



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA - PROARQ



VALÉRIA MICHIELIN VIEIRA

CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA NA QUALIDADE DOS ESPAÇOS  
DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS DE CONTENÇÃO BIOLÓGICA

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Mônica Santos Salgado, DSc.

Rio de Janeiro  
2008





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA - PROARQ



CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA NA QUALIDADE DOS ESPAÇOS  
DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS DE CONTENÇÃO BIOLÓGICA

Valéria Michielin Vieira

Tese de doutorado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Linha de Pesquisa Projetos Arquitetônicos de Ambientes de Atenção à Saúde, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências em Arquitetura.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Mônica Santos Salgado, DSc

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2008



CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA NA QUALIDADE DOS ESPAÇOS  
DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS DE CONTENÇÃO BIOLÓGICA

Valéria Michielin Vieira

Tese de Doutorado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Linha de Pesquisa Projetos Arquitetônicos de Ambientes de Atenção à Saúde, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Arquitetura.

Aprovada por:

Presidente, Prof<sup>a</sup>. Mônica Santos Salgado, DSc

Prof. Afrânio Lineu Kritski, DSc

Prof. Hermann Gonçalves Schatzmayr, DSc

Prof<sup>a</sup>. Maria Cristina Troncoso Ribeiro Pessoa, Dsc

Prof. Guilherme Carlos Lassance dos Santos Abreu, DSc

Rio de Janeiro

2008

Vieira, Valéria Michielin.

Contribuição da Arquitetura na qualidade dos espaços destinados aos laboratórios de contenção biológica/  
Valéria Michielin Vieira.-Rio de Janeiro: UFRJ/FAU,2008.  
xvii, 223f.:il.; 31 cm.

Orientadora: Mônica Santos Salgado

Tese (doutorado) - UFRJ/Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Programa de Pós-graduação em Arquitetura,2008.  
Referências Bibliográficas:f.198-209.

1.Avaliação de desempenho. 2.Biossegurança.  
3.Laboratórios de contenção. 4.Processo de projeto.  
I.Salgado, Mônica Santos. II.Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura.  
III.Contribuição da Arquitetura na qualidade dos espaços destinados aos laboratórios de contenção biológica.



## Resumo

### CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA NA QUALIDADE DOS ESPAÇOS DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS DE CONTENÇÃO BIOLÓGICA

Valéria Michielin Vieira

Prof<sup>a</sup>. Mônica Santos Salgado - orientadora

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura.

Esta pesquisa foi desenvolvida tendo como objeto de estudo as instalações para trabalho em contenção biológica - laboratórios NB3. Neste contexto, os requisitos de biossegurança, como disciplina, devem ser incorporados ao processo de projeto como parte do conjunto sistematizado das necessidades de uso que nortearão as decisões a serem tomadas pelos projetistas, atentando-se, ainda, para as questões de biosseguridade. As diretrizes de projeto, organizadas a partir de consulta à bibliografia especializada e regulamentações identificadas, foram utilizadas como critério de desempenho na realização de avaliação pós-ocupação em laboratórios NB3 construídos no Brasil. O processo de projeto de instalações laboratoriais é complexo e demanda a compreensão dos diversos fenômenos envolvidos, caracterizando-se pela multidisciplinaridade. Assim, a Arquitetura não deve atuar de forma isolada, mas à luz de abordagens que reconheçam as interseções com outras áreas do conhecimento e possam melhor responder às necessidades que emergem. A biossegurança é a disciplina que permeia a consolidação de uma Arquitetura voltada para laboratórios.

Palavras-chave: avaliação de desempenho, biossegurança, laboratórios de contenção, processo de projeto.

Rio de Janeiro  
Fevereiro - 2008



# Abstract

## ARCHITECTURE'S CONTRIBUTION TO THE QUALITY OF SPACES DESTINED TO BIOLOGICAL CONTAINMENT LABORATORIES

Valéria Michielin Vieira

Prof<sup>a</sup>. Mônica Santos Salgado - orientadora

*Abstract* da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura.

The research was developed to study facilities used to work under biological containment - BSL 3 laboratories. In this context, biosafety guidelines must be incorporated to the design process as part of the set of users' needs and priorities that will guide design decisions taken by professionals, who must attempt to questions related to biosecurity too. The design guidelines, organized after consultation to specialized bibliography and identified normalization, were used as performance criteria to a post-occupancy evaluation undertaken in BSL 3 laboratories built in Brazil. The design process of containment facilities is complex, involves different phenomena and, as a consequence, is characterized as multidisciplinary. In this way, the Architecture must approach other knowledge areas to answer necessities of use. Biosafety is the discipline that permeates the consolidation of a laboratory Architecture field.

Key words: building performance evaluation, biosafety, laboratories of containment, design process.

Rio de Janeiro  
Fevereiro - 2008



## Apresentação

Algumas palavras ...

... àqueles que têm demonstrado curiosidade em saber o interesse que moveu uma engenheira a se enveredar pelos caminhos da Arquitetura.

É parte da história de vidas que se cruzaram na Fiocruz de 1997 em diante.

Tudo começou com uma dúvida sobre produto químico perigoso manipulado em laboratório, depois vieram os radiosótopos e, por fim, a biossegurança.

Quando nos demos conta, já éramos um grupo multidisciplinar institucionalizado na CIBio/IOC que se reunia para “pensar” o projeto: engenheiros de segurança do trabalho, engenheiro biomédico, médico de saúde do trabalhador, médico veterinário e arquitetos.

Os colegas arquitetos instaram que escrevesse esta tese para compartilhar com outros, de forma acadêmica, nossas experiências de trabalho.

Chegamos juntos ao fim da jornada, com uma troca gratificante. Hoje, eles são titulados especialistas em Engenharia de Segurança do Trabalho.



## Agradecimentos

À professora Mônica Santos Salgado, pelo desafio em orientar-me e pela confiança demonstrada ao longo da condução do trabalho.

Aos professores do PROARQ e funcionários da secretaria acadêmica, pela dedicação durante o curso.

À Coordenação de Saúde do Trabalhador da Fiocruz, em especial a Jorge Machado, pela oportunidade que me foi concedida para desenvolver esta etapa de minha vida profissional e acadêmica.

Às amigas Cristina, pelo incentivo decisivo no início desta jornada, e Renata, pela inestimável presteza e incansável dedicação durante seu desenrolar.

A Alex, Camila e Stevan, que se desdobraram na produção das ilustrações; Adriano, Bel, Marta e Miranda, prestativos com o material bibliográfico; Fátima, Rita, Romildo, Silmara e Solange por suas palavras de estímulo. Aos colegas de turma e amigos que, por lapso, deixo de mencionar e que colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização deste estudo.

A Dr. Hermann Schatzmayr, virologista da Fiocruz, encorajador dos trabalhos acadêmicos que tenham por objeto de estudo os laboratórios - lugar de desenvolvimento da ciência.

A Martinelli, pelo apoio durante o ano de 2006.

A Eliane, pela certeza da chegada.



# Dedicatória

À minha mãe, por seus sonhos, e a meu pai.

# Sumário

<b>Lista de quadros</b>	xiii
<b>Lista de figuras</b>	xiv
<b>Lista de siglas e abreviaturas</b>	xvi
<b>Introdução</b>	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Do paradigma pasteuriano ao conceito de biossegurança: a demanda por soluções espaciais</b>	9
1.1 O desenvolvimento das ciências médicas	11
1.2 A influência da revolução pasteuriana na arquitetura: breve histórico	12
1.3 Manguinhos: marco da consolidação da nova medicina no Brasil	16
1.4 Biossegurança: conceito e abrangência	21
1.4.1 Riscos químicos	26
1.4.2 Transmissão de energia: riscos físicos	26
1.4.3 Riscos ergonômicos e riscos de acidentes	27
1.4.4 Riscos biológicos e princípios de biossegurança	29
1.5 Biossegurança em laboratórios e arquitetura	31
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Arquitetura de laboratórios NB3</b>	34
2.1 Localização e acesso	38
2.2 Perímetro de contenção	40
2.3 Provisão de utilidades e serviços	42
2.4 Requisitos de conforto ambiental	44
2.4.1 Cor como efeito de iluminação	46
2.5 Considerações sobre o leiaute para o trabalho em contenção	50
2.6 Superfícies, revestimentos e mobiliário	59
2.7 Sistemas de ventilação e climatização	64
2.7.1 Importância da compatibilização do projeto com a instalação das CSB	65
2.8 À guisa de conclusão	68

### Capítulo 3

<b>Processo de projeto de laboratórios: o conceito de biossegurança como ponto de inflexão</b>	69
3.1 Gestão integrada de projetos: qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacionais	71
3.1.1 Gestão da qualidade - SGQ	71
3.1.2 Gestão ambiental - SGA	72
3.1.3 Gestão de saúde e segurança ocupacionais - SGSSO	74
3.1.4 Sobre o sistema de Gestão Integrada	76
3.1.5 Certificação, acreditação e habilitação: gestão da qualidade em laboratórios	77
3.2 Processo de projeto, inter e multidisciplinaridade	82
3.3 Processo de projeto de laboratórios	90
3.4 Processo de projeto e avaliação de desempenho	98
3.5 Breves considerações sobre os métodos de pesquisa	103
3.6 Elaboração dos instrumentos de pesquisa: metodologia para avaliação de laboratórios de contenção biológica	106
3.6.1 Levantamento sistematizado e dados quantitativos	106
3.6.2 Entrevista com os usuários	107
3.6.3 Entrevista focalizada com os projetistas	108
3.6.4 Organização dos instrumentos de avaliação: organização do caderno de pesquisa de campo	109

### Capítulo 4

<b>Indicadores da margem de incerteza das decisões arquitetônicas para laboratórios NB3 a partir de estudo de casos</b>	110
4.1 Determinação do universo de pesquisa e delimitação da amostra	111
4.2 Caracterização do usuário respondente	116
4.3 Estudo de casos: medidas observáveis de desempenho das instalações versus percepção dos usuários	116

4.3.1	Laboratório NB3 - Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães - CPqAM	118
4.3.2	Laboratório NB3 - Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos - Biomanguinhos	131
4.3.3	Laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo	139
4.3.4	Laboratório NB3 de baixo custo - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo	149
4.3.5	Laboratório de AIDS e Imunologia Molecular - Instituto Oswaldo Cruz	157
4.3.6	Laboratório de Referência Nacional para Rickettioses e Regional para Hantavirose - Instituto Oswaldo Cruz	168
4.4	Resultados da pesquisa por sugestão visual	177
4.5	A visão do projetista	179
4.6	Discussão dos resultados: a percepção do usuário e a avaliação de desempenho	181
	<b>Conclusão</b>	191
	<b>Referências bibliográficas</b>	198
	<b>Bibliografia</b>	207
	<b>Anexos</b>	
	Anexo I - Caderno de pesquisa de campo	210
	Anexo II - Laboratórios NB3 instalados no Brasil	221



## Lista de quadros

<b>Quadro 1</b>	Classificação de risco dos agentes patogênicos	24
<b>Quadro 2</b>	Classes de risco biológico e níveis de biossegurança laboratorial	34
<b>Quadro 3</b>	Resumo dos requisitos para área física e instalações conforme Nível de Biossegurança (NB1 a NB4)	37
<b>Quadro 4</b>	Matriz de localização e acesso de laboratórios NB3	39
<b>Quadro 5</b>	Matriz do perímetro de contenção para laboratórios NB3	42
<b>Quadro 6</b>	Matriz de utilidades e serviços para laboratórios NB3	43
<b>Quadro 7</b>	Matriz de revestimentos e mobiliário para laboratório NB3	60
<b>Quadro 8</b>	Materiais e revestimentos	63
<b>Quadro 9</b>	Matriz de ventilação e climatização para laboratórios NB3	65
<b>Quadro 10</b>	Identificação dos riscos potencialmente presentes em laboratório	97
<b>Quadro 11</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 do CPqAM	123
<b>Quadro 12</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 de Biomanguinhos	135
<b>Quadro 13</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien	143
<b>Quadro 14</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP	152
<b>Quadro 15</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 do IOC para trabalho com HIV	161
<b>Quadro 16</b>	Cores empregadas no laboratório NB3 do IOC para trabalho com hantavírus	171
<b>Quadro 17</b>	Tabulação do questionário fechado	182



## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Implantação original do Instituto Soroterápico	18
<b>Figura 2</b>	Laboratório principal	19
<b>Figura 3</b>	Interior do laboratório principal	19
<b>Figura 4</b>	Ciclo da contenção	30
<b>Figura 5</b>	Planejamento em módulos	52
<b>Figura 6</b>	Estruturação de laboratórios NB3	53
<b>Figura 7</b>	Área de contenção para uso de uma CSB	55
<b>Figura 8</b>	Área de contenção para uso de duas CSB	55
<b>Figura 9</b>	Laboratório NB3 com ante-sala como zona de acesso	58
<b>Figura 10</b>	Laboratório NB3 com ante-sala como zona de acesso	58
<b>Figura 11</b>	Leiaute de laboratório com ante-sala como zona de acesso	58
<b>Figura 12</b>	Laboratório NB3 com corredor como zona de acesso	58
<b>Figura 13</b>	Leiaute de laboratório NB3 com corredor como zona de acesso	58
<b>Figura 14</b>	Laboratório NB3 com laboratório NB2 como acesso	58
<b>Figura 15</b>	Laboratório NB2 como zona de acesso à área de contenção	58
<b>Figura 16</b>	Laboratório NB3 tipo suíte	58
<b>Figura 17</b>	Leiaute de laboratório NB3 tipo suíte	58
<b>Figura 18</b>	Conceituação do subsistema projeto	84
<b>Figura 19</b>	Chaves para o projeto de laboratórios NB3	95
<b>Figura 20</b>	Modelo do processo de avaliação de desempenho de edifícios	101
<b>Figura 21</b>	Distribuição de laboratórios NB3 por estado	113
<b>Figura 22</b>	Distribuição geográfica da amostra	115

<b>Figura 23</b>	Tomada da área de contenção do laboratório NB3 do CPqAM	122
<b>Figura 24</b>	Setorização do laboratório NB3 do CPqAM	126
<b>Figura 25</b>	Área desperdiçada como circulação no NB3 do CPqAM	129
<b>Figura 26</b>	Comparação das salas de maior contenção com o módulo básico	130
<b>Figura 27</b>	Vista interior do NB3 de Biomanguinhos	136
<b>Figura 28</b>	Setorização do laboratório NB3 de Biomanguinhos	137
<b>Figura 29</b>	Vista de atividades no interior do laboratório NB3 do ICB/USP	143
<b>Figura 30</b>	Setorização do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien	146
<b>Figura 31</b>	Vista do interior do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien	147
<b>Figura 32</b>	Tomada do interior do laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP	153
<b>Figura 33</b>	Setorização do laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP	154
<b>Figura 34</b>	Área de contenção do Laboratório de AIDS e Imunologia Molecular do IOC	162
<b>Figura 35</b>	Setorização do laboratório NB3 para pesquisa em AIDS do IOC	163
<b>Figura 36</b>	Interior do laboratório para pesquisa em rickettioses do IOC	172
<b>Figura 37</b>	Setorização do laboratório para pesquisa em rickettioses do IOC	174
<b>Figura 38</b>	Projeto de ventilação executado sem compatibilização	176
<b>Figura 39</b>	Projeto de intervenção para correção	177
<b>Figura 40</b>	Sobreposição das figuras 38 e 39	177

## Lista de siglas e abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADE	Avaliação de Desempenho de Edifícios
AIDS	Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APO	Avaliação Pós-Ocupação
ASHRAE	<i>American Society of Heating and Ventilating Engineers</i>
BPF	Boas Práticas de Fabricação
BPL	Boas Práticas de Laboratório
BS	<i>British Standards</i>
CDC	<i>Center for Disease Control and Prevention</i>
COC	Casa de Oswaldo Cruz
CPqAM	Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães
CSB	Cabine de Segurança Biológica
CGLAB	Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública
CIBio	Comissão Interna de Biossegurança
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CTBio	Comissão Técnica de Biossegurança da Fundação Oswaldo Cruz
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
DAD	Departamento de Arquivo e Documentação
DICLA	Divisão de Credenciamento de Laboratórios e de Provedores de Ensaio de Proficiência
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
HEPA	<i>High efficiency particulate air</i>
ICB	Instituto de Ciências Biológicas
IOC	Instituto Oswaldo Cruz
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IN	Instrução Normativa

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LAMEV	Laboratório de Metrologia e Validação
LATEV	Laboratório de Tecnologia Viroológica
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
MS	Ministério da Saúde
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NB	Nível de Biossegurança
NBR	Norma Brasileira
NESC	Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva
NR	Norma Regulamentadora
OECD	Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento
OGM	Organismo geneticamente modificado
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RDVG	Rede de Diversidade Genética em Vírus
SARS	SARS - Síndrome Respiratória Aguda
SGA	SGA - Sistema de Gestão Ambiental
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SGSSO	Sistema de Gestão em Saúde e Segurança Ocupacionais
SISLAB	Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo
WHO	<i>World Health Organization</i>



# Introdução

O desenvolvimento das atividades de pesquisa de base biológica tem nos laboratórios o seu principal *locus* como espaço construído.

A qualidade destes ambientes, em especial dos laboratórios de contenção biológica, 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.

Para que laboratórios novos e existentes operem em segurança, é necessário planejar a sua implantação e adequação física. É importante identificar os aspectos que interferem de forma positiva ou negativa no desenvolvimento das atividades de pesquisa realizadas nestes espaços para se obter subsídios e evitar que as falhas observadas se repitam no processo de produção de novas instalações com características similares ou que possam ser corrigidas nos laboratórios existentes.

## **Relevância do estudo**

A iniciativa de eleger os laboratórios de Nível de Biossegurança 3 (NB3) para o estudo deve-se ao interesse em colaborar para superação das dificuldades encontradas no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia em que a antecipação e reconhecimento dos riscos para trabalho em contenção biológica são decisivos para a qualidade dos resultados.

Instalações deste porte são cada vez mais necessárias face ao surgimento de doenças emergentes e reemergentes, como apontam Navarro et al. (2002, p.37) ao relacionarem a problemática associada ao aumento da resistência dos agentes infecciosos. Segundo os autores, a "preocupação com estes fatos desencadeou ações enérgicas, direcionadas à contenção de doenças transmissíveis, culminando na criação do conceito de doenças emergentes e reemergentes". No

primeiro grupo enquadram-se aquelas causadas pela introdução de novos organismos, como o HIV, ou patógenos reconhecidos, mas não detectados previamente, como o hantavírus. São classificadas como "re-emergentes" as doenças conhecidas que ressurgem após o declínio ou controle de sua incidência, como a tuberculose e a dengue. Observe-se que esta última patologia recrudescer no país com a volta do vetor *Aedes aegypti* erradicado na década de 30 como resultado das ações de combate à febre amarela. A volta desta condição sanitária desfavorável possibilitou que tipos mais virulentos deste arbovírus causador da dengue emergissem no país, como também a ocorrência de óbitos por febre amarela adquirida nas regiões endêmicas.

Levando-se em consideração o surto da síndrome respiratória aguda grave (SARS), em 2004, os casos de febre maculosa, a gripe aviária potencialmente transmissível aos humanos que nos dias atuais ainda paira como ameaça, os atos de bioterrorismo pela propagação dos esporos do *Bacillus anthracis*, a ameaça de guerra biológica pela disseminação do vírus causador da varíola considerado banido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) desde 1980, a existência de patógenos de interesse econômico que podem dizimar regiões ou até mesmo países pela destruição de rebanhos, como o vírus da aftosa, ou lavouras, como o fungo da vassoura de bruxa, é oportuno destacar o trecho do artigo *The origin of plagues: old and new* (KRAUSE, 1992) tido como um clássico:

Uma nova epidemia pode estar sendo incubada agora mesmo em uma mega cidade, sem saneamento e superpovoada, do mundo não desenvolvido ou nas florestas remotas da África, da América ou Ásia - regiões esparsamente povoadas que recentemente têm sido alteradas pela civilização moderna.

Agentes biológicos podem ressurgir sob novas ou antigas formas. Os surtos de doenças podem acontecer devido a mudanças no estilo de vida, como o crescente número de deslocamento internacionais que possibilita a disseminação quase instantânea de microorganismos, minimizando a importância de fronteiras geográficas. Ou então serem frutos de variações genéticas. Ao conectar o futuro com o passado, as epidemias trazem lições, demandando ações de vigilância e prevenção.

Navarro et al. (2002, p.46) destacam que a rede mundial de vigilância epidemiológica, preconizada por organismos internacionais como o *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), precisa ser apoiada por "instituições de excelência capazes de assegurar a necessária retaguarda de pesquisa e desenvolvimento tecnológico". Fica assim demonstrada a imperiosa necessidade de se construírem instalações que possibilitem o desenvolvimento de atividades de pesquisa e diagnóstico microbiológico em condições de segurança individual e ambiental para manipulação de agentes patogênicos, aos quais são associadas graves enfermidades, em função dos riscos que lhes são potencialmente peculiares dentro de escalonamento estabelecido por autoridades sanitárias internacionais.

No Brasil, desde 2004 a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS), vem implantando a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública de Nível de Biossegurança 3, que será referência para a OMS na América Latina. Os laboratórios, em número de 12 (doze), foram distribuídos de acordo com critérios epidemiológicos, de capacidade técnica já instalada, demanda e região geográfica e, considerando-se o potencial projetado, ainda não entraram em plena operação. Entende-se que a instalação de laboratórios de contenção biológica está estrategicamente inserida nas políticas públicas de saúde de vigilância em doenças emergentes e reemergentes. Assim, o momento é oportuno estudar as instalações NB3 desde sua concepção até seu efetivo desempenho.

### **O problema**

Considerando uma instalação NB3 um sistema ambiental construído, é necessário identificar as variáveis que o afetam e definir suas inter-relações com as questões de biossegurança com fins diagnósticos em relação ao desempenho do bem construído. Esse diagnóstico pode efetivamente auxiliar no planejamento, projeto, construção, operação, uso e manutenção de um ambiente saudável, adequado ao desenvolvimento de atividades de modo sustentável.

A avaliação de desempenho de laboratórios para trabalho em contenção biológica não é um procedimento trivial pois deve ser

elaborado considerando elementos que interagem entre si, incluindo parâmetros objetivos e subjetivos.

Na esfera da subjetividade, é oportuno lembrar que associada à dificuldade de avaliação dos riscos biológicos se encontra uma atitude psicológica de ideologia defensiva do trabalho (por pesquisadores e técnicos). A mistificação da atividade de pesquisa se reveste de certo caráter de aventura e essa ideologia faz com que se desenvolva um *savoir-faire* de prudência, que rapidamente pode expor seus limites de eficácia (SIMONS, 1991). Esta abordagem do comportamento humano dos usuários em relação ao ambiente construído e às atividades ali desenvolvidas se traduzem na necessidade de bem ponderar as relações no âmbito do espaço pessoal e da territorialidade, posto que podem influenciar no resultado da avaliação de desempenho.

