



CONFORTO ACÚSTICO EM LABORATÓRIOS DE CONTENÇÃO BIOLÓGICA

Rodrigo das Neves Costa (1); Maria Lygia Niemeyer (2)

(1) Departamento de Infra-Estrutura e Administração do Campus – Fundação Oswaldo Cruz, Brasil –
e-mail: arqrcosta@yahoo.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: lygianiemeyer@gmail.com

RESUMO

A emergência de doenças infecciosas tem reforçado a importância da existência de ambientes laboratoriais para desenvolvimento de diversas atividades relacionadas à saúde pública. Nesse contexto, os laboratórios destacam-se como importantes espaços que abrigam atividades de pesquisas com bases microbiológicas que expõem os trabalhadores a uma variedade de riscos, sendo marcante a presença dos riscos biológicos e a obrigatoriedade de incorporação dos requisitos de biossegurança, sobretudo através dos princípios de contenção. A presente pesquisa se insere na área de conforto ambiental em espaços de saúde, em particular, de laboratórios e tem como objeto os laboratórios classe NB-3. Seu objetivo principal é a avaliação da interferência, sob o ponto de vista do conforto acústico do ambiente, das exigências relacionadas à biossegurança, face à rigidez das condições de contenção necessárias. Tais requisitos são confrontados os parâmetros de conforto acústico para ambientes internos. O estudo parte da identificação dos requisitos de biossegurança preconizados pela bibliografia especializada, principalmente, daqueles que, de alguma forma, possam interferir na qualidade acústica dos espaços.

Palavras-chave: conforto acústico; biossegurança; laboratórios de contenção biológica.

1 INTRODUÇÃO

O imprevisível e diversificado comportamento das doenças infecciosas emergentes e reemergentes tem acarretado a discussão das condições de biossegurança nas instituições de ensino, pesquisa, e desenvolvimento tecnológico (BRASIL, 2004a). Nesse contexto, os laboratórios destacam-se como ambientes de desenvolvimento de pesquisas com bases microbiológicas, abrigando procedimentos que expõem os trabalhadores a uma variedade de riscos, associados aos materiais e métodos utilizados (BRASIL, 2001). Visando minimizar tais riscos, é essencial o estabelecimento de um programa de biossegurança, criando uma estrutura física, administrativa e técnica compatível com as atividades desenvolvidas. A biossegurança constitui uma área de conhecimento nova, regulada em vários países por conjuntos de leis, procedimentos ou diretrizes específicas. No presente estudo são consideradas indicações nacionais e normativas da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do Ministério da Saúde do Canadá.

O objeto de estudo – Laboratórios de Nível de Biossegurança 3 (NB-3) – foi escolhido pela necessidade de superação das dificuldades apresentadas para o desenvolvimento de projetos de arquitetura para este tipo de espaço. Instalações deste tipo são cada vez mais necessárias devido ao aumento da resistência de agentes infecciosos (NAVARRO et al., 2002). Entretanto, a imperiosa necessidade de adoção de medidas preconizadas pela segurança biológica deve ser compatibilizada com os demais aspectos de qualidade ambiental, neste caso específico, a qualidade acústica.

Considerando a especificidade do objeto – face à rigidez das condições de biossegurança necessárias – coloca-se a questão do impacto de requisitos de biossegurança, tanto espaciais quanto materiais, na qualidade acústica de laboratórios de contenção biológica. O objetivo deste estudo é confrontar as exigências arquitetônicas relacionadas ao conceito de biossegurança para laboratórios de contenção NB-3 aos parâmetros de conforto acústico, recomendados pelas normas brasileiras. Este procedimento permite identificar e qualificar tanto relações positivas quanto pontos de conflito entre as duas disciplinas.

2 REQUISITOS DE BIOSSEGURANÇA PARA LABORATÓRIOS

2.1 Princípios de biossegurança

O conceito de saúde ocupacional apresenta-se como multidisciplinar, já que envolve profissionais de áreas distintas. Dentro destas especialidades, cabe ao arquiteto projetar ambientes objetivando a segurança da atividade desenvolvida, reduzindo chances de acidentes e identificando riscos existentes no local de trabalho (PORTO, 1994 apud SILVA, 2001). Os riscos ambientais, de forma geral, estão constantemente vinculados ao ambiente ocupacional e são definidos como físicos (relacionados às formas de transmissão de energia), químicos (produtos que possam penetrar no organismo) e biológicos (bactérias, fungos, protozoários, vírus e outros). Ressalte-se que, em função de sua natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição, tais agentes são nocivos (permanentes ou temporários) à saúde do trabalhador.

