
A avaliação de risco no processo de projeto de biotérios: estratégia de qualidade e de contenção em Biossegurança

Risk assessment in the design process as a strategy for quality animal facilities and containment Biosafety

Renata Cristina Coutinho Lapa

Arquiteta e Eng.Seg. Trab.FIOCRUZ RJ, Doutoranda – PROARQ/FAU - UFRJ

| e-mail: renatalapa@fiocruz.br | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2308846436563305> |

Maria Cristina Troncoso Ribeiro Pessoa

Arquiteta e Eng.Seg. Trab.FIOCRUZ RJ, Doutora – COPPE/UFRJ

| e-mail: mcpessoa@fiocruz.br | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9207886955801572> |

Carlos Alberto Müller

Médico Veterinário, Doutorando em Medicina Veterinária – UFF

| e-mail: camuller@ioc.fiocruz.br | CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0705925555725391> |

RESUMO

Proposta: Evidenciar a importância da inserção da avaliação de risco como primeira etapa do processo de projeto de biotérios, considerando uma abordagem multidisciplinar que incorpore os princípios de Biossegurança. **Método de pesquisa/Abordagens:** Este artigo é baseado na análise do objeto de estudo sob a ótica da variável Biossegurança, a partir de experiência conduzida numa instituição de pesquisa biomédica. São apontadas as barreiras de contenção necessárias ao seu adequado funcionamento, considerando as diretrizes vigentes e a bibliografia disponível. **Resultados:** Ratifica-se a necessidade de inclusão da avaliação de risco no processo de projeto de biotérios como estratégia fundamental à qualidade e desempenho esperado da edificação quanto aos requisitos de Biossegurança. **Contribuições/Originalidade:** Repensar o processo de projeto de biotérios, na perspectiva de colaborar na construção de um repertório de referências para o projeto de ambientes afins.

Palavras-chave: Processo de Projeto. Biossegurança. Biotério.

ABSTRACT

Proposal: To highlight the importance of integrating risk assessment as the first stage in the process of designing animal facilities in laboratory, considering a multidisciplinary approach that incorporates the principles of biosafety. **Methods:** This paper is based on the analysis of the object of study from the perspective of Biosafety, pointing out the containment barriers required for its proper functioning. A sample application for the method is presented from an experiment carried out in a biomedical research institution considering current guidelines and available literature. **Findings:** The aim of this article is to ratify the importance of the risk assessment in the process of biotery designs as an essential strategy to ensure the building of quality and performance required for Biosafety. **Originality/value:** The theme leads the way to a reflexive discussion of the biotery design process, from the perspective of work together to create a repertoire of knowledge for further projects.

Key-words: Design Process. Biosafety. Biotery.

1 INTRODUÇÃO

A gestão do processo de projeto desempenha um importante papel na qualidade global do projeto, a partir do controle de custos e prazos para o desenvolvimento das etapas, aprimoramento das soluções técnicas, validação do processo de desenvolvimento, fomento à interação entre os intervenientes do processo, coordenação das interfaces e compatibilização e integração das soluções das diversas especialidades envolvidas (FABRÍCIO, 2002).

Em se tratando de empreendimentos complexos, como no projeto de biotérios, o projeto e a gestão de seu processo adquirem maior relevância na minimização de impactos negativos no empreendimento, através da antecipação de problemas e eventuais incompatibilidades. Neste contexto específico, a amplitude das conseqüências evoca um processo de caráter multidisciplinar em que a organização e eficácia do processo de projeto se revestem de maior rigor.

O emprego de modelos animais deve ser pautado por princípios éticos e de biossegurança, além de condutas que minimizem a dor e o sofrimento animal. A abordagem desses princípios implica não apenas no estabelecimento de níveis de contenção biológica adequados, como também na observância de questões relativas a conforto, higiene e nutrição (WHO, 2004). Nesta circunstância, o ambiente físico emerge com um importante componente do conjunto de medidas que regula o manejo animal.

Os animais são seres que sofrem influência direta do ambiente, podendo alterar significativamente seu ciclo biológico e, por conseguinte, a resposta de experimentos. Assim, além de observar as características de cada espécie, o projeto deve ser concebido com vistas à manutenção da estabilidade das condições ambientais. Deve-se lembrar, ainda, que uma condição imperativa dos biotérios é garantir níveis de qualidade animal, preservando o padrão sanitário de modo que os resultados experimentais sejam confiáveis.

