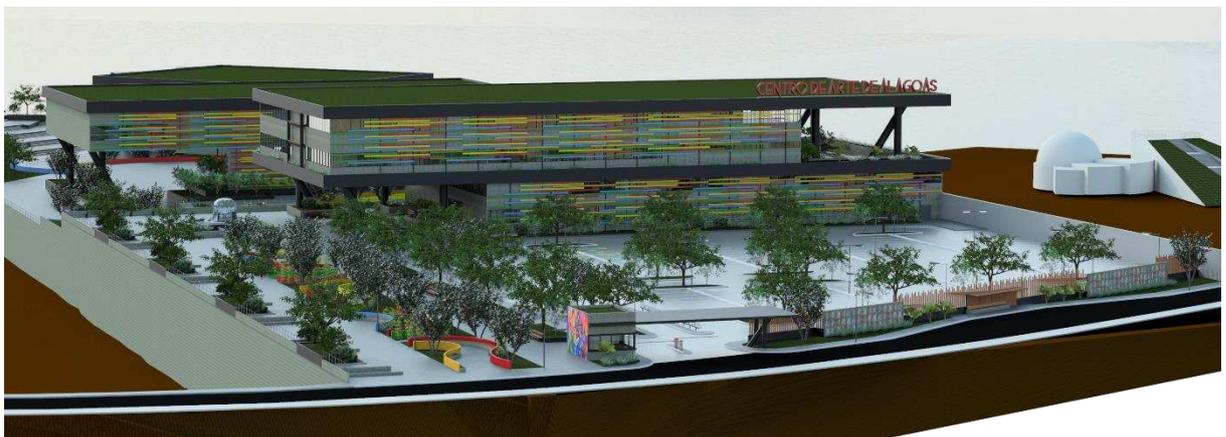
irregulares adequadas à difusão sonora, como pode ser observado na planta baixa e perspectivas (Figuras 10, 11 e 12).

Figura 8 – Apresentação de guerreiro, auto popular alagoano



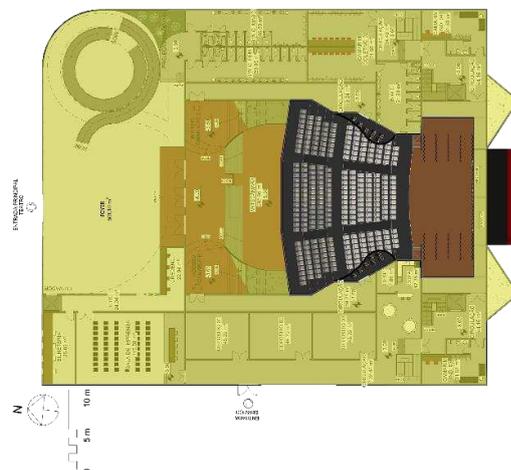
Fonte: autores.

Figura 9 – Perspectiva do projeto do Centro de Artes de Alagoas



Fonte: autores.

Figura 10 – Planta baixa do bloco do teatro do centro de artes, com marcação em amarelo das áreas utilizadas para proteção quanto ao ruído da sala principal devido à necessidade de baixos índices de pressão sonora



Fonte: autores.

Em consideração ao explanado inicialmente, o objetivo pelo qual espaços como esse são criados interfere diretamente nos métodos utilizados. Neste caso, sendo o centro de artes um local de inúmeras formas de representação de arte, esse processo se torna ainda mais complexo. Por isso, unindo a ideia das fitas referente ao conceito, a forma dos balcões superiores foram definidas e foram introduzidas faixas que permitissem alteração na área de absorção sonora (vide Figuras 11 e 12), interferindo diretamente no tempo de reverberação da sala. Isto fez com que fosse possível uma adaptação deste teatro aos diversos tipos de uso que venham a acontecer.

Figura 11 – Perspectiva interna do teatro, demonstrando a geometria das paredes e balcões inspirados nas fitas



Fonte: autores.

Figura 12 – Perspectiva interna do teatro, com destaque às faixas reguláveis que permitem o controle do tempo de reverberação



Fonte: autores.

Outra estratégia de projeto utilizada foi a proposta de um palco externo ao teatro, permitindo que toda a estrutura deste bloco possa ser utilizada para apresentações ao ar livre. Para a concepção plástica deste palco fundamentos acústicos foram considerados, onde a geometria adotada foi pensada de forma estratégica (Figura 13). O elemento utilizado como fechamento entre o palco interno e externo foi considerado na concepção de uma geometria adequada a propagação do som, onde este funciona como espelho acústico para o reforço dos raios sonoros ao público (Figura 14).