A presente pesquisa é voltada para ambientes laboratoriais em que a presença dos riscos biológicos expõe pessoas próximas ou que nele trabalham à doenças infecciosas (BRASIL, 2004a). Estes agentes biológicos são classificados em quatro classes de risco, crescentes segundo os perigos de infecção que representam ao homem (Quadro 1). Tal classificação refere-se exclusivamente à manipulação desses agentes em laboratório, e considera a patogenicidade para o homem, o modo de transmissão, o raio de ação, a existência de medidas de prevenção e tratamento (OMS, 2004).

Quadro 1 – Classificação de microorganismos infecciosos por grupo de risco.	
Grupo de Risco	Características dos agentes biológicos
Risco 1	Nenhum ou baixo risco individual e coletivo. Microrganismos que provavelmente não podem causar doenças em homens ou animais. Exemplo: <i>Lactobacillus</i> .
Risco 2	Moderado risco individual e baixo risco coletivo. Agentes patogênicos que provocam doenças em homens ou animais, embora não representem sério risco para quem os manipula, para a comunidade ou o ambiente. Há tratamento efetivo e medidas de prevenção; o risco de disseminação é limitado. Exemplo: <i>Schistosoma mansoni</i> .
Risco 3	Alto risco individual e baixo risco coletivo. Agentes patogênicos que geralmente causam doenças graves em homem ou animais, mas que não se disseminam habitualmente de um indivíduo infectado para outro de forma imediata. Existem medidas de prevenção e tratamento eficazes. Exemplo: <i>Bacillus anthracis</i> .
Risco 4	Alto risco individual e alto risco coletivo. Agentes patogênicos que podem causar graves doenças em homem ou animais, transmitindo-se de um indivíduo para outro direta ou indiretamente e com muita facilidade. Geralmente não há medidas de prevenção e tratamento efetivas. Exemplo: Vírus Ebola.

Fonte: Adaptado de OMS (2004) e BRASIL (2004b).

A aplicação das diretrizes de biossegurança nos ambiente laboratorial se dá através da contenção, denominação usada para descrever os métodos de segurança necessários à manipulação dos agentes de risco (BRASIL, 2004b). O objetivo da contenção é eliminar, ou reduzir potencialmente a exposição da equipe do laboratório, de outros indivíduos ou mesmo do meio externo aos agentes patogênicos perigosos. Sendo assim, percebe-se que a contenção corresponde à forma de materialização dos conceitos de biossegurança, apoiando-se em três aspectos básicos: as técnicas e práticas, os equipamentos de segurança coletivos e individuais e o projeto dos espaços labororiais (Figura 1).

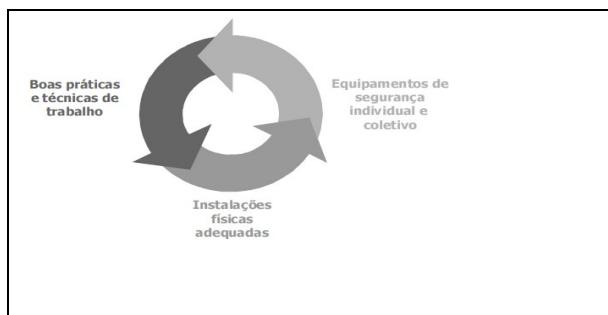


Figura 1 – Ciclo da contenção – Fonte : VIEIRA (2008)

Em termos de contenção biológica, os três elementos fundamentais são divididos em dois níveis distintos: contenção primária e contenção secundária (BRASIL, 2004b). A contenção primária objetiva a proteção da equipe de laboratório e do meio de trabalho e está baseada em dois elementos: as boas práticas e técnicas e uso de equipamentos de proteção coletiva e individual adequados. A secundária visa proteger o meio externo do local onde são manuseados os agentes infecciosos, e está apoiada em dois elementos: as boas práticas e técnicas e o projeto de arquitetura e engenharia da instalação.