Portanto, o projeto de um biotério deve contemplar uma complexa matriz que inclui: requisitos de biossegurança, de segurança ocupacional e ambiental, de condições sanitárias e de conforto animal e humano, além das legislações pertinentes. Para compreender e traduzir as especificidades de um programa com vistas à concepção de um biotério, o sub-processo interativo de avaliação de risco revela-se indispensável para caracterizar a natureza e magnitude dos riscos e seus impactos no ambiente físico, subsidiando as tomadas de decisão ao longo do projeto segundo uma perspectiva de controle e prevenção da exposição a situações e agentes de risco à saúde humana, animal e ambiental.

2 DESAFIOS DO PROCESSO DE PROJETO DE BIOTÉRIOS

Cada vez mais, os projetos contemporâneos vêm se caracterizando pelo aumento da complexidade dos empreendimentos, o que implica na composição de equipes de projeto mais amplas e na mobilização de conhecimentos mais especializados. Marcado pela multidisciplinaridade, o processo de projeto na atualidade evidencia que não há mais lugar para um único profissional concentrar, isoladamente, os conhecimentos e qualificações necessários ao controle absoluto sobre o processo de projeto em sua totalidade (FABRÍCIO, 2002).

Neste sentido, tem-se preconizado a adoção de novos modelos de organização e gestão do processo de projeto, com vistas à participação efetiva e integrada de todos os atores no processo decisório, desde as etapas iniciais do empreendimento. Como ressalta Salgado

(2010), garantir que o projeto se beneficie da parceria entre os projetistas das diversas especialidades é tão importante quanto incorporar os requisitos do projeto.

Este cenário imputa às decisões arquitetônicas e ao processo de projeto como um todo maior co-responsabilidade, dados os impactos que podem ocasionar à qualidade global do projeto. Quando este se destina a um biotério, a segurança e qualidade ambiental que esta instalação demanda é um item a ser acrescido na complexidade do processo de projeto.

Tal como ocorre no projeto dos demais tipos de instalações destinadas à pesquisa em saúde, a gestão do processo de projeto de um biotério deve incorporar o conceito de biossegurança, centrando sua abordagem nos riscos ocupacionais e ambientais envolvidos. Esta particularidade, no entanto, resulta em dificuldades para encontrar métodos para caracterizá-los de forma apropriada e incorporá-los ao projeto, agravadas pela escassez de estudos arquitetônicos deste segmento projetual (LAPA; SALGADO, 2009).

Nesta contingência, o processo de projeto de biotérios deve superar o desafio de articular conhecimento científico e práticas de projeto, transpondo as dificuldades de comunicação entre áreas do conhecimento tão distintas, com vistas a traduzir as necessidades em soluções de projeto.

3 BIOSSEGURANÇA NOS PROJETOS DE BIOTÉRIOS

A biossegurança pode ser entendida como o conjunto de saberes direcionados para ações de prevenção e minimização de riscos inerentes às atividades de pesquisa com manipulações biológicas que possam comprometer a saúde do homem, do ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos (FIOCRUZ, 2005; BRASIL, 2010).

A aplicação do conceito de biossegurança remete ao princípio da contenção, que apoiada nas condutas técnicas laboratoriais, nos equipamentos de segurança coletivos e individuais e no projeto de arquitetura e engenharia das instalações, define sob quais condições os agentes biológicos podem ser seguramente manipulados e contidos.

O objetivo da contenção é reduzir a exposição da equipe de trabalho, de outras pessoas indiretamente envolvidas nas atividades e do ambiente em geral aos agentes patogênicos, devendo ser considerada em dois níveis distintos: contenção primária e contenção secundária. A contenção primária objetiva a proteção da equipe de laboratório e do meio de trabalho e está assentada em dois elementos: nas condutas e no uso de equipamentos de proteção coletiva e individual. Já a contenção secundária visa à proteção do meio externo ao local onde são manuseados os agentes infecciosos, sendo que também está assentada em dois elementos: nas condutas e nas instalações físicas (BRASIL, 2006). O princípio da contenção está representado no pictograma da Figura 1 - Ciclo da contenção.