Quanto à avaliação de infra-estrutura laboratorial, devem ser considerados os aspectos construtivos, funcionais, físicos e comportamentais que reúnem tanto variáveis objetivas como subjetivas em virtude da ocupação humana do ambiente construído. Acresça-se a possibilidade da técnica de trabalho exigir rigor na aplicação de alguns parâmetros a ponto de afetar de forma negativa os ocupantes do espaço construído. Como exemplo pode-se citar o próprio nível de contenção inerente à caracterização de um laboratório NB3, exigência que pode provocar em técnicos e pesquisadores a sensação de confinamento.

Há ainda que se considerar o arcabouço legal e normativo condicionante do processo de projeto, em geral. Em se tratando de ambientes de saúde, em particular, estes diplomas precisam ser mediados pelos aspectos de biossegurança. Para tanto foi necessário pesquisar o conjunto de leis, normas e diretrizes existentes que se encontrava disperso e, por vezes, não se aplicava diretamente a laboratórios, precisando, ainda, ser buscado junto a organismos internacionais e de outros países.

## **Justificativa**

No Brasil, verifica-se que há carência de trabalhos sobre arquitetura de laboratórios na esfera acadêmica e são poucas as publicações sobre este assunto. Concentram-se em eventos científicos na área de biossegurança e são incipientes nos encontros onde a temática principal é a arquitetura ou construção civil. Já em outros países, encontra-se uma cultura consolidada, com publicações periódicas que tratam especificamente de projetos de laboratórios, edição anual de coletânea com artigos sobre o tema, conferências semestrais específicas e mesmo concursos anuais para premiar os melhores projetos de laboratórios, iniciativas patrocinadas pelo setor de pesquisa e desenvolvimento, com arquitetos e engenheiros se apresentando como especialistas em biocontenção quando se trata de laboratório para pesquisa biológica.

Desta forma, espera-se que a realização deste trabalho possa contribuir para a consolidação de estudos acadêmicos sobre arquitetura de laboratórios, firmando-se conceitos sobre o projeto de espaços destinados a abrigar a pesquisa sob contenção biológica, os laboratórios NB3, com qualidade.

## **Objetivos**

O objetivo final deste trabalho é analisar laboratórios NB3 em uso no Brasil considerando aspectos relativos à qualidade dos ambientes construídos destinados à pesquisa em contenção biológica e, assim, identificar a contribuição que as soluções arquitetônicas podem trazer a estes espaços, levando-se em conta as diretrizes de biossegurança.

Como objetivos específicos, é necessário identificar parâmetros normalmente adotados em projetos desta natureza, estabelecendo-se quais diretrizes se revestem de caráter mandatário.

Desta forma, procura-se determinar, como referencial teórico, as diretrizes de projetos de laboratórios NB3 a partir da bibliografia especializada, consolidando ferramentas que auxiliem os profissionais de arquitetura na concepção de ambientes afins.

Assim, na busca dos objetivos deste trabalho, é necessário realizar levantamento sobre diretrizes para elaboração de projetos de arquitetura e engenharia destinados à construção de laboratórios de contenção biológica a partir da aplicação dos princípios de biossegurança ao processo de projeto.

A seguir, explorar o processo de projeto de laboratórios de contenção com foco na gestão integrada e sua relação com o conceito de biossegurança e respectivas ilações com qualidade, segurança ambiental e segurança ocupacional. Através deste viés busca-se constatar a multidisciplinaridade que envolve o processo de projeto de laboratórios NB3.

### **Hipóteses**

Vislumbrando-se atingir os objetivos propostos, para conduzir a pesquisa foram formuladas as seguintes hipóteses:

H1: Através da interpretação do conceito de biossegurança é possível estabelecer diretrizes de projeto para laboratórios NB3.

H2: A qualidade de instalações NB3, como sistema ambiental construído, pode ser aferida através da avaliação de desempenho de laboratórios.

H3: A avaliação de desempenho de laboratórios NB3 deve ser pautada por parâmetros de biossegurança.

H4: Nem todas as decisões de arquitetura para projetos de laboratórios NB3 são condicionadas pelas diretrizes de biossegurança.

Estas hipóteses são formuladas a partir dos objetivos tratados anteriormente e considera-se que a resposta ao conjunto de hipóteses responderá aos propósitos da pesquisa.

### **Metodologia**

Para a classificação da pesquisa, foi adotada a taxonomia proposta VERGARA (1997).

Quanto aos fins, a pesquisa é tanto descritiva, pois discorre sobre condicionantes para projeto de laboratórios NB3, quanto analítica. Do ponto de vista analítico, estuda-se de forma crítica as instalações de laboratórios em uso empregando-se técnicas de avaliação pós-ocupação para estudo do seu desempenho.

Já quanto aos meios, a pesquisa se vale da investigação documental e bibliográfica e da pesquisa de campo.

A pesquisa de campo se deu no universo de laboratórios de contenção biológica, entendidos como aqueles que se destinam a pesquisas básicas e aplicadas no campo da saúde, da educação e do desenvolvimento científico e tecnológico.

A pesquisa documental permitiu a construção do arcabouço teórico que embasou a pesquisa de campo. Esta, por sua vez, permitiu o levantamento dos dados para a análise proposta.

O tratamento dos dados se deu através da análise e interpretação do material recolhido através da pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e da pesquisa de campo.

A principal limitação do método foi quanto à obtenção dos dados da pesquisa de campo, que dependeu de acesso a instalações de laboratórios, situação restritiva face aos riscos apresentados pelos agentes biológicos ali manipulados em nível de contenção.

Para fundamentar a discussão dentro da realidade brasileira, foi realizado estudo de casos para se conhecer o estado-da-arte dos laboratórios NB3 em uso no país, medindo-se seu desempenho.

Assim, primeiramente, foi necessário estabelecer o marco teórico sobre diretrizes para elaboração de projetos de arquitetura e engenharia destinados à construção de laboratórios NB3 a partir da aplicação dos princípios de biossegurança ao processo de projeto.

A seguir, as diretrizes foram tratadas como dados de entrada e aplicadas em metodologia para avaliação de desempenho de instalações dessa natureza, conduzindo-se estudo de casos.

Como um dos resultados, espera-se determinar o estado-da-arte das instalações existentes no Brasil, delineando-se a dinâmica que permeia o processo de projeto de laboratórios NB3.

Finalmente, explora-se o que é próprio às decisões de arquitetura no projeto de laboratórios para trabalho em contenção biológica.

### **Estrutura**

O capítulo I resgata o momento de fundação da microbiologia como ciência, quando as descobertas de Pasteur e cientistas contemporâneos acabaram por influenciar outras áreas do conhecimento, dentre as quais a arquitetura, no âmbito da saúde, e o urbanismo. O laboratório, com seus aparatos, consagra-se como *locus* de desenvolvimento da nova ciência. São explicados os aspectos conceituais ligados à biossegurança.

A partir das diretrizes de biossegurança, o capítulo II descreve o ambiente de laboratórios para pesquisa biológica em contenção, contemplando os aspectos construtivos, físicos e funcionais que os caracterizam.

O processo de projeto de laboratórios é abordado no capítulo III, explorando a multi e interdisciplinaridade da biossegurança como disciplina. O tema foi contextualizado à luz dos sistemas de gestão internacionalmente praticados e que estão conceitualmente vinculados à biossegurança por tratarem de meio ambiente, qualidade, e segurança e saúde ocupacionais. Trata da metodologia escolhida para a pesquisa prática, desenvolvida através da avaliação pós-ocupação, segundo critérios de desempenho estabelecidos a partir da compreensão do conceito de biossegurança.

O capítulo IV apresenta os laboratórios escolhidos para o estudo de casos, os resultados obtidos através da avaliação pós-ocupação, bem como a discussão dos resultados e conclusão do trabalho no segmento seguinte.



# Capítulo I

## Do paradigma pasteuriano ao conceito de biossegurança: a demanda por soluções espaciais

*É possível balizar a História através de grandes idéias.  
Ou é possível balizar a História por eventos econômicos.  
Ou pela luta de classes.  
Mas também é possível balizar a História por meio das  
doenças que acometem grandes grupos populacionais:  
as epidemias.  
Moacyr Scliar*

Na Antigüidade, os desastres naturais, os grandes incêndios, a fome provocada por insuficiência de alimentos e as epidemias eram compreendidos como expressão divina. Para revelá-los e prevê-los era necessário interpretar os sinais "sagrados" (THEYS apud FREITAS, 2003).

Desde o primeiro ato dirigido à domesticação, sujeição e subjogação da natureza, o homem demonstrou vontade de manipular e dominar o ambiente natural e a própria vida. No século XVI surge o termo francês *risque*, com a acepção de "perigo, inconveniente mais ou menos previsível", originário do italiano *rischio*, associado ao perigo da navegação marítima (HOUAISS, 2006). O vocábulo *risco*, como se conhece atualmente, provém da teoria das probabilidades e relaciona-se com a previsibilidade de ocorrência de certas situações ou eventos através do emprego de métodos matemáticos. Freitas (2003) lembra que o processo de laicização das situações e eventos tidos como perigosos é impulsionado a partir da Revolução Industrial. É transformado em "risco" - previsibilidade e probabilidade - e está relacionado à filosofia iluminista, ao fim das epidemias e à ciência e tecnologia, eixos das transformações na sociedade e na natureza. Conclui o autor que nesse processo, através do desenvolvimento científico e tecnológico e das conseqüentes transformações na sociedade, na natureza e na própria característica e dinâmica das

situações e eventos perigosos, o homem passa a ser responsável pela geração e remediação de seus próprios males.

Não obstante esta relação do homem com a natureza, ainda nos dias atuais um dos males que mais aflige a humanidade são os acontecimentos relacionados às doenças e epidemias. Segundo Moacyr Scliar (UJVARI, 2003, p.10), epidemia é a ocorrência dos casos de uma doença em número superior ao esperado, com base em cálculos, não em adivinhações. Assim, observa que, mesmo resignadamente, se aceita a ocorrência de doenças transmissíveis causadas por germes. Mas faz uma ressalva, porque quando a:

[...] doença se espalha de uma forma aparentemente sem controle, quando não se trata apenas de corpos individuais, mas do corpo social, estamos diante de uma situação nova e apavorante, uma situação capaz de levar o caos a cidades, a regiões, a países.

Ao longo de milhares de anos de civilização foram elaboradas diferentes teorias na tentativa de explicar o contágio e a disseminação das doenças. Enquanto os egípcios acreditavam na propagação da doença através do toque, os hebreus julgavam que a contaminação se dava pelo contato com roupas e objetos usados pelos enfermos. Na Grécia antiga, século V a.C., Hipócrates contribuiu para desvincular a causa das doenças das explicações dos deuses (UJVARI, 2003) difundindo que as doenças são ocasionadas pela natureza e que os sintomas são reações do organismo.

A despeito de apregoar a investigação prática e a desmitificação da medicina, o que certamente predominou no saber médico até a Idade Média foi a especulação em detrimento da observação (PIAZZO, 1997). Ujvari (2003) relaciona estudos realizados no decorrer do século XIX, na Europa, que sugeriam a hipótese de agentes vivos causarem doenças infecciosas. Mas por se tratarem de trabalhos isolados não causaram impacto no meio científico. A teoria dos miasmas, emanações a que se atribuíam a contaminação das doenças infecciosas e epidêmicas, triunfou como marco conceitual até as décadas finais do século XIX.

Em 1876, Koch publica os resultados dos trabalhos que desenvolvera, na Alemanha, através dos quais consegue provar que a

causa do *anthrax*<sup>1</sup> que vitimava os rebanhos bovinos, caprinos e eqüinos era um agente vivo - o bacilo. No ano seguinte Pasteur foi convidado pelo Ministério da Agricultura francês para colaborar no controle da doença. Em 1878, complementando os trabalhos de Koch, esclareceu pela primeira vez, a partir do bacilo do *anthrax*, o mecanismo de transmissão de uma doença e as medidas profiláticas (UJVARI, 2003).