PESSOA (2006) define o papel das barreiras de contenção: separar as áreas contaminadas das outras dependências, através de antecâmaras, autoclaves com dupla porta e outros tantos artifícios imprescindíveis para situações de risco de contaminação. A classificação dessas barreiras remete ao princípio da contenção, sendo as primárias responsáveis pela integridade da equipe de trabalho e das próprias pesquisas, e as secundárias, pela proteção do ambiente externo.

O cruzamento entre os riscos biológicos, graduados por classes de risco (Quadro 1), e as necessidades de biossegurança, através dos princípios de contenção e emprego de barreiras, determina o nível de biossegurança laboratorial. Os quatro níveis de biossegurança, expostos no quadro 2, estão relacionados aos requisitos crescentes de segurança para manuseio de agentes biológicos, determinando o grau de contenção e complexidade do nível de proteção (BRASIL, 2004a).

Quadro 2 – Relação entre classes de risco, níveis de biossegurança e laboratórios.		
Classes de risco	Níveis de Biossegurança	Tipo de Laboratório
1	NB – 1 - Básico	Laboratórios básicos de ensino e pesquisa.
2	NB – 2 - Básico	Laboratórios clínicos; serviços de diagnóstico e pesquisa.
3	NB – 3 - Contenção	Laboratórios de diagnóstico e pesquisa especiais.
4	NB – 4 - Contenção Máxima	Unidades de agentes patogênicos perigosos.

Fonte: Adaptado de OMS (2004).

Para o atendimento às exigências compatíveis com o nível de biossegurança do laboratório, o papel representado pela concepção do projeto é destacado, por ser um dos três elementos essenciais para a eficácia da contenção biológica. Nesse sentido, destaca-se a incorporação dos requisitos de biossegurança à arquitetura dos ambientes, materializados através das características estabelecidas para as áreas físicas e instalações, aplicáveis a cada nível de biossegurança laboratorial.

2.2 Biossegurança para Laboratórios NB-3

A opção pela abordagem dos laboratórios NB-3 neste estudo se deu em função de dois fatores: a quantidade de exigências ambientais em função deste nível de biossegurança e o número de laboratórios deste tipo existentes no Brasil. Como, no Brasil, não existe nenhum laboratório classe NB-4 em funcionamento, foram eleitos os laboratórios NB-3, que somam cerca de 30 unidades no país (VIEIRA, 2008). Os laboratórios classificados como NB-3 são também denominados laboratórios de contenção, em função da proteção biológica intrínseca a estes ambientes. Isto porque os agentes de risco patogênico são manipulados de seguramente pelas equipes, sem comprometer o ambiente externo e asseverando que os resultados das pesquisas tenham a qualidade desejada (PESSOA, 2006).

Ressaltando o papel do planejamento das instalações físicas do laboratório para a obtenção de eficácia na contenção biológica, os laboratórios devem atender a diversas exigências apresentadas em normas nacionais e internacionais, expostas nos quadros 3 a 7. A fim de facilitar a compreensão, os itens que apresentam algum tipo de relação com os aspectos acústicos estão sombreados. Nas tabelas a seguir, na coluna da direita a notação R corresponde a “recomendado” e a notação O a “obrigatório”.

As necessidades de localização e acesso do laboratório (quadro 3) correspondem ao seu posicionamento dentro da edificação, bem como o acesso físico às instalações laboratoriais, promovendo um escalonamento de áreas de risco e potencial de contaminação.

Quadro 3 – Requisitos para localização e acesso de laboratórios NB-3.	
Requisitos	Exigência
Laboratório afastado de áreas de circulação pública	O
Sinalização de segurança nas portas da área de contenção	O
Aberturas para passagem de equipamentos	O
Portas de acesso providas de sistema de controle com tranca	O
Sistema eletrônico de acesso com redundância	R
Escritórios fora da área de contenção	O
Antecâmara para acesso à área de contenção	O
Intertravamento de portas da antecâmara	O
Vestiário para paramentação da equipe	R
Chuveiro na antecâmara	R
Áreas de contenção localizadas nas proximidades dos sistemas mecânicos para minimizar riscos de contaminação	R
Paredes das áreas de contenção afastadas das fachadas	R
Laboratório de apoio contíguo à área de contenção	R

Fonte: Adaptado de CANADA (2004), FIOCRUZ (2005), OMS (2004) e VIEIRA (2008).

