

Biossegurança e Qualidade Ambiental em Laboratórios Biomédicos: análise dos requisitos

Biosafety and Environmental Quality in Biomedical Laboratories

Rodrigo das Neves Costa

Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

| e-mail: arqrcosta@fiocruz.br | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1924343772982159> |

Mônica Santos Salgado

Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ/UFRJ

| e-mail: monicassalgado@gmail.com | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4598786832250568> |

RESUMO

Proposta: Este artigo insere-se no grupo de pesquisas em gestão do processo de projeto com foco na investigação sobre a aplicação dos conceitos de qualidade ambiental aos projetos de laboratórios biomédicos. Tais ambientes destacam-se pela necessidade de incorporar princípios relacionados à biossegurança, pois o espaço construído atua como barreira de proteção aos envolvidos, direta ou indiretamente, nos procedimentos realizados, considerando os riscos existentes. **Objetivo:** Avaliar a compatibilidade entre os requisitos físicos de biossegurança e os princípios de qualidade ambiental nos projetos de laboratórios de pesquisas biomédicas. **Método de pesquisa / Abordagem:** Para concretização da proposta, foram construídas matrizes para cruzar características de qualidade ambiental – premissas definidas pelo Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – e requisitos físicos relacionados à biossegurança laboratorial para os níveis NB-2 e NB-3 – extraídos de diretrizes nacionais e internacionais. **Resultados:** A metodologia proposta evidenciou aspectos que interferem na sustentabilidade, visando a permitir a priorização dos requisitos ambientais nesses projetos. Além disso, ressalte-se a necessidade de considerar esses espaços de forma diferenciada, dados os benefícios sociais das pesquisas neles realizadas.

Palavras-chave: biossegurança, qualidade ambiental, sustentabilidade.

ABSTRACT

Proposal: This article is part of the research group architectural design management, and it concerns about the application of the concepts of environmental quality to the design of these spaces. Such environments include the need of incorporating principles related to biosafety, because the space acts as a barrier built to protect those involved, directly or indirectly, in the procedures performed, considering the risks. **Objective:** Evaluate the compatibility between the physical requirements of biosafety and environmental quality principles in projects of biomedical research laboratories. **Search Method / Approach:** To achieve the proposal we used matrices to cross the characteristics of environmental sustainability – defined assumptions by Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – and the physical requirements related to BSL-2 and BSL-3 - drawn from national and international guidelines. The proposition of the matrices considered previously performed research. **Results:** The proposed methodology showed aspects that affect sustainability, aiming to enable the prioritization of environmental requirements in these projects. Furthermore, one should stress the need to consider those buildings differently given the social benefits of medical research.

Key-words: biosafety, environmental quality, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Como espaço construído, o laboratório é um ambiente sujeito à presença de riscos relacionados às atividades ocupacionais. Em função da natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição, os riscos podem causar danos à saúde do trabalhador. O papel fundamental da biossegurança é a prevenção destes riscos, visando à saúde do homem, através da adoção de medidas preventivas, tais como a incorporação de características arquitetônicas e construtivas ao laboratório.

Porém, a globalização, os progressos tecnológicos, o surgimento de novos laboratórios, a emergência de novas doenças, o aprimoramento das diretrizes existentes e a importância da sustentabilidade vêm modificando a concepção destes espaços (OMS, 2004). Assim, destaca-se a necessidade de considerar aspectos mais abrangentes nos projetos, como é o caso do desempenho ambiental.

Logo, a obtenção de laboratórios de qualidade requer a consideração de aspectos além daqueles relacionados à biossegurança. Tem-se, então, um paradoxo: de um lado a preocupação com a preservação do meio ambiente e o desejo de se produzir espaços edificados cada vez mais em harmonia com a natureza, e, de outro, a necessidade de se produzir edificações que possam abrigar a pesquisa científica de alto risco ambiental. (SALGADO, 2004)