Nesse momento ocorre a aceitação definitiva dos agentes infecciosos como causadores das doenças e se estabelece a medicina dos agentes patogênicos, processo que induziu a um novo saber e um novo olhar positivo sobre o homem - sujeito e objeto do conhecimento - inaugurando um discurso científico que determinava a utilização da fidelidade e da obediência incondicionais ao conteúdo da experiência (SILVA, 2001b).

Este corte epistemológico, ao ampliar o âmbito de circunscrição da ciência hipocrática, influenciaria outros ramos do conhecimento.

### **1.1 O desenvolvimento das ciências médicas**

Os estudos inovadores desenvolvidos por Pasteur, na França, foram agrupados sob a denominação de microbiologia e vieram a revolucionar a medicina. Surge um novo paradigma para essa ciência, que Benchimol (1990, p.7) assim sintetiza:

[...] no plano epistêmico, a novidade da revolução pasteuriana foi ter constituído objetos de ciência que não se identificam ao homem sofredor e doente da tradição médica neo-hipocrática; foi ter inaugurado disciplinas que transcorrem em outro lugar que não o hospital, segundo métodos e regras que não são os da cura. Disciplinas que se realizam num universo específico - o laboratório - onde a relação do cientista com o seu objeto é mediatizada por um conjunto cada vez mais complexo e sofisticado de técnicas e instrumentos. Suas experiências visam, é claro, a compreensão e erradicação da doença, quer seja no homem, nos animais ou mundo vegetal - mas esse é seu objetivo último, não sua causa ou motivação primeira. A relação entre o laboratório e a terapêutica não é imediata, sequer obrigatória para conferir legitimidade àquelas investigações mais puras do espectro das disciplinas que vão compor a chamada medicina experimental.

Através da experimentação, Pasteur pode revelar uma entidade viva, de natureza vegetal ou animal, suscetível de se desenvolver num meio propício, operando um fenômeno ao mesmo tempo químico e

<sup>1</sup> Ujvari (2003, p.173) destaca que, se por volta de 1870 "o anthrax preocupava os órgãos responsáveis pela pecuária das nações, no primeiro ano do século XXI cartas contaminadas com este agente deixariam em pânico a população dos Estados Unidos".

biológico - a fermentação. Posteriormente, Koch, em laboratório montado em sua própria casa, desenvolveu técnicas como a coloração dos microrganismos, fotografia microscópica e o exame com lente de imersão. A microbiologia acolhia o ser vivo como objeto pertinente de investigação.

O laboratório foi definitivamente consagrado como *locus* específico para geração de conhecimentos, considerados legítimos e relevantes independentemente de sua eventual utilidade imediata.

Porém, mais do que contribuir para a consubstanciação da microbiologia, as descobertas pasteurianas, ao transformarem profundamente a medicina, influenciaram o pensamento e as estruturas sociais da época. O novo paradigma impunha-se como modelo para a formação daqueles que se dedicavam à arte de curar e, a partir daquele momento, à ciência das doenças. A organização institucional da saúde pública foi reformulada à luz de novos parâmetros. A arquitetura dos hospitais ganhou nova conformação, sendo seus serviços, a indumentária e a prática dos cirurgiões redefinidos (BENCHIMOL, 1990).

## **1.2 A influência da revolução pasteuriana na arquitetura: breve histórico**

Até o século XVIII, os hospitais, geralmente mantidos por instituições religiosas de caridade, mais se assemelhavam a asilos de indigentes, com salas úmidas, escuras e lotadas, temidas como se fossem antecâmaras da sepultura (BENCHIMOL, 1990). Os doentes partilhavam leitos onde se misturavam os sexos, as idades e os males. Com altíssimos índices de mortalidade, sob o ponto de vista econômico os hospitais se constituíam em pesos inertes que favoreciam a reprodução da pobreza. Sob o ponto de vista médico configuravam-se como estruturas caducas que propiciavam a multiplicação da doença em seu interior e a proliferação delas no organismo urbano.

Ante a constatação de que a arquitetura hospitalar, embora solene, era inadequada, os hospitais são repensados em consonância com a corrente mecanicista dominante. Passam então ser concebidos

como máquinas de curar, onde as partes deviam interagir entre si (SILVA, 2001b).

Nesta época já eram conhecidos os experimentos de Lavoisier segundo os quais o oxigênio e o gás carbônico tinham papel na fisiologia da respiração: o pulmão desnaturava o ar vital (oxigênio) e restituía à atmosfera maior quantidade de mofeta (gás carbônico). Desta forma, o fundador da química moderna, ao decifrar o enigma da respiração, pôs por terra as tradicionais práticas de purificação e torna a renovação do ar um imperativo (BENCHIMOL, 1990). Jacques Tenon, médico francês, estudou minuciosamente os hospitais de sua época e chegou a estabelecer correlações rigorosas entre as necessidades quantitativas e qualitativas de cada organismo humano e as unidades espaciais por eles ocupadas (SILVA, 2001a).

Ao final do século XVIII surge a arquitetura pavilhonar (MIQUELIN, 1992), fundamentada no princípio da dispersão, pelo qual era necessário suprir os corpos doentes com quantidade suficiente do fluído vital (ar) a fim de se evitar o contágio pela impregnação dos miasmas. A medicina evolui e o hospital vai aos poucos abandonando o estigma de ser associado à pobreza e morte passando a ser local de aprendizado.

Mas a descoberta da transmissão dos germes, ao revolucionar todo o saber médico, reformula a concepção hospitalar. Os trabalhos de Pasteur demonstram a necessidade de isolar as diferentes doenças para combater os seus respectivos agentes etiológicos, bem como introduz os conceitos de desinfecção<sup>2</sup> e esterilização. Ao hospital higienista e sua arquitetura pavilhonar são incorporados os conceitos contemporâneos da teoria bacteriana pelos quais Pasteur demonstrou que as doenças eram causadas por micróbios que tanto podiam se propagar pelo ar atmosférico como pelas mãos de pessoas sãs ou mesmo objetos. Silva (2001b) registra que, embora permanecessem válidas as regras arquitetônicas do hospital pavilhonar, o ordenamento espacial já passara a atender os procedimentos de fluxos de materiais que entravam em contato com

---

<sup>2</sup> Lister, a partir dos estudos de Pasteur que demonstravam a transmissão de germes pelo ar, é o primeiro médico a empregar substâncias químicas, como o fenol, como método eficaz de anti-sepsia em ferimentos.

pacientes. Surgem outras regras de arquitetura tais como o arredondamento de cantos nas interseções entre paredes, piso e paredes, teto e paredes, banimento de decorações que formassem saliências e reentrâncias, adoção de materiais lisos e impermeáveis, resistentes à descontaminação e padronização de mobiliário hospitalar. Não se pode deixar de lembrar que, além da anti-sepsia, mais dois elementos de ordem tecnológica contribuíram para o desaparecimento do estigma hospitalar antigo: a anestesia e o desenvolvimento da enfermagem como profissão laica<sup>3</sup> (SILVA, 2001b).

É importante também registrar, dentre os avanços médicos e científicos da época, as descobertas dos raios X por Röntgen, em 1895, e das radiações ionizantes nucleares por Pierre e Marie Curie, em 1898, tecnologias que irão auxiliar não só na área de diagnóstico como também até hoje desempenham papel importante na pesquisa biomédica.

A revolução pasteuriana fez com que as ciências biológicas tivessem um grande impulso e desenvolvimento. Os estudos de medicina experimental avançaram céleres, muitos deles conduzidos pelo próprio Pasteur, demandando a necessidade de outros espaços para a realização das novas atividades científicas na área biomédica, tais como a identificação de agentes causadores de doenças, produção de vacinas e soros.

As transformações ocorridas no século XIX deflagraram as reformas urbanas das grandes metrópoles mundiais norteadas pelo mote da nova medicina, que através do binômio *saneamento-higiene* vislumbrava arredar o perigo das epidemias.

A concentração populacional nos centros das principais cidades, com casas e ruas estreitas e escuras, mal ventiladas e desprovidas de saneamento urbano, constituía um sério risco para o controle de epidemias que freqüentemente emergiam e afetavam, também, o desenvolvimento econômico.

---

<sup>3</sup> A organização da profissão de enfermagem como laica é atribuída a Florence Nightgale, que organizou o serviço de enfermagem e de ambulâncias para as tropas inglesas após a sua experiência na guerra da Criméia (1853-56), tendo fundado uma escola de enfermagem e publicado diversas obras sobre elementos mínimos necessários ao edifício hospitalar (SILVA, 2001b).

A cidade, que deveria espelhar o desenvolvimento dogmatizado pela revolução industrial, passa a ser o grande doente do momento e "os médicos saem de seus laboratórios, hospitais, universidades", chamados a cuidá-la, como um organismo canceroso (DEL BRENNNA, 1985, p. 570).

Como destaca Del Brenna (1985, p. 571), "qualquer que seja o remédio proposto, os ingredientes comuns são: aeração, ventilação, iluminação e limpeza", que justificavam as intervenções urbanísticas, por mais enérgicas que fossem. Assim, destruir adquire conotação positiva e passa a ser compreendida como "destruição do mal e seu veículo, a doença, que encarna as noções de obscuro, velho, feio, fechado, estreito, tortuoso, malcheiroso, impenetrável, sujo, sórdido, pobre, imoral".

Sob a égide da modernização e do desejo de superar o passado colonial, o Brasil, a partir da Proclamação da República, inicia um período de renovação urbana do qual se destaca a Reforma empreendida por Francisco Pereira Passos no Rio de Janeiro.

As intervenções urbanas e modernização de infra-estrutura das quais foram palco algumas cidades brasileiras ressonaram não apenas do sanitarismo, mas de um ideal de reprodução do cenário europeu, liderado pela elite urbana, "progressista, positivista, cosmopolita", em contraposição à "sociedade tradicional, de índole agrária e conservadora" (SEGAWA, 1999, p. 19).

Inspirados no modelo europeu e apostando na ciência e na técnica como instrumentos do progresso nacional, os engenheiros - componentes da elite intelectual brasileira - afirmavam-se como agentes deste processo de modernização. Dentre as atuações e contribuições da corporação, cabe ressaltar a figura do engenheiro Francisco Saturnino de Brito, considerado o fundador da engenharia sanitária brasileira (SEGAWA, 1999).

Os avanços da microbiologia deram nova forma à higiene e as moléstias passam a ser combatidas pelo emprego de soros, vacinas e medicamentos. A educação sanitária da população se desloca para o centro das atenções. Entretanto, não se pode deixar de reconhecer o

legado da mudança física dos ambientes, cujas obras de infraestruturação urbana tornaram-no salubre.

### **1.3 Manguinhos: marco da consolidação da nova medicina no Brasil**

Calmette (BENCHIMOL, 1990, p.12) registrou que, ao consagrar o laboratório como local do desenvolvimento das ciências biológicas, vanguarda do progresso, Pasteur profetizou que os mesmos seriam "templos do futuro, da riqueza e do bem-estar".

Fundado em 1888, o Instituto Pasteur pontuou o fechamento de um ciclo iniciado a partir das pesquisas de seu fundador que culminaram no domínio das doenças infecciosas e na delimitação do rico campo científico da microbiologia. Entretanto, no que concerne ao modelo de conhecimento e prática da investigação, o instituto fugia às regras dominantes do saber na Academia e na escola médica francesa - o que provocou uma verdadeira revolução científica.