Em consonância com a gradação do risco dos microrganismos e a contenção necessária para manipulá-los, são estabelecidos quatro níveis de biossegurança, crescentes em relação ao grau de proteção proporcionado. Combinando práticas e técnicas, equipamentos de segurança e infraestrutura física, os níveis de biossegurança representam as condições nas quais os agentes podem ser manipulados com segurança (BRASIL, 2006).

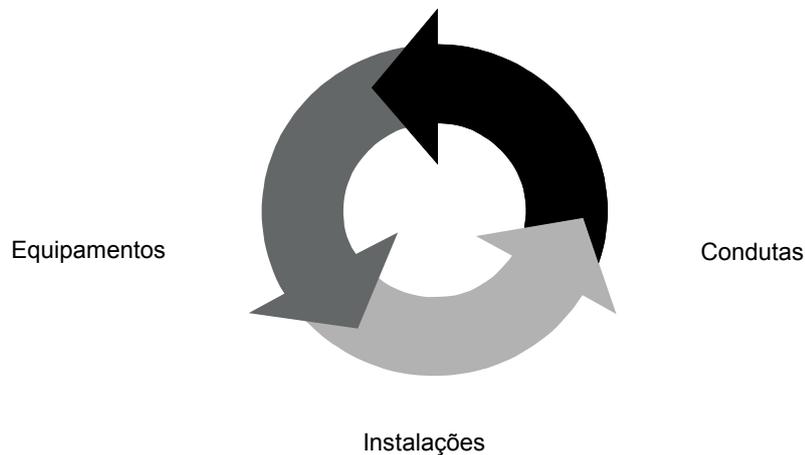


Figura 1. – Ciclo da contenção
(Fonte: adaptado de Vieira et al, 2004).

Considerando a relação de interdependência entre os elementos constituintes da contenção, entende-se que o conceito de biossegurança deve integrar a base de conhecimentos que permite o entendimento global do empreendimento como tarefa precípua do projetista de edificações voltadas para a pesquisa em saúde.

4 AVALIAÇÃO DE RISCO: INSUMOS PARA O PROCESSO DE PROJETO

A capacidade de compreender os fenômenos nos quais a arquitetura está imersa é colocada por Salgado (2010) como primordial à elaboração do projeto, devendo se harmonizar com o processo criativo da concepção. Os fenômenos ou informações distribuídas entre diferentes áreas do conhecimento devem ser objeto de articulação e conjugação do arquiteto, de forma a subsidiar os dados necessários ao desenvolvimento do projeto.

Em biotérios, a qualidade dos ambientes envolve a interação de uma série de variáveis diretamente relacionadas ao conceito de biossegurança, condição necessária ao desempenho de atividades potencialmente perigosas à saúde e ao meio ambiente em virtude dos riscos inerentes aos agentes biológicos manipulados. Somente a partir da identificação das questões ligadas ao risco é que se pode conceber o projeto de uma instalação segura e compatível com suas finalidades.

A avaliação de risco consiste na “pedra angular” da biossegurança aplicada (WHO, 2004). É a partir deste processo que se determina o nível de biossegurança de uma instalação. Neste sentido, sua importância está não somente na estimativa dos riscos, mas também no dimensionamento da estrutura para a contenção biológica e no subsídio à tomada de decisões para o seu gerenciamento.

O conceito de biossegurança, em sentido *lato*, envolve tanto os microrganismos como os demais agentes e situações de risco que permeiam os processos de trabalho. Assim, em biotérios, produtos químicos, alérgenos, agressividade do animal, transmissão de patógenos zoonóticos e outros devem ser identificados e avaliados com vistas à redução a níveis aceitáveis de risco. Para além deste espectro, devem ser considerados, também, os riscos relacionados à carga física e psicossocial e aqueles que envolvem a circunvizinhança e o meio ambiente. Esta condição implica na adoção de uma abordagem interdisciplinar na avaliação e gestão dos riscos, valendo-se da contribuição de saberes oriundos das diferentes áreas do conhecimento para detectar precocemente os problemas e inserir condutas preventivas desde a etapa de concepção das instalações físicas.