Diante disso, a dificuldade que se impõe é aplicar as premissas de qualidade ambiental aos projetos de laboratórios biomédicos, considerando a interferência dos requisitos físicos relacionados à biossegurança. Ressalte-se que aplicar as medidas preventivas relativas à biossegurança, embora indiscutivelmente necessário, confere ao projeto alcance apenas sobre a dimensão da saúde, restritamente no sentido preventivo.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Como forma de alcançar o objetivo do trabalho, foi necessário identificar e apresentar os conceitos relacionados à biossegurança e sua aplicação nos ambientes laboratoriais, relacionando-os com os requisitos físicos inerentes a tais espaços. Com base nisto, foi possível identificar as atuais demandas aplicáveis aos projetos desta natureza e, com destaque para as necessidades ambientais. Por outro lado, tratou-se de reconhecer e expor os princípios de sustentabilidade, destacando a busca pelo desenvolvimento sustentável.

Considerando o embasamento teórico, foi imperioso estabelecer um cruzamento entre os princípios de qualidade ambiental e as exigências de biossegurança aplicáveis aos laboratórios. Os dados foram tratados através de uma matriz proposta para avaliar a compatibilidade entre as características de sustentabilidade ambiental e requisitos físicos relacionados à biossegurança laboratorial. A proposição de análise foi estabelecida considerando referências anteriormente desenvolvidas em pesquisas que envolvem o uso de matrizes para avaliação do ambiente construído.

3 BIOSSEGURANÇA

Hirata (2002) considera que os laboratórios de ensino e pesquisa biomédica diferenciam-se dos demais não apenas pela variabilidade de atividades desenvolvidas, mas também pela

alta rotatividade de material humano: professores, pesquisadores, alunos de graduação, pós-graduação e demais técnicos. Neste sentido, a OMS afirma que “os profissionais que atuam em laboratórios de pesquisa e diagnóstico constituem o grupo de maior risco do total dos profissionais que trabalham na área de saúde.” (PESSOA; LAPA, 2003, p.230). Com relação ao grau de risco, os patógenos são classificados em quatro diferentes classes de risco, conforme o perigo de infecção que representam para o homem e animais, considerando: a patogenicidade para o homem, o modo de transmissão, o raio de ação e a existência de medidas de prevenção e tratamento. (vide Tabela 1).

Em função do nível de biossegurança laboratorial estabelecido, devem ser adotadas as correspondentes medidas de prevenção. A contenção é formada por um conjunto de elementos relativos à biossegurança e apoia-se em três aspectos básicos: procedimentos laboratoriais, equipamentos de segurança e instalações laboratoriais, que formam o ciclo da contenção (VIEIRA, 2008). Os requisitos físicos que devem ser incorporados aos espaços laboratoriais podem ser divididos em grupos, referentes ao controle de acessos, perímetro de contenção, lay-out, higiene e descontaminação, ergonomia e mobiliário, utilidades e equipamentos, tratamento de resíduos, sistema de ventilação e sistemas de emergência (COSTA, 2011).

Classes de risco	Níveis de Biossegurança	Tipo de Laboratório
1	NB – 1 Básico	Laboratórios básicos de ensino e pesquisa. Nível adequado à manipulação de agentes biológicos conhecidos por não causarem doenças em adultos saudáveis.
2	NB – 2 Básico	Laboratórios clínicos; laboratórios de serviços de diagnóstico e pesquisa. Nível adequado à manipulação dos agentes biológicos cujos riscos individual é moderado e para a comunidade é baixo. O risco de propagação é limitado.
3	NB – 3 Contenção	Laboratórios de diagnóstico e pesquisa especiais. Nível adequado à manipulação dos agentes biológicos com potencial para transmissão por via e a causarem patologias potencialmente letais, para as quais existem usualmente medidas de tratamento e/ou de imunização.
4	NB – 4 Contenção Máxima	Unidades de agentes patogênicos perigosos. Nível adequado à manipulação dos agentes biológicos exóticos ou perigosos, com alto poder de transmissão por via respiratória ou transmissão desconhecida e alta letalidade. Não há medida profilática ou terapêutica eficiente.

Tabela 1. Relação entre classes de risco, níveis de biossegurança e tipos de laboratórios.
Fonte: Adaptado de OMS (2004).