Com estatuto próprio e autonomia administrativo-financeira, o instituto influenciou na criação, por todo o mundo, de estruturas semelhantes. A segunda característica do Instituto Pasteur, classificada como excêntrica por Benchimol (1990), era o fecundo consórcio entre pesquisa, produção e ensino, tripé ao qual seria agregado o hospital, selando as relações entre microbiologia e medicina humana.

A medicina pasteuriana se revelara útil para os interesses expansionistas da França, que criou instituições filiais em suas colônias na África e no Oriente. Também outros países criaram instituições assemelhadas para desenvolverem importantes pesquisas sobre as doenças tropicais.

Portanto, como era de se esperar, a arquitetura também teve que se desenvolver para acompanhar e atender as demandas da complexidade da microbiologia como ciência.

Cabe aqui um parêntese para exemplificar a complexidade das instalações físicas de instituições dedicadas ao vasto campo da pesquisa, produção, ensino e assistência terapêutica em ciências biológicas, demandando estudos de engenharia e arquitetura inéditos

para sua concepção e construção: a criação, em 1900, do Instituto de Manguinhos, no Rio de Janeiro, posteriormente batizado de Instituto Oswaldo Cruz em homenagem ao seu criador.

As semelhanças do instituto brasileiro com o Pasteur francês são nítidas, mas a adoção do novo paradigma no Brasil, com a institucionalização da medicina experimental, implicou na adaptação às condicionantes locais no que se refere não apenas à realidade geográfico-sócio-econômica do país, mas também à transposição de obstáculos políticos e culturais ao reconhecimento da ciência e tecnologia como alavancas do progresso de uma nação.

O Instituto Soroterápico de Manguinhos, fundado com o objetivo principal de preparar e distribuir soro antes que a peste bubônica chegasse ao Rio de Janeiro, vinda de Santos, seguia rigorosamente os princípios da medicina experimental de Pasteur.

Suficientemente afastado do então centro urbano para minimizar o risco que poderia advir do manuseio de material biológico contaminante, o instituto ocupou, provisoriamente, as instalações da Fazenda de Manguinhos. Seus laboratórios, inaugurados oficialmente em 23 de julho de 1900, situavam-se sobre duas colinas, distantes entre si aproximadamente 500 m. Numa colina, a mais alta, localizava-se o laboratório para fabricação do soro e na outra, o laboratório para cultura e preparo. Uma casa central e outras construções anexas compunham o laboratório principal (OLIVEIRA, 2003).

O laboratório principal era constituído de ambiente único para abrigar escritório e gabinete de microscopia na sala; no quarto ao lado funcionavam os vestiários; a varanda da frente servia de refeitório; entre as salas de visita e de jantar foram instalados dois compartimentos separados por um corredor fazendo às vezes de laboratório da peste e distribuição de soros e vacinas; a sala de jantar, por sua vez, era um imenso laboratório comum, com mesas revestidas de laca ou azulejos e providas de equipamentos tais como tromba d'água e maçarico; em três cômodos distintos estavam instalados o almoxarifado, a esterilização e a lavagem de vidrarias junto com a preparação de meios de cultura; na varanda de trás uma

autoclave a carvão de pedra e um alambique. Havia ainda as cocheiras e demais instalações de suporte para tratamento de animais e obtenção dos soros através de sangria (BENCHIMOL, 1990).

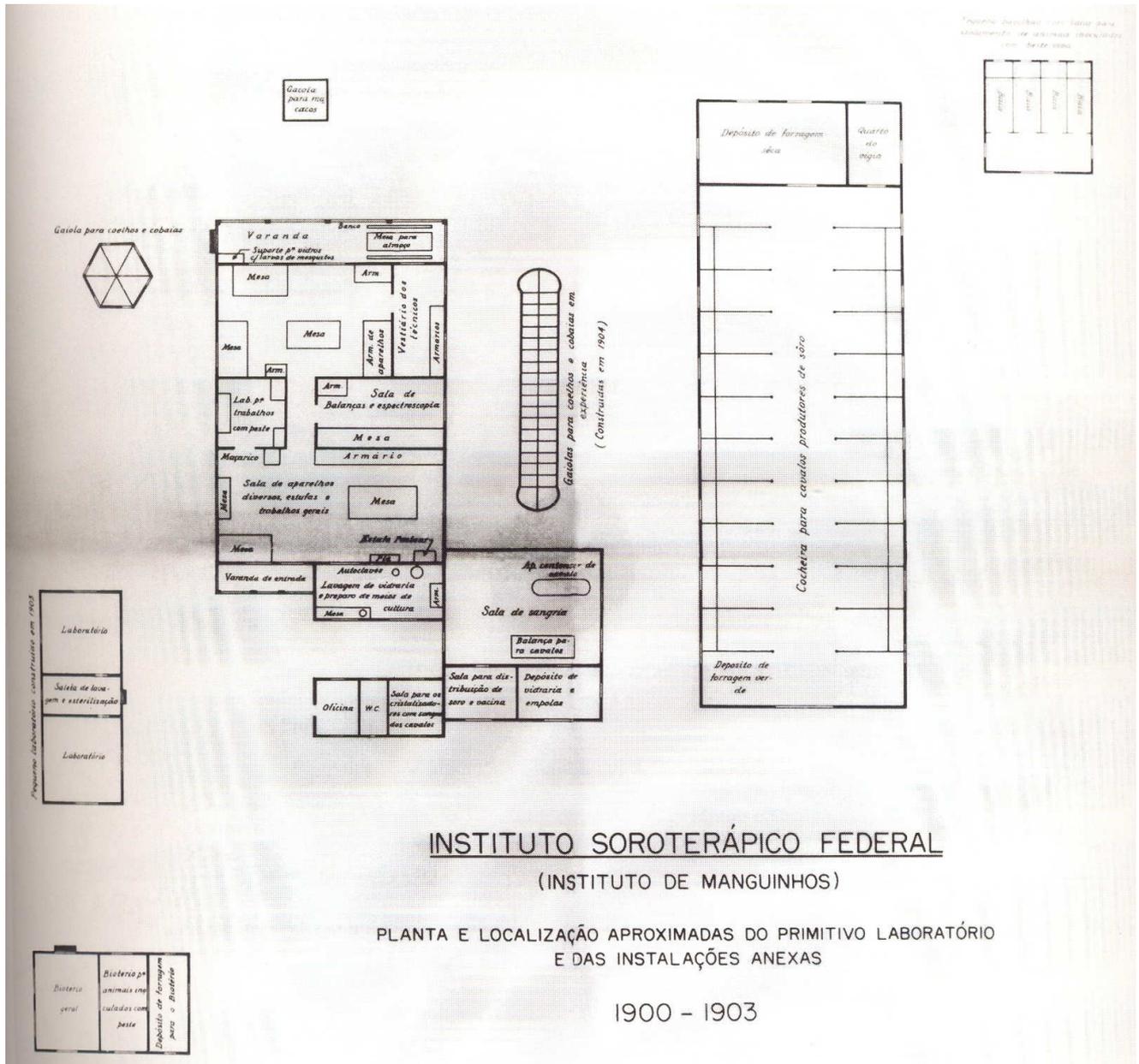


Figura 1- Implantação original do Instituto Soroterápico  
Fonte: DAD/FIOCRUZ



Figura 2 - Laboratório principal  
Fonte: DAD/FIOCRUZ

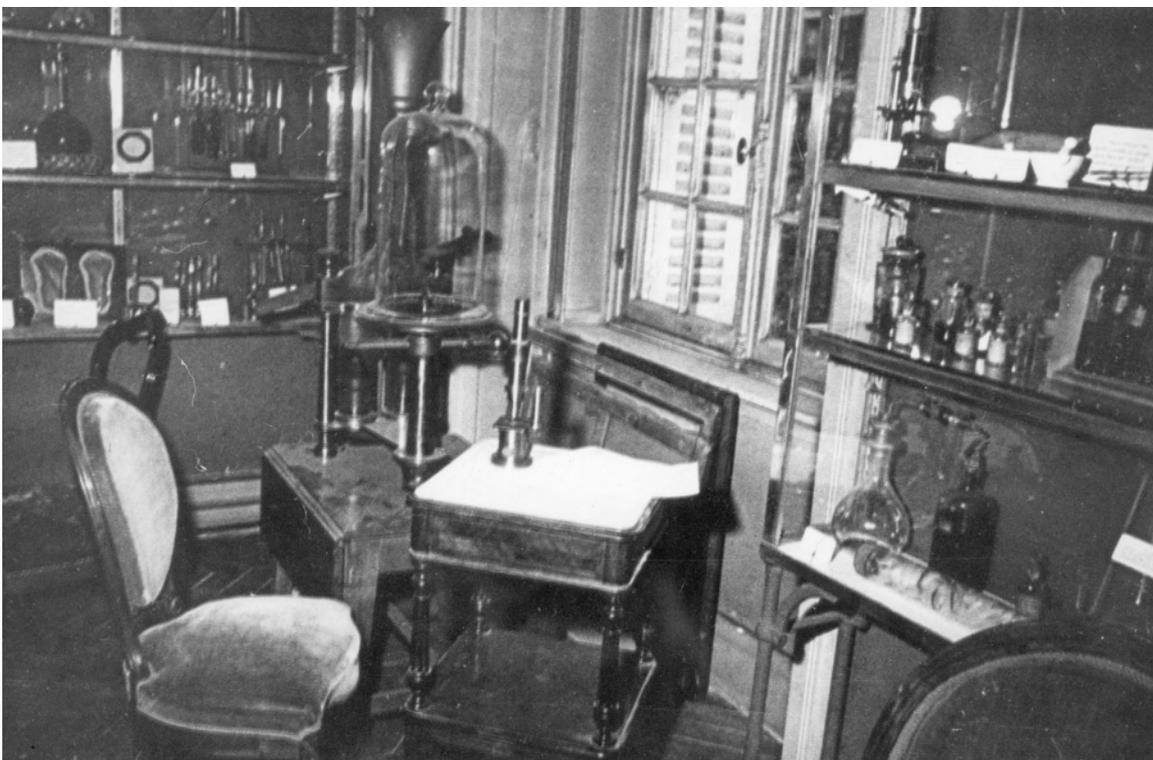


Figura 3 - Interior do laboratório principal  
Fonte: DAD/FIOCRUZ.

Posteriormente, as simplórias instalações, construídas em caráter emergencial, foram substituídas por ambicioso projeto do conjunto arquitetônico, concebido por jovem engenheiro português que aceitou o desafio - Luiz de Moraes Júnior - recebendo orientações do próprio Oswaldo Cruz, materializando seu sonho. Foi um dos raros artífices de seu tempo capaz de compreender as determinações da medicina pasteuriana, criando soluções originais para as complexas necessidades requeridas pelo laboratório, hospital e demais unidades componentes, sem precedentes até então em nossa arquitetura. Sua obra era pautada na dicotomia entre a exuberância decorativa das fachadas e o despojamento dos interiores (BENCHIMOL, 1990), que transparece sobremaneira no prédio principal do Instituto - o castelo mourisco - contrastando a profusa decoração de alguns de seus ambientes com a simplicidade de tantos outros, decorrente do uso para qual o espaço era concebido. Os estuques e mosaicos são constantes no hall e patamares, varanda e biblioteca, mas totalmente ausentes nos laboratórios. Estes últimos eram caracterizados pela mais absoluta funcionalidade, seguindo as rigorosas normas de assepsia e desinfecção que, desde Pasteur, dominavam a arquitetura biomédica.

Algumas destas normas, que tinham como objetivo neutralizar o risco de contágio pelos morbígenos, eram até mesmo anteriores a Pasteur, especialmente as que ditavam a facilitação da circulação do ar. Segundo esta lógica, a localização dos laboratórios nos pavimentos de maior pé direito e a disposição de grandes janelas, demonstravam a preocupação com o arejamento do ambiente, assim como as paredes lisas e desprovidas de ornamentos, cujos cantos com acabamento arredondado denotavam a preocupação de impedir o acúmulo de poeiras e contaminantes.