Também são necessárias medidas para controlar o perímetro de contenção dos laboratórios NB-3, delimitado por barreiras criadas para confinar e isolar a área do laboratório dos ambientes contíguos, configurando assim a contenção biológica através de barreiras primárias e secundárias. Qualquer item (pessoa, animal ou objeto) deve ser descontaminado antes de transpor o perímetro de contenção. VIEIRA (2008) destaca os locais de passagem entre interior e exterior da área contida como críticos, dada a necessidade a estanqueidade total do ambiente (quadro 4).

Quadro 4 – Requisitos para o perímetro de contenção de laboratórios NB-3.

Requisitos	Exigência
Autoclave de dupla porta	O
Intertravamento das portas da autoclave	O
Previsão de guichê de passagem para materiais na barreira de confinamento	R
Tratamento de efluentes antes do lançamento na rede sanitária	O
Juntas vedadas no nível do perímetro de contenção	O
Selagem de todos os eletrodutos e instalações	O
Janelas fixas e seladas com vidros de segurança	O
Visores de observação instalados na barreira de confinamento	R

Fonte: Adaptado de CANADA (2004), FIOCRUZ (2005), OMS (2004) e VIEIRA (2008).

Ainda relacionados aos princípios de contenção, a provisão de serviços e utilidades para os laboratórios tem por objetivo assegurar o perfeito funcionamento de sistemas projetados para atuar na contenção dos agentes patógenos. Estão expostas abaixo as características necessárias para o ambiente laboratorial, envolvendo principalmente os projetos de instalações para estes recintos (quadro 5).

Quadro 5 – Requisitos de utilidades e serviços para laboratórios NB-3.

Requisitos	Exigência
Lavatório para descontaminação próximo à saída do laboratório	O
Lavatórios com torneiras acionadas sem o uso das mãos	O
Lava-olhos	O
Instalação de cabines de segurança biológica	O
Instalação hidráulica com dispositivo anti-refluxo e registro	O
Descontaminação do esgoto antes do lançamento à rede pública	O
Dreno hermético para a autoclave	O
Sifões de drenagem com selo hidráulico	O
Sifões de drenagem localizados no piso em casos indispensáveis	R
Cilindros de gases comprimidos no exterior do laboratório	R
Energia de emergência para os sistemas de iluminação, ventilação, cabines de segurança biológica e equipamentos essenciais	O
Disjuntores localizados no exterior da área de contenção	R
Reatores das lâmpadas fluorescentes localizados fora da contenção	R
Comunicação entre a área de contenção e a área de suporte	O
Sistema de transmissão de dados entre a área de confinamento e o exterior	R

Fonte: Adaptado de CANADA (2004), FIOCRUZ (2005), OMS (2004) e VIEIRA (2008).

Com relação às superfícies internas, os revestimentos aplicados em laboratórios NB-3 devem garantir incondicionalmente facilidade de limpeza e desinfecção, além de resistência aos produtos utilizados nos procedimentos, em função da prática constante de descontaminação (quadro 6). Por sua vez, o mobiliário precisa incorporar detalhes que minimizem a ocorrência de acidentes, notadamente aqueles relacionados com a geração de aerossóis e movimentos no fluxo interno de ar.

Quadro 6 – Superfícies, revestimentos e mobiliário para laboratórios NB-3.

Requisitos	Exigência
Superfícies de portas, portais e mobiliário não-absorventes	O
Superfícies de trabalho resistentes a corantes, umidade, produtos químicos, calor e formação mecânica de sulcos	O
Superfícies de trabalho resistentes a impactos mecânicos	O
Superfícies contínuas, sem saliências ou reentrâncias	O
Continuidade entre piso e parede, com cantos arredondados	O
Revestimentos resistentes aos produtos químicos utilizados	O
Revestimentos laváveis e impermeáveis	O
Revestimentos de bancadas sem juntas	O
Bancadas com rebordo e sistema de drenagem para evitar derramamento de líquidos	R
Tampos, gavetas, maçanetas e outros com acabamento arredondado	R
Selagem de frontispícios de bancadas próximas às paredes	R
Prateleiras com borda para guarda de reagentes químicos	R
Gavetas com limitador de curso	R
Portas dos móveis sem fechamento autônomo	R

Fonte: Adaptado de CANADA (2004), FIOCRUZ (2005), OMS (2004) e VIEIRA (2008).