4 QUALIDADE AMBIENTAL

Nas últimas décadas, a necessidade de minimização dos impactos gerados ao meio ambiente pelas edificações e a difusão dos conceitos de desenvolvimento sustentável têm levado o setor a buscar projetos com melhores níveis de desempenho ambiental. Em reação a situação estabelecida, a busca da qualidade ambiental na arquitetura retomou uma antiga aspiração humana de estabelecer um equilíbrio harmonioso com a natureza que o rodeia, através da idéia do desenvolvimento sustentável (GAUZIN-MÜLLER, 2006).

Em função disto, surgiram os sistemas de certificação ambiental das edificações, sendo que alguns deles procuram promover a construção sustentável através de aspectos de mercado. O Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) foi pioneiro neste sentido e influenciou os sistemas de avaliação orientados para o mercado que foram posteriormente desenvolvidos, como o HK-BEAM, o LEED, o NF Bâtiments Tertiaires Démarche HQE e o CASBEE (SILVA, 2007).

Estes sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente absorvidos por projetistas e pelo mercado em geral, e têm, portanto, uma estrutura mais simples, normalmente formatada como uma lista de verificação. Para divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gestão operacional, todos eles são vinculados a algum tipo de certificação de desempenho. No segundo grupo estão os métodos orientados para pesquisa, como o Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC) e seu sucessor, o Green Building Challenge (GBC), centrados no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica.

4.1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

O método LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) surgiu em 1996 nos Estados Unidos. Desenvolvido pela USGBC (United States Green Building Council), trata-se de um sistema de certificação, cujo objetivo principal é facilitar a transferência de conceitos da construção ambientalmente responsável para os profissionais e a indústria da construção. A metodologia é orientada para uma classificação de desempenho consensual que visa ao mercado, com o objetivo acelerar o desenvolvimento e implementar práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis (USGBC, 2010).

Sobre o sistema de avaliação, destaca-se que o desempenho ambiental do edifício é avaliado através da concessão de créditos para o atendimento a critérios pré-estabelecidos. A performance mínima exigida como nivelamento para avaliação de um empreendimento é o cumprimento de pré-requisitos (seleção prévia). Estando satisfeitos todos estes pré-requisitos, o empreendimento torna-se elegível a passar para a etapa de análise e certificação, pois o sistema pontua créditos para o atendimento dos critérios, organizados em checklist dividido em grupos temáticos.

Tais créditos são concedidos basicamente em função de ações de projeto, construção ou gerenciamento que contribuam para reduzir os impactos ambientais. São consideradas como referência normas e recomendações de instituições independentes com credibilidade reconhecida, como a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers e o DOE (Department of Energy).

4.2 Qualidade ambiental em laboratórios: o programa Labs 21

O Labs21 é um programa criado nos Estados Unidos que tem o objetivo principal de otimizar a performance ambiental de laboratórios (LABS21, 2010). Foi desenvolvido através da colaboração de profissionais de instituições públicas e privadas, sob supervisão e patrocínio da U. S. Environmental Protection Agency (EPA - Agência de Proteção Ambiental dos E.U.A.) e do U.S. Department of Energy (DOE – Departamento de Energia dos EUA).

O programa surgiu há pouco mais de uma década, em função das constatações acerca do desempenho ambiental dos laboratórios, onde se destaca o intenso consumo energético associado. E ainda, é importante esclarecer que o Labs21 atua de forma consultiva, promovendo apoio aos projetos e desenvolvendo ferramentas e manuais para facilitar a aplicação dos conceitos de qualidade ambiental aos projetos de ambientes laboratoriais.

Segundo o próprio programa, as ações são baseadas nas seguintes premissas: minimizar o impacto ambiental global; proteger a segurança dos ocupantes; otimizar a eficiência do

prédio inteiro em uma base do ciclo de vida; estabelecer metas de desempenho, controlar e compartilhar resultados de melhoria contínua (LABS21, 2010).