Figura 13 – Perspectiva do palco externo pertencente ao teatro, possibilitando apresentações ao ar livre



Fonte: autores.

Figura 14 – Corte humanizado demonstrando o uso da geometria como estratégia acústica para uma maior reflexão dos raios sonoros ao público



Fonte: autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho demonstra como é possível aliar a criação de um projeto arquitetônico com o conforto acústico, permitindo através de decisões acertadas que menos problemas posteriores aconteçam.

Para isso, é necessário que haja planejamento do início ao fim do projeto, em que sejam identificados os principais “pontos críticos” e a partir deles traçados as soluções possíveis.

É comum identificar vias ruidosas, corredores, e áreas de grande circulação de pessoas como fontes potenciais de emissão de ruído. Com isso, é possível já serem considerados alguns dispositivos e estratégias na fase de desenvolvimento para qualquer tipologia de projeto.

5 CONCLUSÃO

A arquitetura e a engenharia civil são os métodos em que a espécie humana se utiliza para desenvolver condições melhores de habitabilidade e qualidade de vida dentro de edificações. Frente a isso, a questão da sustentabilidade está intrinsecamente ligada a todas as áreas que tangem o conforto ambiental: térmico, acústico e lumínico. Esta pesquisa desenvolve a questão de que a poluição sonora é um dos principais problemas do século e também de sustentabilidade, pois gera agressões as mais diversas espécies de seres vivos, e está ligada a questões comportamentais para a geração do ruído.

A falta de preocupação com a acústica dos ambientes tem resultado em espaços com qualidade e conforto cada vez mais escassos. Isto implica em inúmeros problemas, desde a dificuldade de executar atividades comuns e na qualidade do trabalho produzido, até em condições mais graves de saúde decorrentes do estresse causado pelos altos níveis de ruído pelo qual o indivíduo se vê exposto.

Para o desenvolvimento deste trabalho a acústica foi considerada como premissa, onde todos os ambientes propostos e a implantação do projeto no terreno levaram em consideração este fator. Porém, este processo culminou em diversos desafios pelo fato de incluir em um único projeto uma série de espaços sensíveis do ponto de vista acústico.

O zoneamento realizado em que os pontos mais críticos e mais tolerantes de cada área foram analisados possibilitou uma melhor distribuição dos setores de arte propostos. Em todo o projeto, estratégias foram utilizadas com o intuito de favorecer a acústica dos ambientes. O projeto apresentado neste artigo foi desenvolvido em nível de estudo preliminar. Uma análise acústica mais detalhada se faz necessário para as etapas posteriores, principalmente para o teatro, incluindo simulações em software de acústica de salas para o cálculo de parâmetros acústicos como tempo de reverberação (T60), tempo de decaimento inicial (EDT), definição (D50) e fator de clareza (C80). Além da geração de auralizações, para verificação da qualidade sonora do ambiente, através de realidade virtual acústica utilizando fones de ouvido.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e Documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BRANDÃO, E. **Acústica de Salas: Projeto e Modelagem**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.

BRASIL. Política Nacional do meio ambiente. **Lei Federal nº 6.938, de 1981**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 19 de abril de 2019.

COX, T. J.; D'Antonio, P. **Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application**. 1ª ed. Londres: Spon Press, 2004.

EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. Estados Unidos da América: McGraw-Hill, 1988.

MEHTA, M.; Johnson, J. e Rocafort, J. **Architectural Acoustics: Principles and Design**. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1999.

MEYER, J. **Acoustics and Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers, Musicians, Architects and Musical Instruments Makers**. 5ª ed. Nova York: Springer, 2009.

SANTOS, E. S. O.; **Arquitetura e Cultura: Projeto de um Centro de Arte com foco no desempenho acústico na cidade de Arapiraca-AL**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2018.

SILVA, C. B. **Análise dos níveis de ruído ocupacional: o caso da orquestra sinfônica de Brasília**. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

SOUZA, F. P. **A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo**. 2006. Disponível em: <<http://labs.icb.ufmg.br/lpf/2-14.html>> Acesso em: 19 abril 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans l'environnement** 2003. Disponível em: <<https://www.who.int/homepage/primers>> Acesso em: 19 abril 2019.