É importante ressaltar a dimensão arquitetônica do complexo instalado em Manguinhos, para o qual foram concebidos detalhados projetos para abrigar: a cavalaria destinada às inoculações virulentas e outras operações com animais de grande porte visando a obtenção de soros, provida de sistemas automatizados e instalações engenhosas tanto do ponto de vista da assepsia e até mesmo ambiental com o aproveitamento dos refugos animais; o pavilhão da peste para

preparação do soro antipestoso com isolamento de todas as atividades relativas ao bacilo da peste; o pavilhão de medicamentos oficiais; o aquário com piscinas para cultura de animais de água doce e salgada, esta última em contato direto com o mar; o pombal, biotério para pequenos animais; e também o hospital. Mas os laboratórios do prédio principal foram concebidos e construídos de maneira relevante considerando, em termos arquitetônicos, os meios para abrigar toda a tecnologia disponível à época: sistema elétrico independente; sistema de fechamento automático contra a luz exterior na sala de projeções; bomba de sucção de poeira em ramificado por todos laboratórios; sistema telefônico e sistema radiotelegráfico<sup>4</sup>; ozonificador de água; aparelhos para registro de temperatura de todas as dependências; termômetros elétricos capazes de acionar campainhas, bombas, ventiladores, etc, conforme leituras registradas; e, sistema de refrigeração (BENCHIMOL, 1990).

O advento da microbiologia pasteuriana demandou respostas através de nova concepção arquitetônica visando a mais completa possível esterilização dos ambientes de trabalho destinados a abrigar os estudos e a terapêutica das doenças quanto aos agentes biológicos.

#### **1.4 Biossegurança: conceito e abrangência**

Os riscos, de forma geral, permeiam o ambiente ocupacional. Já em 1700, o médico italiano Ramazzini catalogou uma série de doenças após acrescentar à anamnese médica a pergunta: - Qual é a sua arte?, estabelecendo o nexos causal entre ofícios e patologias.

Com a Revolução Industrial e o estabelecimento das relações entre capital e trabalho, alguns setores organizados da sociedade começam a perceber a existência de doenças relacionadas à atividade laboral, devidas principalmente à exploração social do trabalho e submissão dos trabalhadores a condições extremamente adversas, insalubres e perigosas.

---

<sup>4</sup> Ainda antes da construção do complexo de Manguinhos, em 1905, quando o telégrafo anunciou o aparecimento do cólera morbus em Hamburgo, cidade com a qual o Rio de Janeiro mantinha relações portuárias, o então Instituto Soroterápico foi colocado sob prontidão para enfrentar a doença com os mesmos processos empregados na Alemanha (Benchimol, 1990).

Numa lenta evolução histórica iniciada na Inglaterra, a saúde ocupacional relacionada com a segurança no local do trabalho tem sido objeto de disciplina através de atos legais. Não obstante, embora a maioria dos estudos nas áreas de higiene e segurança ocupacional aponte que as condições de trabalho nas organizações estejam melhores, muitos problemas básicos ainda permanecem. Vários empregadores só se conscientizam da insalubridade no local de trabalho quando a legislação os obriga a adotar medidas para seu controle e, mesmo em sociedades ocidentais desenvolvidas, acidentes e doenças ocupacionais continuam a ceifar alarmante parcela da vida humana (MORGAN, 1996).

No Brasil, a questão da saúde e segurança no trabalho também é disciplinada por leis e atos normativos. No tocante ao reconhecimento dos riscos, em particular, cabe ressaltar a legislação do Ministério do Trabalho e Emprego, notadamente a Norma Regulamentadora nº 9 - NR 9 (BRASIL, 1995), estabelecida na Portaria nº 3214/78 do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1978), sobre as definições legais dos agentes potenciais de risco à saúde do trabalhador relativos a cada área de atividade, classificados em riscos físicos, químicos e biológicos, estes últimos complementados pela Norma Regulamentadora nº 32 - NR 32 (BRASIL, 2005). Agentes físicos são as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como ruídos, vibrações, temperaturas anormais, pressões anormais, radiações ionizantes, radiações não-ionizantes, bem como o infra-som e o ultra-som; como agentes químicos tem-se as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão; agentes biológicos são as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, príons e organismos geneticamente modificados, entre outros.

O trabalho em laboratório envolve diversos riscos além daqueles associados aos riscos biológicos. Quer sejam estes ambientes destinados ao ensino e pesquisa (HIRATA,R.D., 2002) como também à área de saúde (HIRATA,M.H., 2002), os riscos biológicos estão

coadunados aos riscos químicos e físicos, bem como a fatores de origem ergonômica e mecânica que podem causar patologias ou provocar acidentes.

Rapparini e Cardo (2004) lembram que, embora Ramazzini tenha feito referência aos riscos biológicos em sua obra, somente no início do século XX esta questão passa a ser considerada de forma sistematizada entre os profissionais de saúde como um problema ocupacional. Na década de 40 são realizados os primeiros levantamentos de casos de infecções bacterianas relacionados com o trabalho em laboratório, sendo mais conhecidos os estudos de Sulkin e de Pike (TEIXEIRA, 1996 e 2003). Mas é na década de 70 que surgem as primeiras normatizações e diretrizes sobre os aspectos de prevenção em atividades realizadas em serviços de saúde, a partir das publicações do *Center for Diseases Control and Prevention* - CDC, nos Estados Unidos (RAPPARINI; CARDO, 2004). Em 1983, a Organização Mundial de Saúde - OMS, reconhecendo os perigos representados pelos agentes biológicos lançou a primeira versão de seu manual sobre biossegurança, incentivando que fossem implementadas regras, em nível local, para a manipulação de microorganismos patogênicos em laboratórios.

É neste contexto que a biossegurança se destaca como disciplina, conceituada no âmbito da Comissão Técnica de Biossegurança da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ, 2005) em sentido lato como:

[...] o conjunto de saberes direcionados para ações de prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, as quais possam comprometer a saúde do Homem, dos animais, das plantas e do ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos.

Os agentes biológicos são agrupados em quatro diferentes classes de risco, crescentes segundo os perigos de infecção que apresentam e resumidas no Quadro 1 - Classificação de risco dos agentes patogênicos. Tal classificação diz respeito ao trabalho em laboratório (WHO, 2004) considerando critérios como a patogenicidade para o homem, o modo de transmissão, a endemicidade e a existência ou não de profilaxia e de terapêutica eficazes.

Quadro 1 - Classificação de risco dos agentes patogênicos

Classe de risco	Descrição
Risco 1	Baixo risco individual e comunitário. Microorganismos que não causam doenças ao homem ou a animais.
Risco 2	Moderado risco individual e baixo risco comunitário. Patógenos que provocam doenças em humanos ou animais, embora não representem um sério risco para quem os manipula, para a comunidade ou o ambiente. As exposições em laboratórios podem causar infecções graves, mas tratamento efetivo e medidas de prevenção são disponíveis; o risco de disseminação da infecção é limitado.
Risco 3	Elevado risco individual e baixo risco comunitário. Patógenos que geralmente causam doenças graves ao homem e aos animais, mas que não se disseminam de um indivíduo infectado para outro de forma imediata; há medidas de prevenção e tratamento.
Risco 4	Patógenos que podem causar graves doenças no ser humano ou em animais, transmitindo-se de um indivíduo para outro direta ou indiretamente e com muita facilidade; geralmente não há medidas de prevenção e tratamento efetivas.

Fonte: WHO (2004)

Os avanços científicos e tecnológicos contribuíram para a redução da prevalência de determinadas doenças infecto-contagiosas, mas, em contrapartida, trouxeram novos riscos de origem tecnológica envolvendo agentes químicos e radioativos e, ainda, a engenharia genética. De fato, o entendimento atual do termo risco nas sociedades modernas ocidentais traz consigo a possibilidade de prever situações por meio do conhecimento. Originalmente, o termo risco é acompanhado por incertezas e pelo desafio de controlar as gerações futuras. Desta forma, as descobertas científicas trazem consigo a missão de serem convertidas em impactos benéficos sobre a vida, mas também podem embutir um paradoxo, na medida em que o fator da descoberta pode ser acompanhado de riscos até então desconhecidos (FREITAS, 2003).

Mastroeni (2004) denomina como Era Microbiológica os avanços e desenvolvimento das atividades biológicas que geram risco à saúde, marcada por quatro momentos históricos: a redução da incidência da infecção hospitalar com medidas de higiene e limpeza, por Florence Nightingale, em 1863; o fim da teoria da geração espontânea por Louis Pasteur, em 1864; a anti-sepsia com fenol empregada por Joseph Lister, em 1867; e a demonstração por Robert Koch de que uma doença

infecciosa específica é causada por um microorganismo específico, em 1876.

O autor ressalta que a evolução dos conhecimentos científico e tecnológico nos últimos 40 anos, após ter sido desvendada a constituição do DNA, marca o início da Era Genética, trazendo para as ciências biológicas grandes avanços através do uso e aplicação na pesquisa e na produção das técnicas da engenharia genética e da biologia molecular. A aplicação de tais técnicas levou à necessidade do debate de biossegurança, tema fundamental na área de saúde. Segundo Mastroeni (2004, p.2):

[...] o conceito de biossegurança vem sendo cada vez mais difundido e valorizado, na medida em que o entendimento da responsabilidade do profissional... não se limita às ações de prevenção de riscos derivados de sua atividade específica, mas também do colega que labuta ao seu lado... Além disso, todo o meio ambiente que o circunda e a comunidade onde está localizada a instituição devem ser considerados espaços importantes a serem preservados e protegidos de ameaças e riscos.

Vale ressaltar que tal conceito em biossegurança envolve tanto os agentes biológicos manipulados naquilo que se caracteriza como Era Microbiológica, como aqueles agentes perigosos que permeiam o trabalho dos cientistas na Era Genética.

A esse respeito, é conveniente lembrar Simons (1991), que recomenda grafar o termo riscos biológicos no plural, não como uma simples questão de ortografia. Significa uma distinção.

No singular, risco biológico simboliza a finalidade e vicissitudes de todo o ser vivo, colocado em equilíbrio instável no ambiente, expressão de fenômeno mais belo e exultante - a vida. O risco biológico, por definição, é inevitável.

Já o termo riscos biológicos, no plural, revela que são fruto ou consequência da atividade humana. Ao contrário dos riscos químicos e físicos, são difíceis de serem avaliados. Qualquer que seja a problemática experimental, até o presente estágio do conhecimento humano, os riscos biológicos estão sempre vinculados ao agente biológico empregado. Mas isto não significa que sempre será assim, havendo dois tipos de riscos biológicos: os objetivos, mais ou menos conhecidos e prováveis; e os potenciais, conhecidos e desconhecidos, de baixa probabilidade, mas não de todo nulos. Como

ponderou Freitas (2003), o risco reflete a dinâmica de uma sociedade propensa à mudança, que deseja regular seu próprio futuro, submetendo-o ao seu domínio. As tentativas de se controlar os riscos com base na crescente cientificação e tecnificação têm sido por vezes não só insuficientes como também têm apresentado efeitos colaterais não desejados ou previstos.