Considera-se o projeto de ventilação e condicionamento do ar como essencial para a contenção, dada sua capacidade de proteger os ocupantes do laboratório e o meio (quadro 7). A importância deste conjunto se relaciona às atividades características do ambiente, já que nos laboratórios NB-3 são manipulados microorganismos patogênicos que, em sua grande maioria, são facilmente transmissíveis pelas vias aéreas. Sendo assim, qualquer falha no processo gera altos riscos de contaminação.

Quadro 7 – Requisitos de ventilação de climatização para laboratórios NB-3.

Requisitos	Exigência
Tomada de ar 100% externa	O
Fluxo induzindo o ar do menor para o maior risco de contaminação	O
Visualização dos diferenciais de pressão por manômetros	R
Alarme visual e sonoro na contenção para alertar falhas no sistema	O
Dutos de admissão de ar selados e dotados de sistema anti-refluxo	R
Sistema de admissão de ar independente de outras áreas laboratoriais	O
Intertravamento do sistema de ventilação (admissão e exaustão)	O
Ar de exaustão filtrado por filtro HEPA	O
Independência do sistema de exaustão do ar da área de contenção	O
Acesso aos sistemas de ventilação pelo exterior da área de contenção	R
Dutos de exaustão selados, externos ao perímetro de contenção	O
Dispositivos anti-refluxo e filtros HEPA próximos ao perímetro contido	R

Fonte: Adaptado de CANADA (2004), FIOCRUZ (2005), OMS (2004) e VIEIRA (2008).

Pelo exposto acima, percebe-se a importância de considerar as exigências relacionadas à biossegurança já na etapa de projeto, reforçando a pertinência da adoção de medidas eficazes e incorporação das soluções necessárias aos laboratórios nível NB-3. Reforçando-se a importância do planejamento desses ambientes, que deve agregar e integrar – através da arquitetura – as necessidades pertinentes a todas as disciplinas envolvidas, com os requisitos de biossegurança.

3 REQUISITOS ACÚSTICOS PARA AMBIENTES INTERNOS

A qualidade acústica do espaço construído, notadamente do ambiente ocupacional, apresenta basicamente duas formas de abordagem. A primeira estabelece parâmetros quantitativos para avaliação do ambiente acústico no tocante à saúde física e mental do usuário envolvendo, basicamente, níveis sonoros para conforto (NR-17, 1978) (NBR 10152, 1987) e limites de exposição ao ruído (NR-15, 1978). O segundo enfoque trabalha com a relação entre as características morfológicas (forma, dimensões e materiais) e a qualidade acústica do espaço (tempo de reverberação, inteligibilidade, privacidade).

3.1 Níveis de Ruído para Conforto Acústico

A Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia (BRASIL, 1978) define parâmetros ambientais para adequação dos ambientes de trabalho às características psicofisiológicas trabalhadores e à natureza das atividades por eles desenvolvidas. Com relação ao ruído estabelece que, em locais onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, devem ser adotados os níveis de ruído de fundo recomendados pela NBR 10152 - Níveis de Ruído para Conforto Acústico¹ (ABNT, 1987).

Para ambientes laboratoriais a referida norma estabelece níveis de ruído situados na faixa² compreendida entre 40 a 50 dB(A) ou entre as curvas³ NC 35 e 45. O nível de ruído de fundo nos laboratórios deve ser assegurado pelo cumprimento de dois requisitos principais: isolamento para proteção contra ruídos emitidos por fontes sonoras externas ao ambiente e do controle da propagação do ruído gerado no interior do compartimento. Portanto, o atendimento a este requisito no projeto de arquitetura depende da relação entre o laboratório e as fontes de ruído (zoneamento), da geometria do espaço (volume de ar, forma das superfícies) e da correta especificação de materiais de vedação, esquadrias e revestimentos.

3.2 Tratamento Acústico em Recintos Fechados

A NBR 12179 (ABNT, 1992), fixa os critérios para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados, definido como “*o processo pelo qual se procura dar a um recinto, pela finalidade a que se destina, condições que permitam boa audição às pessoas nele presentes (...) este tratamento comprehende o isolamento acústico e o condicionamento acústico*”. Para desenvolvimento do tratamento acústico, pressupõe-se o conhecimento prévio das condicionantes das características acústicas do ambiente, a saber: nível do som exterior, nível de som do recinto, situação do recinto/edifício em questão, configuração espacial do ambiente (plantas/cortes), especificação dos materiais empregados (vedações, revestimentos, mobiliário, etc.).