Dentre as ferramentas e manuais desenvolvidos pelo programa, destacam-se o guia de introdução ao projeto de baixo impacto em laboratórios; os estudos de caso em laboratórios novos e existentes; os padrões de desempenho energético; o manual de processo do projeto relacionado a laboratórios de alta performance; o checklist de critérios de performance ambiental (EPC).

Considerando os objetivos desta pesquisa, destaca-se este último, denominado Environmental Performance Criteria (EPC), um sistema de avaliação gerado a partir da versão 2.2 do LEED que incorpora créditos adicionais especificamente aplicados aos laboratórios. Um contraponto essencial a ser feito é que esta ferramenta, por considerar as exigências físicas relacionadas à biossegurança como mandatórias, não explicita seus impactos em relação à sustentabilidade, que foi justamente o que se buscou nesta pesquisa. Ou seja, os aspectos relacionados à biossegurança são incorporados como se fossem requisitos adicionais de qualidade ambiental, sem avaliar suas interferências.

5 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ PARA CRUZAMENTO DOS REQUISITOS

O uso de matrizes na análise dos impactos cruzados entre os requisitos de biossegurança e os requisitos de qualidade ambiental visa principalmente a evidenciar os impactos positivos e negativos, orientando decisões projetuais nos espaços laboratoriais.

Porém, esse tipo de abordagem não pode ser considerada inovadora. A aplicação de matrizes na análise e priorização de características já foi utilizada anteriormente por diversos autores. Para a elaboração da proposta para avaliação de compatibilidade entre as exigências relacionadas à biossegurança e os requisitos de qualidade ambiental, foram considerados outros estudos realizados anteriormente, também relacionados ao ambiente construído, que se utilizam de matrizes como ferramentas de avaliação e/ou auxílio ao projeto.

5.1 Referências consideradas

É fato que as matrizes são ferramentas largamente utilizadas em diversas disciplinas e áreas do conhecimento. Originalmente criadas como método para solucionar sistemas matemáticos, muitas outras funções lhe são atribuídas, até mesmo na construção civil e na arquitetura, como forma de agregar e/ou avaliar o desempenho de algumas características dos projetos e edifícios. Para elaboração da matriz proposta neste trabalho, foram analisadas outras referências: Quality Function Deployment (AKAO, 1990), metodologia ADDENDA (WEKA, 2003), matriz NUTRE-GPAS (GPAS/PROARQ/UFRJ, 2008) e o modelo locacional COPPETEC-COSENZA (COSENZA, 1995) particularmente a adaptação proposta por Pessoa (2006) para os projetos de laboratórios biomédicos.

Um dos métodos mais difundidos que utiliza as matrizes como elemento fundamental de análise é o Quality Function Deployment (QFD, desdobramento da função qualidade). O método surgiu no Japão como ferramenta de qualidade para aplicação industrial e difundiu-se internacionalmente, dado que várias organizações o aplicaram visando obter ganhos através de reduções do custo, de prazos, de qualidade e de confiabilidade no desenvolvimento de produtos. Neste sentido, é importante destacar algumas características acerca da sua estrutura (AKAO, 1990).

Considerando o contexto da construção civil e o desenvolvimento de projetos de arquitetura, o QFD já foi aplicado com diversas finalidades. Como exemplos, é possível citar a prestação

de serviços de apoio à construção civil (BACELAR et al., 2001), planejamento da qualidade do projeto arquitetônico (SALGADO, 1997) e análise de resultados de avaliação pós-ocupacional (LONGHI et al., 2000). Isso evidencia a utilidade de aplicação deste método no desenvolvimento do produto, que pode tanto o projeto como a edificação.

Relacionado ao projeto de arquitetura com qualidade ambiental, o método ADDENDA é outra importante referência no uso de matrizes para obtenção de edificações de qualidade. Este foi desenvolvido por um escritório de consultoria francês, denominado Société ADDENDA, com o objetivo de possibilitar a integra  o e hierarquiza  o dos critérios ambientais no processo de concep  o do projeto, através de uma abordagem arquitet  nica dos alvos ambientais eleitos pelo procedimento HQE – Haute Qualit   Environnementale (ZAMBRANO, 2008). Neste sentido, o método ADDENDA preconiza a aplica  o no projeto arquitetônico dos alvos de desempenho ambiental através da concep  o projetual. Considera-se que as questões arquitetônicas são definidas em fun  o dos elementos de concep  o arquitet  nica, que estão ligados aos componentes de projeto, que são divididos em quatro grupos: implanta  o, morfologia, materialidade e espacialidade (WEKA, 2003).