Entretanto, de acordo com Miron (2010), a maioria dos profissionais de arquitetura inicia os projetos com poucas informações sobre os reais requisitos do cliente – fato que é atribuído à

inexistência de um método estruturado e sistematizado. Não raro, o arquiteto desenvolve o programa de necessidades contando apenas com sua própria experiência, esquematizando o empreendimento segundo seu juízo individual.

Em contraposição a esta constatação, Pessoa; Lapa; Vieira (2008) afirmam que o processo projetual de um biotério possui natureza multidisciplinar e deve contemplar a antecipação e o reconhecimento de todos os fatores, agentes e situações de risco que podem afetar ambiente, animais e pessoal técnico. Assim, as informações obtidas durante a avaliação de risco devem ser discutidas em equipe e documentadas de forma clara e sucinta, com vistas a alimentar o programa de necessidades e balizar todas as fases do processo de projeto.

Na tabela 1, estão sintetizados os principais riscos ocupacionais em biotérios, os quais devem ser objeto de avaliação qualitativa ou quantitativa, de acordo com sua natureza.

Principais Riscos Ocupacionais em Biotérios				
Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonômicos	Mecânicos
<ul style="list-style-type: none"> • Radiação ionizante e não ionizante • Ruído • Umidade • Temperaturas extremas: (calor ou frio) • Pressões anormais 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de gases, vapores, particulados, fibras ou odores • Poeira (maravalha e ração) • Substâncias químicas e inflamáveis • Desinfetantes e Esterilizantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulação de animais • Zoonoses • Sangue e vísceras animais • Manipulação de agentes biológicos – OGM, microrganismos, amostras humanas • Excreção de animais • Produção de alérgenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Posturas forçadas • Iluminação • Organização do trabalho • Fluxos de trabalho • Movimentos repetitivos • Esforço físico intenso 	<ul style="list-style-type: none"> • Mordeduras de animais • Risco de incêndio • Máquina e equipamentos com movimentos • Instalações Elétricas • Objetos perfurocortantes • Iluminação inadequada

Tabela 1. Principais riscos ocupacionais em biotérios

Para o desenvolvimento de projetos de biotérios, apontam-se cinco questões como chave: avaliação dos riscos; condutas funcionais; contenção primária; contenção secundária e sistemas de operação e manutenção. Como pondera Vieira (2008), as inter-relações entre as questões-chave formam o processo decisório, onde o equilíbrio é o ponto crucial, não se devendo valorizar uma das questões em prejuízo de outra. Portanto, respondê-las é essencial para o planejamento, projeto e construção das instalações.

Apesar da disponibilidade de diversos meios de suporte ao processo de avaliação de risco, a ponderação profissional é a componente mais importante (WHO, 2004). Daí a importância de ser conduzida pela equipe técnica do biotério com apoio da equipe de projeto, de profissionais de segurança do trabalho e de responsáveis pela manutenção predial e de equipamentos familiarizados com o assunto.