Para a etapa do isolamento acústico, devem ser levantados: o nível de som exterior, o nível de som nos compartimentos contíguos, o posicionamento do ambiente dentro da edificação (zoneamento acústico) e os materiais de vedação (lajes, alvenarias, forros, divisórias, esquadrias). Note-se que os critérios para dimensionamento das vedações devem garantir que a estanqueidade acústica seja suficiente para atender aos limites de ruído de fundo estabelecidos pela NBR 10152 (ABNT, 1987).

O condicionamento acústico se divide em duas etapas: estudo geométrico-acústico do recinto e o cálculo do tempo de reverberação⁴. Embora estas etapas sejam detalhadas apenas para espaços onde a audibilidade da palavra é fundamental (como auditórios e salas de projeção), através delas pode-se auferir os fatores determinantes para a sonoridade dos ambientes: potência das fontes internas, geometria do ambiente e coeficiente de absorção dos materiais de revestimento das superfícies internas (quadro 9).

Quadro 9 – Relação entre etapa de projeto, fenômenos acústicos relacionados, definições de projeto e

¹ Esta norma encontra-se em processo de revisão.

² O menor valor representa o nível sonoro ideal e o maior o nível sonoro máximo aceitável para a finalidade.

³ Curvas de avaliação acústica por banda de oitava cuja denominação corresponde à seu valor na frequência de 1.000 Hz.

⁴ Por definição: é o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de 60 dB, depois de interrompida a emissão sonora.

parâmetros de avaliação.			
Etapa de Projeto	Fenômenos Relacionados à Propagação Sonora	Definições de Projeto Exemplos aplicados	Parâmetros de avaliação
Zoneamento Acústico	Todos	Setorização e fluxos. Hierarquização em função de ruídos Agrupamento de ambientes com características acústicas similares.	Nível de ruído
Geometria do ambiente	Reflexão	Forma e rugosidade das superfícies internas Definição da forma do ambiente em consonância com as necessidades acústicas do recinto.	Estudo geométrico-acústico
Isolamento de Ruídos Aéreos e de Impacto	Transmissão	Sistema construtivo, elementos de vedação e esquadrias. Isolamento entre zonas de características e necessidades acústicas distintas. Tratamento de fontes de ruídos de impacto e equipamentos. Medidas para evitar transmissão de ruído pelos elementos da edificação.	Índices de isolamento acústico
Tratamento das Superfícies	Absorção	Materiais de revestimento Correção acústica com materiais absorventes.	Tempo de reverberação

4 COMPATIBILIZAÇÃO DE REQUISITOS

A partir das etapas de projeto apresentadas no quadro 9, foram destacados, analisados e comentados nesta seção os potenciais impactos dos requisitos de biossegurança. Os impactos identificados estão classificados em função das quatro etapas de projeto: zoneamento acústico, geometria do ambiente, isolamento de ruídos aéreos e de impacto e tratamento das superfícies.

Com relação ao zoneamento acústico são diversos os requisitos de biossegurança que interferem na qualidade acústica dos laboratórios. Estes impactos são majoritariamente positivos, dado que os ambientes de apoio aos laboratórios atuam como antecâmara, formando um gradiente dos níveis de pressão sonora entre ambientes. Assim, o laboratório é mais isolado de áreas ruidosas como o exterior do edifício, cujo controle sobre o nível de ruído é mais complexo. E ainda, quanto à geometria do ambiente, percebe-se que o grau de interferência é o mais reduzido dentre as variáveis consideradas.

As exigências de biossegurança relacionadas ao isolamento acústico atuam diretamente sobre as formas de propagação do som entre os ambientes, ocasionando impactos positivos. A necessidade de estanqueidade ao ar dos laboratórios contribui para que o som não se propague facilmente entre os ambientes. Ao atravessar também os elementos construtivos, ocorrem perdas maiores de intensidade dos sons produzidos nos outros ambientes e no próprio laboratório. Isto se materializa principalmente no emprego das antecâmara e na selagem de todas as frestas.

Com relação aos revestimentos e superfícies, as necessidades revelam impactos negativos sobre a qualidade acústica interna, tendo em vista as características exigidas. Nos laboratórios, são insubstituíveis os materiais duros e impermeáveis que são acusticamente reflexivos. Este conjunto coloca-se de forma muito rígida em relação ao tratamento acústico do recinto, afetando principalmente o tempo de reverberação do som no ambiente.