Outro importante estudo, relacionado às edifica  es laboratoriais, foi desenvolvido por Pessoa (2006), visando avaliar o impacto das condicionantes locais nos projetos de laboratórios de pesquisas biomédicas. A autora destaca que, em edifícios de laboratórios (níveis de biossegurança 3 e 4), a localiza  o    um fator fundamental para o controle de contamina  o, por se tratar de ambientes onde se manipulam patógenos letais. Para tal, elaborou um estudo com a inten  o identificar o terreno ideal para a implanta  o de um Complexo Laboratorial de nível de biossegurança 3 e 4. Assim, adaptou um modelo de uma matriz existente (Matriz de Localiza  o Industrial da COPPETEC – COSENZA) para cria  o de um novo modelo para localiza  o de laboratórios.

O Modelo COPPETEC-COSENZA surgiu dada a necessidade de transformar um sistema de informa  es estruturado em nível metodológico em instrumento eficiente de política industrial. Na defini  o do modelo de localiza  o, considera-se, inicialmente, a classifica  o dos fatores como: cruciais (A), condicionantes (B), pouco condicionantes (C) e irrelevantes (D). Em seguida, constroem-se um conjunto de matrizes para a análise locacional. (COSENZA, 1995) Na proposta apresentada por Pessoa (2006) criou-se uma metodologia orientativa sobre a instala  o de espaços laboratoriais considerando os aspectos de biossegurança, biosseguridade e planejamento urbano.

Diante dos exemplos expostos, ficam evidentes o uso intenso, a aplicabilidade e a eficiência do emprego de matrizes tanto para estabelecer uma rela  o entre diferentes características como para avaliar o desempenho da edifica  o.

5.2 Proposta para matriz de análise

Considerando o EPC desenvolvido pelo Labs21, os estudos referenciais abordados no subitem anterior e o objetivo central desta pesquisa, elaborou-se então a proposta de matriz para avalia  o de compatibilidade entre as exigências físicas de biossegurança e os requisitos de qualidade ambiental. Assim, colocam-se alguns aspectos fundamentais desta proposi  o. Cabe ressaltar que, esta proposta diferencia-se bastante da metodologia desenvolvida pelo Labs21 porque, embora aquele método (EPC) seja uma ferramenta de avalia  o da performance ambiental da edifica  o laboratorial, ele não explicita os impactos ambientais dos requisitos especificamente aplicáveis aos laboratórios (relacionados    biossegurança) limitando-se a incluir os novos requisitos sem avaliar os impactos cruzados.

A proposta apresentada nesse trabalho vai, portanto, além, tentando evidenciar os conflitos existentes entre os princípios de qualidade ambiental e as restri  es da biossegurança considerando, as características aplicáveis a qualquer projeto de laboratórios com níveis de biossegurança NB-2 e NB-3, sem se deter num determinado projeto.

A escolha com relação aos níveis de biossegurança laboratorial (NB2 e NB3) se deu em função de dois fatores: os requisitos físicos associados e o número de laboratórios existentes. Em função do grau de risco, o laboratório nível NB-1 foi descartado por ser aquele com menor grau de exigências com relação ao espaço construído. No mesmo sentido, o nível NB-4 foi descartado por ser aquele que possui menor número de unidades a nível mundial. Neste sentido, acredita-se ser mais representativa a opção de analisar NB-2 e NB-3, dado que são os que existem em maior número, além de possuírem entre si a diferença entre laboratório de base e laboratório de contenção (ou confinamento).