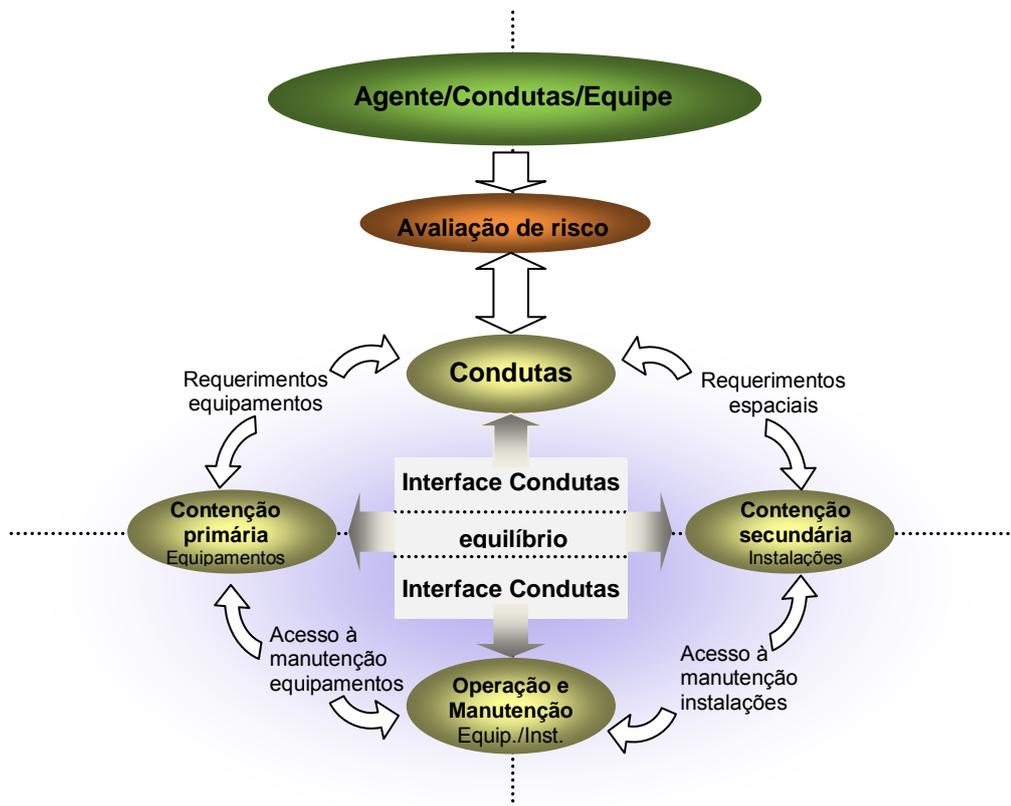


Figura 2. Questões-chave para o projeto de biotérios
Fonte: Vieira (2008), adaptada de Lord (2004).

Para fins de elaboração do projeto, ao final do processo, a avaliação de risco deve, primordialmente, esclarecer: a) o tipo de biotério; b) a espécie animal e suas características; c) o nível de biossegurança animal; d) o padrão sanitário; e) a densidade animal; f) o tipo de equipamentos e de estantes; g) os fluxos de processos de trabalho; h) a necessidade de ambientes de uso específico e isolado dos demais; i) os requisitos ambientais de conforto e de qualidade do ar interior (temperatura, umidade e taxa de renovação de ar); j) os níveis de contaminação; k) os níveis de ruído; l) os ciclos de luz (fotoperíodo); m) as rotinas de higienização, esterilização e descontaminação.

5 À GUIA DE EXEMPLO: DISTINÇÕES ENTRE BIOTÉRIO DE CRIAÇÃO E DE EXPERIMENTAÇÃO

Os biotérios são instalações físicas que abrigam animais com padrões sanitários adequados para uso em pesquisa, desenvolvimento tecnológico, controle e produção de insumos para a saúde (MÜLLER, 2008). Quanto ao tipo, os biotérios são determinados de acordo com sua finalidade e podem ser de criação ou de experimentação, sendo que na primeira edificação se produz e mantém os animais para sua utilização na segunda edificação, onde serão submetidos aos protocolos experimentais no âmbito da pesquisa científica, da biotecnologia e do controle de qualidade.

Idealmente, os biotérios devem constituir-se numa instalação independente, separada dos demais laboratórios. De forma geral, compõe-se de três áreas distintas: uma área administrativa, uma área destinada aos animais propriamente e uma área de infraestrutura, descontaminação, higienização e esterilização. Recomenda-se a previsão de pelo menos três entradas diferenciadas para cada atividade, ou seja, uma para ingresso de pessoal, outra para animais e por último, outra de serviço, para equipamentos e insumos.

O arranjo físico de um biotério é determinado pela interposição das barreiras físicas para contenção. Assim, a disposição interna dos ambientes deve obedecer a um fluxo operacional rigorosamente unidirecional, em função da seqüência das atividades e dos riscos a elas associados, evitando-se o cruzamento indesejável entre pessoas, animais, materiais e ambiente externo. Circulações independentes, vestiários de barreira, antecâmaras e guichês de passagem são as principais barreiras físicas de contenção em biotérios.

Para melhor compreender a relevância que a avaliação de risco tem no processo de projeto de biotérios, são apresentadas, a seguir, a estrutura física de um biotério de criação e de um biotério de experimentação, além de considerações sobre sua setorização e leiaute. Saliente-se que estas são resultado de experiência conduzida por equipe multidisciplinar no âmbito da Comissão Interna de Biossegurança do Instituto Oswaldo Cruz¹, tendo como ponto de partida a avaliação de risco.