#### **1.4.1 Riscos químicos**

Os riscos químicos, na área da saúde, estão associados, principalmente, a agentes químicos utilizados em laboratórios como reagentes, resíduos de mercúrio e de outros metais pesados, medicamentos, gases medicinais e até mesmo produtos químicos utilizados em manutenção, conforme já se pode constatar pessoalmente (VIEIRA, 2004b). Tais substâncias podem apresentar periculosidade devido às características físico-químicas que lhes conferem inflamabilidade, corrosividade, toxicidade e reatividade. A presença e manipulação de substâncias químicas perigosas no ambiente de trabalho devem ser consideradas nos programas de necessidades relativos aos projetos de laboratório uma vez que potencialmente irão influenciar nas decisões projetuais relacionadas, principalmente, a layout, condições de armazenamento, de ventilação, instalações hidro-sanitárias e características dos materiais de revestimento de superfícies.

#### **1.4.2 Transmissão de energia: riscos físicos**

Nos laboratórios de pesquisa, as técnicas de investigação demandam a utilização de materiais e equipamentos que representam riscos físicos, alguns deles bastante danosos ao organismo humano, e mesmo ao ambiente, se manipulados sem as devidas medidas de prevenção e contenção, sendo freqüentes os riscos associados ao ruído, temperaturas extremas e às radiações ionizantes e não-ionizantes.

Muitos dos impactos causados pelos agentes físicos têm sido objeto de estudo no âmbito da saúde do trabalhador, de forma que foram estabelecidos limites de exposição para as pessoas que são

submetidas a tais riscos. Os limites são mensurados através de grandezas físicas.

O projeto de laboratório deve, a partir do reconhecimento da presença e potencial de dano de tais riscos, ser elaborado com o objetivo de contê-los, minimizando as exposições ocupacionais e ambientais.

É freqüente encontrar-se na literatura específica a distinção dos riscos radiológicos dos demais agentes físicos perigosos. Isto ocorre em função da manipulação, nos laboratórios de pesquisa de base biológica, de radiosótopos como fontes não seladas<sup>5</sup>, demandando cuidados na elaboração de projetos para ambientes deste tipo, havendo estudos específicos sobre o assunto como o desenvolvido por Lapa (2005) em laboratórios de pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz, da Fundação Oswaldo Cruz.

Alguns dos agentes de risco físico, embora presentes no ambiente de laboratório, não se constituem em riscos ambientais. Entretanto devem ser considerados no âmbito dos estudos ergonômicos e dos perigos de acidentes de origem mecânica. É importante ressaltar que esta análise deve ser feita a partir da identificação e reconhecimento dos riscos, seguida de avaliação quantitativa e adoção de medidas de controle.

#### **1.4.3 Riscos ergonômicos e riscos de acidentes**

Destinada a abordar os aspectos da atividade humana de forma sistêmica, a ergonomia contribui para o planejamento, o projeto e a avaliação das atividades e locais de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações humanas.

A dimensão ergonômica implica na compreensão integrada dos fenômenos que permeiam as atividades de trabalho, desde os físicos e cognitivos até os sociais, organizacionais e ambientais.

---

<sup>5</sup> As fontes não-seladas são aquelas cuja forma física e condições normais de uso não permitem prevenir todas as formas de dispersão do material radioativo para o ambiente.

Os parâmetros que dizem respeito às condições ergonômicas são abordados na Norma Regulamentadora nº 17 - NR 17, do MTE, que trata da "adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente" (BRASIL, 2007)<sup>6</sup>.

São considerados riscos ergonômicos: esforço físico intenso; posturas inadequadas de trabalho; trabalho em turno e noturno; jornadas de trabalho prolongadas; monotonia e repetitividade e condições ambientais que podem provocar desconforto (temperatura, ventilação, iluminação e ruído) entre outras situações causadoras de estresse físico e psíquico.

É oportuno ressaltar que a NR 17, sobre Ergonomia, fixa condições mínimas de conforto ambiental para laboratório, citado como exemplo de ambiente onde o trabalho requer esforço intelectual.

Em laboratórios biomédicos, cabe também destacar as situações de estresse causadas pela própria natureza das atividades e dos riscos a elas inerentes, especialmente nos laboratórios de maior contenção biológica. Além da exigência intelectual e atenção constante que o trabalho demanda, as atividades desenvolvidas freqüentemente consistem em atos repetitivos e de longa duração, em pé ou sentado, podendo exigir postura corporal inadequada (VIEIRA; LAPA, 2006), conforme já se pode constatar no âmbito da prevenção dos riscos em laboratórios. Associadas à necessidade de atenção e concentração pela natureza dos riscos envolvidos, as tarefas são caracterizadas pela repetição de movimentos que implicam em posturas estáticas e envolvem principalmente a musculatura cervical e dorsal.

Nos laboratórios pode haver, ainda, acidentes de cunho mecânico, cujas causas são atribuídas principalmente a arranjo físico inadequado; máquinas e equipamentos sem proteção; utilização de equipamentos inapropriados ou defeituosos; iluminação insuficiente; sobrecarga elétrica; probabilidade de incêndio e explosão; armazenamento inadequado; animais peçonhentos (trabalho de campo) e outras situações de risco que poderão contribuir para a

---

<sup>6</sup> A data de 2007 corresponde à última alteração da NR 17.

ocorrência de acidentes como, por exemplo, ausência de sinalização de advertência.

As atividades laboratoriais devem ser previamente planejadas e executadas em ambiente seguro, considerando o estado de conservação das instalações, os locais de armazenamento, as condições operacionais dos equipamentos, o mobiliário, as circulações e outros fatores que possibilitem a realização do trabalho de forma confortável e produtiva (HIRATA,R.D., 2002).

#### **1.4.4 Riscos biológicos e princípios de biossegurança**

A evolução das ciências biológicas após as descobertas de Pasteur é inegável, com a busca de respostas na engenharia genética para a solução de problemas relacionados a doenças infecto-contagiosas ou não, sem cura até os dias atuais.

Biossegurança refere-se à aplicação do conhecimento, técnicas e equipamentos, com a finalidade de minimizar a exposição do trabalhador e do ambiente aos agentes perigosos, além de garantir a boa qualidade dos trabalhos desenvolvidos. A biossegurança, basicamente, define sob quais condições os agentes biológicos podem ser seguramente manipulados e contidos, apoiada em três elementos fundamentais: as técnicas e práticas, os equipamentos de segurança coletivos e individuais e o projeto de arquitetura e engenharia das instalações laboratoriais (BRASIL, 2000).

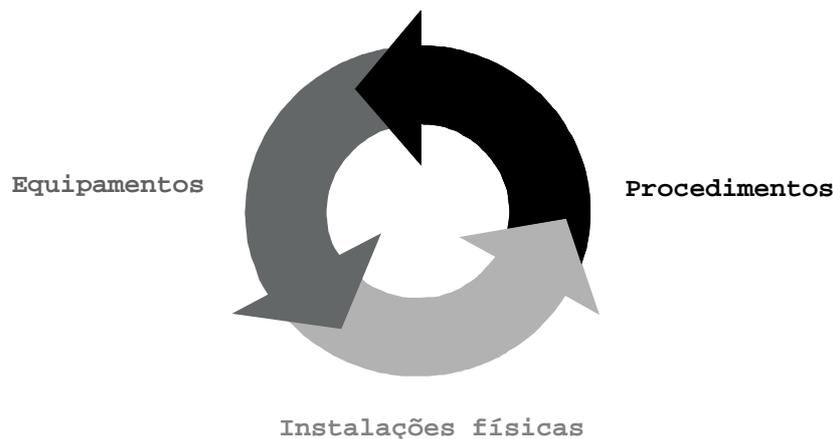
Os três mecanismos estão diretamente relacionados com a contenção do agente biológico perigoso. O objetivo da contenção é reduzir a exposição da equipe de laboratório, de outras pessoas indiretamente envolvidas nas atividades e do ambiente em geral aos agentes patogênicos.

A contenção deve 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: as boas práticas e técnicas e uso de equipamentos de proteção coletiva e individual adequados.

Em contrapartida, a contenção secundária visa a proteção do meio externo ao local onde são manuseados os agentes infecciosos, sendo que também está assentada em dois elementos: as boas práticas e técnicas e o projeto de arquitetura e de engenharia da instalação.

Assim, conclui-se que os princípios de contenção primária e secundária constituem um trinômio composto por elementos-chave: as boas práticas e técnicas (procedimentos); o adequado provimento e uso de equipamentos de proteção individual e coletiva e o projeto de arquitetura. Em estudo sobre avaliação de desempenho de laboratórios de pesquisa biológica, pode-se apresentar esta idéia com o uso do pictograma o Ciclo da contenção, conforme a Figura 4 (VIEIRA et al., 2004).



**Figura 4 - Ciclo da contenção**  
Adaptado de: Vieira et al. (2004)

Atualmente, não se pode deixar de prescindir do conceito de biosseguridade<sup>7</sup> quando se considera o projeto de laboratórios. O termo foi recentemente incorporado à literatura haja vista a potencialidade de emprego de agentes patogênicos como arma biológica, destacando-se bem recentemente o episódio envolvendo os esporos de *anthrax* nos Estados Unidos e sua repercussão no nosso país. Enquanto biossegurança está diretamente identificada com os princípios de contenção relacionados às exposições e contaminações

<sup>7</sup> O termo biosseguridade tem sido empregado na língua portuguesa como tradução do inglês *biosecurity*.

ambientais acidentais, a biosseguridade refere-se às medidas de segurança institucionais e individuais para prevenção da perda, roubo, uso indevido ou liberação intencional de patógenos e toxinas no ambiente (WHO, 2004). Os fundamentos da biosseguridade são as práticas de biossegurança, requerendo, portanto, instalações adequadas pelo provimento de barreiras arquitetônicas.

### **1.5 Biossegurança em laboratórios e arquitetura**

O trinômio procedimentos-equipamentos de proteção-projeto das instalações que compõem os dois princípios de contenção primária e secundária em biossegurança denota por si só a importância do adequado projeto de arquitetura para o funcionamento dos laboratórios com atingimento dos níveis desejados de proteção individual, coletiva, saúde ambiental e qualidade dos trabalhos de pesquisa biológica.

O primeiro fato, e o mais evidente deles, é que biossegurança em laboratórios está diretamente relacionada à arquitetura, em termos conceituais, pois somente um projeto espacialmente adequado poderá fornecer a contenção secundária, um dos princípios da biossegurança, de acordo com os perigos oferecidos pelo agente patogênico em questão.

Mas não podemos deixar de considerar, como segundo item, o primordial papel que a arquitetura desempenha quando considera, no processo projetual, a questão da instalação dos equipamentos de proteção coletiva, posto que os mesmos só terão o desempenho adequado se atenderem a determinados requisitos de uso, operação e manutenção da instalação.

O terceiro ponto do trinômio no qual se assenta a biossegurança não é de menor importância arquitetônica porque as boas técnicas laboratoriais serão tanto mais bem executadas quanto mais adequadamente estiverem planejados os laboratórios.

É interessante se notar que neste trinômio as variáveis que o compõem não são nem fixas nem absolutas. Assim, procedimentos adicionais podem ser necessários para suprir eventuais condições não

oferecidas no que diz respeito aos requisitos de instalações físicas oferecidas, ou então a demanda de medidas adicionais de biossegurança por insuficiência de adequação das instalações físicas pode recair sobre a utilização de equipamentos complementares de proteção.

Portanto, fica patente que quanto mais o projeto de arquitetura contemplar as questões e fundamentos específicos de biossegurança, melhor será o uso e operação da instalação laboratorial. Mais valorado ainda deve ser o projeto nos tempos da Era Genética, onde os riscos biológicos são potenciais, porém não ainda estabelecidos de acordo com o atual estágio do conhecimento humano.

O saber e tecnologia médicos herdados da revolução pasteuriana contribuíram para reformular os modelos clássicos de arquitetura hospitalar então vigentes. A noção de contágio, as práticas e tecnologias médico-terapêuticas e a experimentação estabelecem a busca por soluções espaciais e parâmetros construtivos condizentes com a nova realidade.