Quanto aos parâmetros de desempenho ambiental, o sistema eleito foi o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), em função de ter sido o método também utilizado como embasamento da ferramenta Labs21. Outro fator que importante é a estrutura simples do sistema de avaliação, com itens bem definidos, aplicação direta (checklist) e fácil incorporação como ferramenta de auxílio ao projeto. Esta formatação atende ao método proposto – desenvolvimento e aplicação de matrizes – para análise das características.

Na matriz desenvolvida neste estudo, os requisitos físicos relacionados à biossegurança e as premissas de qualidade ambiental tiveram sua relação avaliada de acordo com o potencial impacto identificado entre ambos. No eixo horizontal, foram listados os grupos relacionados aos requisitos físicos de biossegurança, aplicáveis aos níveis NB-2 e NB-3. Para tal, foram consultadas diretrizes de projeto, tanto nacionais como internacionais, além de trabalhos que abordaram esta problemática anteriormente. Estas características construtivas e projetuais estão divididas por grupos de afinidade, que estabelecem relação de recomendação ou obrigatoriedade.

MATRIZ DE ANÁLISE DE IMPACTOS POTENCIAIS NÍVEL DE BIOSSEGURANÇA NB-2		REQUISITOS DE BIOSSEGURANÇA								
		1. CONTROLE DE ACESSO	2. PERÍMETRO DE CONTENÇÃO	3. LAY-OUT	4. HIGIENE E DESCONTAMINAÇÃO	5. MOBILIÁRIO E SUPERFÍCIES	6. TRATAMENTO DE RESÍDUOS	7. UTILIDADES E EQUIPAMENTOS	8. SISTEMA DE VENTILAÇÃO	9. SISTEMAS DE EMERGÊNCIA E ACIDENTES
REQUISITOS DE QUALIDADE AMBIENTAL	C. ENERGIA E ATMOSFERA									
	Pré-requisito 1	Comissionamento dos sistemas de energia								
	Pré-requisito 2	Performance energética mínima	●						●	
	Pré-requisito 3	Gestão de gases refrigerantes (não uso de CFCs)								
	Crédito 1	Otimização da performance energética	●						●	
	Crédito 2	Geração local de energia renovável								
	Crédito 3	Melhoria no comissionamento								
Crédito 4	Melhoria na gestão de gases refrigerantes									
Crédito 5	Medições e verificações									
Crédito 6	Energia "verde"									

LEGENDA - IMPACTOS	
★	Positivo
■	Neutro
●	Negativo

Imagem 1. Trecho da matriz de análise, com requisitos de qualidade ambiental e biossegurança.

No eixo vertical foram dispostos os requisitos de qualidade ambiental. Estes correspondem exatamente aos pré-requisitos e créditos definidos pelo checklist proposto pelo LEED 3 (versão 2009) para construções novas. Este checklist é dividido em 8 grupos temáticos, subdivididos em pré-requisitos e créditos, conforme a lógica classificatória deste sistema. A estes, relacionam-se objetivos específicos.

Na interseção entre os itens componentes dos eixos vertical e horizontal, foram atribuídas ponderações correspondentes à relação entre eles. Desta forma, os impactos identificados através das análises foram classificados como positivos, neutros ou negativos. Esta ponderação é uma adaptação, considerando os objetivos deste trabalho, baseada nos

modelos adotados na análise de critérios do QFD, a exemplo do estudo desenvolvido por Salgado (1997).

5.3 Principais resultados obtidos

Através da matriz proposta tornou-se possível perceber quais os aspectos relacionados à biossegurança que não possuem relação direta com a qualidade ambiental do projeto. Além disso, revelou os pontos naturalmente positivos e, por outro lado, os impactos negativos que são justamente os aspectos críticos a serem controlados durante a concepção do projeto.

Percebeu-se ainda que outro produto relacionado à matriz proposta foi a possibilidade de converter os impactos identificados em recomendações para os projetos laboratoriais. Isto permite um gerenciamento das principais aspectos envolvidos, com destaque para os pontos críticos a serem solucionados. Os principais resultados são apresentados a seguir.