Em suma, são comentados no quadro 10 os requisitos de biossegurança e seus potenciais impactos acústicos identificados, com comentários acerca de cada item. São sinalizados por cores diferentes os impactos considerados como positivos e negativos. Ressalte-se que o caráter positivo ou negativo apresentado refere-se ao potencial identificado, sem significar que, em determinada condição de utilização, determinada característica não possa considerada de maneira distinta.

Quadro 10 – Requisitos de biossegurança, impactos acústicos e comentários.

Requisitos de Biossegurança	Impactos identificados				Comentários
	Zoneamento	Geometria	Isolamento	Superfícies	
Laboratório afastado de áreas de circulação.	■				Favorece, em primeira análise, a ocorrência de um nível de ruído menor nos laboratórios, já que localizam em áreas restritas, sem grandes fluxos.
Escritórios fora da área de contenção / Vestiário para paramentação da equipe / Laboratório de apoio contíguo.	■				O posicionamento desses ambientes nas áreas de apoio ao laboratório, fora da contenção, funciona como antecâmaras na escala da edificação. Isto auxilia na formação de um gradiente nos níveis de ruído adequados a estes ambientes.
Antecâmara para acesso à área de contenção.		■			A antecâmara oferece naturalmente um isolamento sonoro, já que amortece o ruído externo que penetra no interior e vice-versa, funcionando como conjunto isolante.
Intertravamento de portas da antecâmara / Intertravamento das portas da autoclave.		■			Complementando o requisito anterior, o intertravamento garante uma vedação permanente e a descontinuidade na propagação do som somente pelo ar até o interior do laboratório.
Sistemas mecânicos dentro das áreas de contenção.	■		■	■	Esta característica interfere negativamente no zoneamento, pois exige a instalação de um equipamento gerador de ruído em área contígua ao laboratório. Isto exige a utilização de outros mecanismos para atenuar os ruídos.
Paredes de contenção afastadas das fachadas.	■				O posicionamento dos laboratórios afastados das fachadas favorece o controle, nesses ambientes, sobre o nível de ruído exterior, cuja imprevisibilidade é maior e o tratamento mais difícil, exigindo medidas construtivas na fachada.
Juntas vedadas no perímetro de contenção. Selagem de eletrodutos, instalações e janelas.		■			Estes requisitos favorecem o isolamento acústico na medida em que impedem a propagação direta do som através de frestas existentes entre os ambientes vizinhos e o laboratório.
Instalação de cabines de segurança biológica.	■		■	■	Da mesma forma que os equipamentos mecânicos, as cabines de segurança biológica são equipamentos geradores de ruído e exigem cuidados para atenuar a propagação dos ruídos produzidos pelo equipamento.
Superfícies não-absorventes / Revestimentos laváveis e impermeáveis.			■	■	A escolha de superfícies com estas características, altamente reflexivas, contribui para o aumento do tempo de reverberação.
Superfícies sem reentrâncias / Continuidade de piso e parede (cantos arredondados).		■			Estes requisitos também contribuem para o aumento do tempo de reverberação.
Tomada de ar 100% externa.				■	A eliminação dos dutos de retorno de ar favorece a diminuição dos níveis de ruído emitidos pelo equipamento de ar condicionado e propagados pelos dutos.

Legenda

Impacto positivo

Impacto negativo

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto, é correto afirmar que é muito relevante a consideração dos conceitos de biossegurança a fim de evitar riscos de exposição aos agentes de risco biológico. Nesse sentido, destaca-se o papel da contenção, formada pelas técnicas e práticas, os equipamentos de segurança coletivos e individuais e o projeto dos espaços laboratoriais. Portanto, nota-se que a arquitetura laboratorial contribui substancialmente para o sucesso da contenção, notadamente quando se trata de laboratórios de contenção biológica classe NB-3. Ainda relacionadas à contenção biológica, as normas nacionais e internacionais estabelecem inúmeros requisitos em relação instalações físicas do laboratório. Contudo, cabe avaliar o grau de restrição dessas exigências e seu impacto sob o ponto de vista acústico.