A distinção entre um biotério de criação e um biotério de experimentação², quanto à sua estrutura física³, fica patente ao se comparar as figuras 3 e 4. A principal diferença consiste na entrada e saída da área de animais, considerada o “coração” do biotério. No biotério de criação, o acesso é precedido por vestiário de barreira e circulação controlada somados a meios químicos e físicos para esterilização, mas a saída encontra-se no mesmo nível de restrição da área de infraestrutura. Já no biotério de experimentação, além das barreiras de controle de acesso à área de animais, a saída de qualquer componente desta área é feito sob um rigoroso conjunto de barreiras, incluindo vestiário, circulação independente, antecâmara, além de meios físicos e químicos para descontaminação⁴ antes de alcançar o meio externo à instalação.

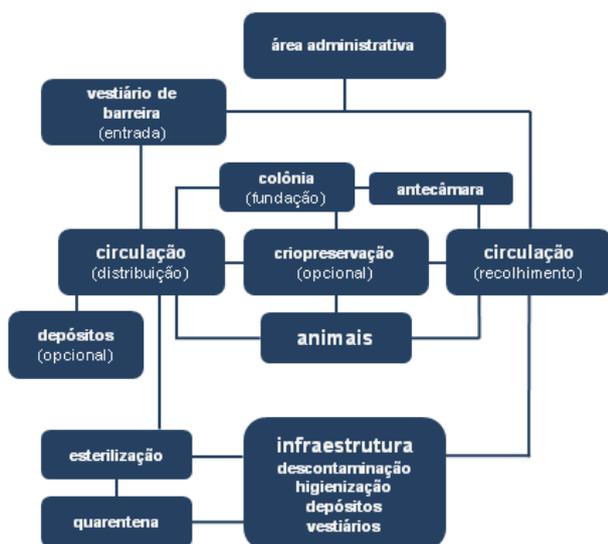


Figura 3. Estrutura: biotério de criação (Adaptado de PESSOA, 2006)

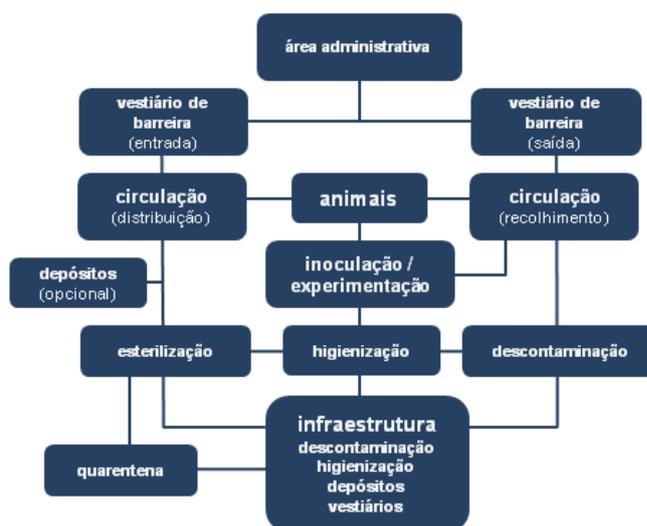


Figura 4. Estrutura: biotério de experimentação (Adaptado de PESSOA, 2006)

As figuras 5 e 6 ilustram, respectivamente, os leiautes de um biotério de criação e de experimentação, ambos destinados à produção, manutenção e manipulação de camundongos (*Mus musculus*), espécie mais utilizada na experimentação com vistas à pesquisa e investigação de doenças.