Com relação aos aspectos de qualidade ambiental relacionados ao uso racional da água, foram identificados impactos negativos, principalmente no que se refere à redução do consumo de água. Tais impactos são influenciados pelos processos relacionados à manutenção e/ou tratamento de efluentes.

Já no grupo de alvos relacionados à energia e atmosfera, destacam-se os potenciais negativos referentes ao nível NB-3, sendo o nível NB-2 menos abrangente. Tais impactos são referentes às exigências físicas relativas ao risco de contaminação que estes laboratórios representam ao meio exterior. São diretamente relacionados a isto o perímetro de contenção, o tratamento de resíduos e o sistema de ventilação, que geram interferências diretas na gestão energética.

O sistema de ventilação representa o principal desafio energético em relação aos laboratórios, dado o alto consumo necessário para condicionar os grandes volumes de ar visando atender aos requisitos de segurança. Tendo em vista que o projeto laboratorial deve contemplar as barreiras secundárias com o objetivo de garantir a estanqueidade do laboratório, o projeto do sistema de ventilação e tratamento de ar é imprescindível para o sucesso da contenção biológica. Outro aspecto relevante, relacionado aos processos de trabalho, é o número de equipamentos necessários à manipulação segura dos experimentos realizados nos laboratórios.

Com relação aos materiais e recursos, foram identificadas restrições em relação aos requisitos de biossegurança que se relacionam à necessidade de utilização de materiais específicos aplicados aos laboratórios (superfícies de paredes, pisos e tetos demandam materiais de acabamento específicos em função dos processos de limpeza e descontaminação).

Os pré-requisitos e créditos relativos à qualidade ambiental interna (qualidade do ar, conforto térmico, lumínico e visual) apresentaram o maior número de impactos identificados dentre os grupos, tanto positivos quanto negativos. Destaque novamente para o sistema de ventilação – principal vilão no requisito relacionado à conservação de energia – neste requisito apresentou o maior número de impactos positivos. Os requisitos de biossegurança relativos ao controle de acessos e ao perímetro de contenção mostraram relações positivas em relação ao controle de contaminantes e poluentes. Por outro lado, apresentam impactos negativos em relação ao aproveitamento da iluminação natural e da vista externa. Isso porque naturalmente tem uma posição de maior isolamento dentro da edificação decorrente do grau de risco, o que diminui sua interface com o exterior.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, vale destacar a imponente da biossegurança como disciplina a ser considerada no desenvolvimento das atividades laboratoriais. Ou seja, os requisitos relacionados são preponderantes nestes projetos. Em contrapartida, existe a necessidade irrefutável de ampliar a visão sobre o desempenho ambiental destes espaços, considerando a situação ambiental do planeta e as características ambientais das edificações em questão.

A análise demonstrou impactos negativos, principalmente em relação aos seguintes grupos relacionados à qualidade ambiental: materiais e recursos, uso racional da água e eficiência energética. Estes se revelaram como aspectos críticos a serem controlados no projeto, dada a interferência negativa dos requisitos físicos de biossegurança. Não foram muito diferentes os resultados obtidos para os níveis de biossegurança NB-2 e NB-3. Convém ponderar que os pontos que divergiram são bastante significativos: uso racional da água (onde o nível NB-3 obteve maior percentual de cruzamentos negativos) e energia e atmosfera (também com maiores percentuais negativos). Ambos têm relação direta com os requisitos referentes ao tratamento de resíduos, que é mais rigoroso no caso do NB-3, em função do risco coletivo associado.

Portanto, cabe explorar intensivamente no projeto os aspectos cuja relação entre biossegurança e qualidade ambiental foi identificada como neutra: implantação da edificação, o reaproveitamento de águas pluviais, o comissionamento dos sistemas, a adoção de fontes energéticas renováveis e não-poluente, flexibilidade na organização dos espaços, a controlabilidade dos sistemas visando o conforto térmico e lumínico dos ambientes. Além, disso, é preciso dimensionar corretamente as áreas com necessidades de ventilação especial (tanto laboratórios quanto espaços técnicos), avaliando suas exigências de ventilação separadamente, de modo a evitar superdimensionamentos que acarretam incrementos no consumo. E ainda, em relação ao grupo de materiais e recursos, dadas as características dos materiais utilizados nos laboratórios para atender às demandas de higiene e descontaminação, é interessante escolher os materiais a serem utilizados com base na análise do ciclo de vida. Isto porque, já que existem materiais impactantes ao meio, é fundamental considerar sua durabilidade e descarte.