Com relação aos fenômenos acústicos em recintos fechados e a normatização brasileira pertinente, percebe-se que estes são fortemente influenciados pelas características arquitetônicas. Nesta análise, ficou evidente que a NBR 10152 serve de referência para estabelecer os níveis de ruído para conforto, relacionando-se indiretamente com o isolamento acústico. Por outro lado, a NBR 12179 aborda as formas de tratamento acústico do recinto, dividindo-o entre isolamento e condicionamento. Assim, ficam evidentes as variáveis acústicas a serem consideradas no projeto: zoneamento acústico, geometria do ambiente, isolamento acústico e superfícies.

Essas variáveis possuem relação com determinadas etapas e/ou decisões de projeto, como a definição da setorização, a determinação dos elementos definidores do espaço, a opção do sistema construtivo e das instalações ou ainda a escolha dos revestimentos e materiais. Todas essas decisões influenciam o desempenho dos ambientes, visto que interferem nos fenômenos acústicos que neles ocorrem, e isto fica claro com relação às exigências pertinentes aos laboratórios.

Confrontando os requisitos de biossegurança com as variáveis acústicas pertinentes, verifica-se que alguns aspectos interferem no ambiente. Dentre esses pontos, a grande maioria afeta positivamente a qualidade acústica do ambiente. Em primeira análise, essas características contribuem para o alcance de zoneamento e isolamento acústicos adequados ao laboratório. Por outro lado, com relação aos materiais empregados nas superfícies desses ambientes, o impacto identificado foi bastante negativo, justamente por se tratar de materiais acusticamente reflexivos, que contribuem para um elevado tempo de reverberação.

Da mesma forma, o posicionamento de equipamentos em áreas internas ou contíguas aos laboratórios requer cuidados para minimizar a propagação de ruídos. Ressalte-se, porém, que o uso ao qual se destinam esses ambientes não requerem condições tão elevadas de qualidade sonora quanto, por exemplo, espaços como auditórios, salas de aula ou estúdios. Por outro lado, a geometria do ambiente sofre poucas restrições em função dos requisitos de biossegurança. Os impactos identificados com relação a continuidade das superfícies e eliminação de reentrâncias desnecessárias não influem significativamente na qualidade acústica do ambiente.

Por tudo isso, ressalte-se a necessidade de consideração das variáveis acústicas já nas primeiras etapas do projeto de laboratórios de contenção. E ainda, fica destacada a influência positiva dos requisitos de biossegurança e a necessidade de solucionar alguns impactos negativos relativos aos ruídos de equipamentos. Além disso, é claro que a geometria do ambiente é menos afetada pelas necessidades de biossegurança, podendo ser amplamente manipulada pelo projetista. E, finalmente, destaca-se a utilidade de considerar e equacionar os diversos requisitos do ambiente nos projetos que, neste estudo foram biossegurança e acústica, resolvendo-os de forma completa e satisfatória.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10152. **Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 12179. **Tratamento Acústico em Recintos Fechados.** Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Biossegurança em Laboratórios Biomédicos e de Microbiologia.** Editado por Jonathan Y. Richmond, Robert W. Mckinney; organizado por Ana Rosa dos Santos, Maria Adelaide Millington, Mário Cesar Althoff. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2001.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Biossegurança em Laboratórios Biomédicos e de Microbiologia.** 2 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2004a.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Diretrizes gerais para o trabalho em contenção com material biológico.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004b.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e Operações Insalubres.** Norma Regulamentadora, 1978.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 – Ergonomia.** Norma Regulamentadora, 1978.

CANADA. Ministre de la Santé. **Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire.** 3 ed, 2004. Disponível em: www.phac-aspc.gc.ca/olsbsl/lbg-ldmbl/index_f.html. Acesso em: 10 jun. 2009.

NAVARRO, M. et al. **Doenças emergentes, reemergentes, saúde e ambiente.** In: Saúde e ambiente sustentável: desatando nós. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002.

Organização Mundial de Saúde. **Manual de segurança biológica em laboratório.** 3 ed. Genebra: OMS, 2004.

PESSOA, Maria Cristina Ribeiro. **Impacto das condicionantes locacionais e a importância da arquitetura no projeto de laboratórios de pesquisas biomédicas pertencentes às classes de risco 2, 3 e 4 sob a ótica da biossegurança.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 2006.

SILVA, Clara Teixeira da. **Saúde do trabalhador: um desafio para qualidade total no Hemorio.** [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001.

VIEIRA, Valéria Michielin. **Contribuição da arquitetura na qualidade dos espaços destinados aos laboratórios de contenção biológica.** Tese (Doutorado em Arquitetura). Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ, 2008.