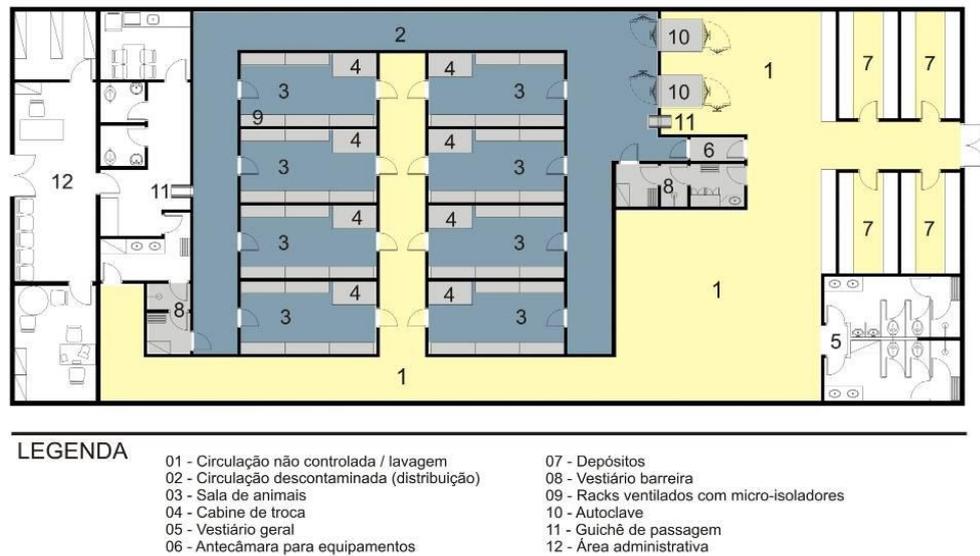


Figura 5. Biotério de criação
(Fonte: os autores)

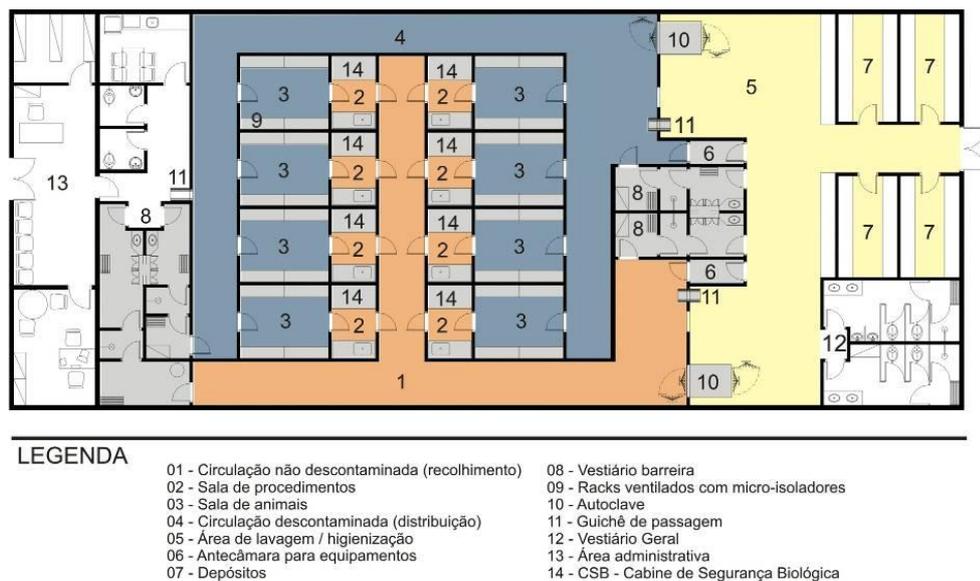


Figura 5. Biotério de experimentação
(Fonte: os autores)

Note-se que os dois tipos de biotérios, o de criação e o de experimentação, possuem as barreiras de contenção distribuídas de forma distintas. Para concepção do projeto, deve-se observar, primordialmente, que a criação possui características de salas limpas, enquanto na experimentação as preocupações se concentram nos riscos ocupacionais e ambientais potenciais ou presentes nas instalações. Em outras palavras, no biotério de criação as barreiras têm a conotação de proteger os animais e o meio de trabalho, assegurando as exigências do padrão sanitário estabelecido. Em contrapartida, no biotério de experimentação, as barreiras objetivam a contenção propriamente dita dos agentes de risco biológico, evitando sua disseminação no ambiente externo e áreas adjacentes.

6 CONCLUSÃO

Em consonância com o caráter eminentemente complexo dos projetos e com a busca de condutas que possam melhor articular seus intervenientes, propõe-se que a avaliação de risco se integre ao processo de projeto de biotérios, atuando como balizadora do corpo de referências e como meio de integração dos diversos requisitos que se avolumam devido à necessidade de incorporação do conceito de biossegurança.