Por outro lado, é necessário atentar especialmente para o comissionamento dos sistemas de água, ventilação e energia elétrica. Estes representam os maiores impactos em relação à performance ambiental. Durante o projeto, cabe privilegiar a escolha de equipamentos que possuam um desempenho superior (eficiência em relação ao consumo). Considera-se necessária uma mudança no processo de projeto, passando a figurarem os requisitos físicos relacionados à biossegurança como elementos de qualidade ambiental, ao invés de necessidades espaciais. Em relação aos laboratórios, isto se relaciona perfeitamente à questão sustentável, pois os princípios de biossegurança visam, na essência, a garantir a saúde dos envolvidos e evitar impactos ao meio externo.

Cabe ressaltar a importância da construção e manutenção de laboratórios de pesquisas biomédicas para o desenvolvimento do país. Dessa forma, mesmo considerando os potenciais impactos negativos desse tipo de construção, cabe aos arquitetos solucionarem o projeto de laboratórios evidenciando os aspectos positivos e mitigando os negativos através da adoção de soluções inovadoras alinhadas com as instruções normativas da biossegurança.

7 REFERÊNCIAS

AKAO, Y.(1990) **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1990.

BACELAR, S. R. B.; CABEL, G. M.; CARVALHO, M. M. (2001) QFD: Estudo de caso em uma Empresa Prestadora de Serviços de apoio à construção Civil. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001.

COSENZA, C. A. N. (1995) **Localização industrial**: delineamento de uma metodologia para hierarquização das potencialidades regionais. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 1995.

COSTA, R. N. (2011) **Qualidade ambiental em laboratórios biomédicos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2011.

GAUZIN-MÜLLER, D. (2006). **Arquitectura ecológica**. 29 Ejemplos Europeos. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

GPAS/PROARQ-UFRJ (2008). **Metodologia para adequação dos requisitos de Eco-Eficiência ao Projeto SEDE NUTRE**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2008

LABS 21. **Home Page**. Disponível em: www.labs21century.gov. Acesso em 14 de junho de 2010.

LONGHI, C. M.; GOBBO, F. G.; SALGADO, M.S. (2000) Aplicação do QDF aos resultados de uma APO: Proposta para elaboração das diretrizes de projeto para uma edificação hospitalar. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 2000**. Tecnologia e Desenvolvimento. São Paulo: 2000.

PESSOA, M. C. (2006) **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**. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado em Engenharia).COPPE/UFRJ, 2006.

PESSOA, M. C.; LAPA, R. C.(2003) **Bioinstalações**. In: Bioética e Biorrisco - Abordagem Transdisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.

SALGADO, M. S. (2004) **Bioterrorismo versus Arquitetura Sustentável: um estudo sobre o projeto e construção de Laboratórios de Pesquisa** Rio de Janeiro, RJ: Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) PNUMA/POLI/UFRJ, 2004.

SALGADO, M. S.(1997) QFD como ferramenta para o planejamento da qualidade do projeto. In: **Arquitetura: pesquisa e projeto**. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ . Cadernos PROARQ, n.1 – Set 1997, p. 25-35.

SILVA, V. G. Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica.In: **Coleção Habitação mais Sustentável. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. São Paulo: FINEP, 2007.

USGBC. **Home Page**. Disponível em: www.usgbc.org. Acesso em 22 de junho de 2010.

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

WEKA Éditions. **Bâtir la qualité environnementale**. Paris: 2003.

WHO (World Health Organization) (2004). **Laboratory biosafety manual**. Genebra, 3 ed., 2004.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese (Doutorado em Arquitetura). Rio de Janeiro: PROARQ, UFRJ, 2008.