É neste contexto que se ressalta a importância da composição de uma equipe multidisciplinar interativa e atuante desde as etapas iniciais do processo, com vistas ao desenvolvimento de soluções integradas e coerentes com a natureza e finalidades do biotério. Considerando que as informações sobre segurança e saúde são dados de entrada de projeto cruciais para assegurar o desempenho adequado dessas instalações e que a fase de projeto é ímpar ao proporcionar a oportunidade de controle dos riscos ocupacionais e ambientais na fonte, reivindica-se a participação de profissionais da área de segurança do trabalho ao longo de todo o processo de projeto.

Assim sendo, a abordagem do processo de projeto de biotérios recai numa ênfase calcada na gestão integrada de qualidade, saúde e ambiente. Por todas as razões aqui apresentadas, é fundamental que cada instituição estabeleça o seu programa de avaliação de risco e de monitoramento das condições ambientais dos biotérios, priorizando sua articulação com o planejamento das instalações.

Finalmente, há que se lembrar que os impactos negativos oriundos de lacunas no processo de projeto de biotérios extrapolam os limites de prazos e custos, podendo afetar a saúde humana, animal e ambiental.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. **Classificação de Risco dos Agentes Biológicos**. Manuais e Normas Técnicas. Brasília, 2ª Edição, 2010.

_____. Ministério da Saúde. **Biossegurança em laboratórios biomédicos e de microbiologia**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 3 ed

FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

FIOCRUZ. **Procedimentos para manipulação de microorganismos patogênicos e/ou recombinantes na FIOCRUZ**. Rio de Janeiro, CTBio/FIOCRUZ, 2 ed, 2005.

LAPA, R. C. C.; SALGADO, M. S. **Indicadores da gestão de riscos no processo de projeto de laboratórios biomédicos: a contribuição de Luiz Moraes Júnior e Oswaldo Cruz**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009, São Carlos. Anais...São Carlos: EESC/USP, 2009. DOI> 10.4237/sbqp.09.054.

MIRON, L. I.G. **Arquitetura Centrada no Usuário: Gestão de Requisitos no Processo de Projeto**. In: FABRÍCIO, M.M. ; ORSNTEIN,S. W. (Orgs.). Qualidade no Projeto de Edifícios. São Carlos: RIMa. Editora ANTAC, 2010.p. 35-58.

PESSOA, M. C. T. R.; LAPA, R. C. C.; VIEIRA, V. M. **Arquitetura e Biossegurança**. In: MOLINARO, E.M.MAJEROVICZ, J.; VALLE, S. (Orgs.) Biossegurança em Biotérios. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

MÜLLER, C.A. **Cuidados para a prevenção de Zoonoses**. In.: MOLINARO, E.M., MAJEROWICZ, J. VALLE, S. (Orgs.) Biossegurança em Biotérios. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

PESSOA, M. C. T. R. **Impacto das condicionantes locais 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), UFRJ, 2006.

SALGADO, M. S. **Arquitetura centrada no usuário ou no cliente? Uma reflexão sobre a qualidade do projeto**. In: FABRÍCIO, M. M. ; ORNSTEIN, S. W. (Orgs.). Qualidade no Projeto de edifícios. São Carlos: RIMA –SP, 2010. p.23-33.

VIEIRA, V.M. et al. **Avaliação de desempenho de laboratórios biomédicos sob a ótica da biossegurança**. In: Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2004, São Paulo. Anais...São Paulo: NUTAU/USP, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Laboratory biosafety manual**. 3rd ed. Geneva, 2004.

8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FIOCRUZ pelo apoio à pesquisa.

(1) Principal unidade de pesquisa biomédica da Fundação Oswaldo Cruz.

(2) Neste caso, em particular, a avaliação de risco determinou o Nível de Biossegurança Animal 2. Nos casos de biotérios que exijam níveis mais elevados de contenção, devem ser consideradas barreiras secundárias adicionais.

(3) Foram considerados todos os ambientes adequados ao andamento dos trabalhos, num plano ideal. Entretanto, em ambientes onde a área física não comporta este grau de setorização, recomenda-se que o projeto seja rigorosamente fundamentado no conceito de biossegurança, estabelecendo-se compensações através de procedimentos e uso de equipamentos de proteção adicionais.

(4) São empregados meios de contenção pelo ar (sistema combinado de ventilação e condicionamento mecânico do ar, cabines de segurança biológica, isoladores e estantes ventiladas), descontaminação física por calor (autoclave dupla porta), descontaminação química (via tanques de imersão) e descontaminação química gasosa.