À especialização que advém do modelo pasteuriano que inaugurou a Era Microbiológica exige-se correspondente especialização, desenvolvida no seio da arquitetura e engenharia em resposta às novas demandas científicas das ciências médicas.

Ainda trilhando na busca por avanços científicos no campo da microbiologia para desvendar novas patologias causadas por agentes biológicos que se revelam ao homem a cada instante, os pesquisadores ingressaram na Era Genética da ciência, com o uso e aplicação da engenharia genética e das técnicas de biologia molecular, demonstrando toda a sua vontade de manipular e dominar o ambiente natural e a própria vida. Ao desafiar e tentar subjugar a natureza, entretanto, o homem passa a ser responsável pela geração de seus próprios males.

Assim, a promoção da saúde ocupacional e ambiental torna-se um grande desafio para aqueles envolvidos no projeto arquitetônico de ambientes destinados à pesquisa envolvendo agentes patogênicos e

engenharia genética. A antecipação e o reconhecimento de cada um dos fatores de risco deve fazer parte do processo do projeto de arquitetura, bem como deve ser considerado como tais riscos podem afetar o ambiente construído e o ambiente externo. A contenção dos riscos, para qual a arquitetura desempenha um papel-chave, proporciona condições ocupacionais no que diz respeito à segurança e saúde dos trabalhadores e do ambiente e também contribui para a credibilidade dos resultados das pesquisas.

Fica evidente que no projeto de arquitetura de instalações próprias à pesquisa de base biológica é fundamental o emprego do conceito de biossegurança, considerando-se o trinômio: saúde e segurança ocupacionais, ambiente e qualidade de trabalho.

## Capítulo II

### Arquitetura de laboratórios NB3

Os laboratórios onde são desenvolvidas atividades envolvendo material biológico devem ser projetados e construídos à luz da variável biossegurança. As designações do nível de biossegurança são baseadas em composições que consideram as características de projeto e construção, as barreiras de contenção, equipamentos de segurança individual e coletiva e, ainda, os procedimentos de boas práticas e técnicas laboratoriais.

Numa categorização construída em função das barreiras físicas e protocolares aplicadas e obedecendo, ainda, o gradiente de risco biológico, os laboratórios são designados como básicos nos casos que requerem níveis de biossegurança 1 e 2 (NB1 e NB2), de contenção no nível de biossegurança 3 (NB3), e de contenção máxima quando o nível de biossegurança 4 (NB4) é exigido, conforme explicitado no Quadro 2 - Classes de risco biológico e níveis de biossegurança laboratorial (WHO, 2004).

**Quadro 2 - Classes de risco biológico e níveis de biossegurança laboratorial**

Classe de risco	Nível de biossegurança	Tipo de laboratório
1	Básico Nível de biossegurança 1 - NB1	Laboratórios básicos de ensino e pesquisa.
2	Básico Nível de biossegurança 2 - NB2	Laboratórios clínicos; laboratórios de serviços de diagnóstico e pesquisa.
3	Contenção Nível de biossegurança 3 - NB3	Laboratórios de diagnóstico e pesquisa especiais.
4	Contenção máxima Nível de biossegurança 4 - NB4	Unidades de agentes patogênicos perigosos.

Fonte: adaptado de WHO, 2004

A classe de risco é uma das referências para determinar o nível de contenção que será requerido na manipulação de agente patogênico específico, mas segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, a escolha do nível de biossegurança deve ser precedida de uma avaliação que considere também as potencialidades do risco (WHO, 2004).

A determinação do nível de biossegurança deve ser efetuada em função das tarefas que serão executadas e dependem de julgamento profissional especializado, não devendo ser realizada somente pela relação direta entre classe de risco biológico em correspondência com respectivo nível de biossegurança. A este respeito Pessoa e Lapa (2003, p.231-2) destacam que a:

[...] execução dos trabalhos em laboratório obedece a um gradiente de risco, de acordo com as características dos agentes microbiológicos manipulados... Todos os profissionais envolvidos nas atividades laboratoriais devem estar conscientes dos riscos a que estão expostos, a fim de adotarem procedimentos de segurança na sua rotina de trabalho. O layout e as instalações são importantes no provimento de barreiras para proteção dos trabalhadores, da comunidade, do meio ambiente e do próprio trabalho contra a liberação acidental de agentes infecciosos.

A OMS recomenda que a classificação de risco dos microorganismos deve ser feita de acordo com a realidade local, considerando a patogenicidade do organismo; os modos de transmissão e hospedeiros; avaliação das medidas preventivas efetivamente disponíveis; e, avaliação de tratamento efetivamente disponível.

Da mesma forma, a determinação do nível de biossegurança laboratorial requerido para manipulação de um agente biológico específico deve ser precedida de avaliação de risco que contemple a patogenicidade e dose para infecção; potenciais conseqüências da exposição; rotas de exposição resultantes das manipulações laboratoriais (parenteral, inalação e ingestão); estabilidade do agente patogênico no ambiente; concentração e volume de manipulação; presença de hospedeiro (humano ou animal); epidemiologia; planejamento das atividades de laboratório; a realização ou não de manipulação genética; e, possibilidade de efetiva intervenção profilática e terapêutica.

A antecipação e reconhecimento dos riscos no ambiente de trabalho em contenção biológica são fundamentais durante a fase de concepção do projeto de arquitetura, pois é neste momento que grande parte dos problemas pode ser detectada a fim de viabilizar a adequada execução de atividades. Conforme já se constatou durante estudo realizado sobre a avaliação de desempenho de instalações de pesquisa, estes fatores tornam-se mais relevantes em espaços destinados a laboratórios de pesquisa biológica pela necessidade de se agregar aos mesmos os princípios e diretrizes de biossegurança, considerando-se o trinômio: saúde e segurança ocupacionais, ambiente e qualidade de trabalho (VIEIRA et al., 2004).

No Quadro 3 - Requisitos para área física e instalações - estão apresentadas, resumidamente, as diretrizes que devem nortear os projetos de laboratórios com níveis de biossegurança de 1 a 4.

Em biossegurança, a contenção tem por finalidade reduzir a exposição de trabalhadores aos agentes potencialmente perigosos empregados nas atividades laboratoriais, bem como evitar que tais agentes alcancem o ambiente externo, oferecendo risco de transmissão de doenças.

Os laboratórios classificados como NB3 também são designados como laboratórios de contenção, numa alusão à contenção biológica propiciada por estes ambientes de maneira que agentes de risco patogênico sejam manipulados de forma segura para as equipes de trabalho, sem comprometer o ambiente externo e asseverando que os resultados das pesquisas desenvolvidas tenham a qualidade desejada.

**Quadro 3 - Resumo dos requisitos para área física e instalações conforme o Nível de Biossegurança (NB1 a NB4)**

Requisito	NB1	NB2	NB3	NB4
Sinalização com símbolo de risco biológico	R	O	O	O
Laboratório separado de passagens públicas	R	O	O	O
Laboratório com acesso				
- controlado	R	O	-	-
- restrito	-	-	R	O
Lavatório para mãos próximo à entrada/saída do laboratório	O	O	O	O
Torneira com acionamento sem o uso das mãos	-	R	O	O
Ventilação mecânica, sem recirculação do ar para outras áreas	-	R	O	O
Filtro HEPA nas saídas de ar	-	-	R*	O
Pressão negativa	-	-	O	O
Antecâmara				
- com lavatório e local para jalecos	-	R*	R*	-
- dotada de portas com intertravamento	-	-	O	O
- com chuveiro	-	-	R*	-
- pressurizada com chuveiro	-	-	-	O
Paredes, tetos e piso lisos, impermeáveis e resistentes à desinfecção	R	O	O	O
Tratamento de efluentes	-	-	R*	O
Sistema de geração de emergência de energia elétrica	-	R*	O	O
Selagem/vedação de frestas nas paredes, tetos, piso e demais superfícies	-	-	O	O
Cabine de Segurança Biológica (CSB)	-	R**	O	O
Autoclave				
-próxima ao laboratório	O	O	O	-
-no laboratório	-	-	R	O
-dupla porta	-	-	R	O

Legenda: R - Recomendável; O - Obrigatório; Filtro HEPA: retém partículas  $\geq 0,3\mu\text{m}$ .

\*A adoção de barreiras adicionais, tais como antecâmaras, chuveiros, tratamento (descontaminação) de efluentes e filtros HEPA na exaustão do ar deverá ser determinada pela avaliação de risco biológico e possíveis impactos no entorno.

A avaliação de risco deve preceder a determinação dos níveis de biossegurança e medidas de contenção a serem adotadas, considerando, além do perigo potencial do agente, as atividades do laboratório e as condicionantes locais.

A concepção de ambientes laboratoriais deve ter por princípio a facilidade de limpeza, descontaminação e manutenção.

\*\*Obrigatória nos casos em que há potencial geração de aerossóis.

**Fonte: FIOCRUZ (2005)**

As suas características serão descritas a seguir, a partir de requisitos para concepção física, levantados em pesquisa bibliográfica. Os critérios identificados são: o leiaute deste tipo de instalação, as cinco matrizes conceituais de referência para projeto de laboratórios de risco biológico propostas pela agência canadense de saúde pública e os requisitos regulatórios brasileiros de conforto ambiental.

## **2.1 Localização e acesso**

A localização do laboratório na edificação, bem como o acesso às instalações do NB3, estão entre os principais fatores que devem ser contemplados no projeto de arquitetura<sup>8</sup>. A localização apropriada auxilia no controle do ambiente, devendo considerar, também, a setorização estratégica das demais áreas que compõem o apoio do laboratório, que devem ser projetadas segundo um gradiente de risco e potencial de contaminação. O Quadro 4 - Matriz de localização e acesso de laboratórios NB3 - destaca os itens relevantes para este tipo de ambiente.

Os laboratórios NB3 devem atender requisitos mínimos para garantia da contenção biológica, em nível primário e secundário. Alguns mecanismos de barreira são utilizados através do controle da ventilação porque a via pulmonar é um dos meios mais importantes de contaminação do homem no ambiente de trabalho e fora dele.

De acordo Gaillardin (1993) o nível de penetração das partículas pelo trato respiratório varia de acordo com a dimensão das poeiras e aerossóis. O autor ressalta que as partículas menores que 10 µm se depositam nos alvéolos pulmonares, tornando-se muito perigosas, pois nesta dimensão estão inclusos os agentes patogênicos tais como vírus e bactérias em geral. Portanto, o controle da variável ventilação é considerado como um meio vital na prevenção de transmissão de doenças via aerossol.

---

<sup>8</sup> Pessoa (2006) desenvolveu tese intitulada *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*, onde aborda a questão de localização de tais instalações.

Quadro 4 - Matriz de localização e acesso de laboratórios NB3

Requisito	Recomendado	Obrigatório
1. Laboratório afastado de áreas de circulação pública		•
2. Acesso limitado a pessoal autorizado		•
3. Sinalização de segurança nas portas da área de contenção		•
4. Aberturas planejadas para permitir a passagem de equipamentos		•
5. Portas de acesso providas de tranca		•
6. Portas de acesso providas de sistema de controle		•
7. Sistema eletrônico de acesso com redundância	•	
8. Escritórios fora da área de contenção		•
9. Antecâmara para acesso à área de contenção		•
10. Intertravamento das portas da antecâmara, aceitando-se soluções visuais, sonoras ou protocolares para evitar que as portas sejam abertas simultaneamente		•
11. Sistema emergencial de abertura manual das portas da antecâmara nos casos em que for adotado intertravamento		•
12. Vestiário para paramentação da equipe com separação de áreas (não contaminada e contaminada), a depender de avaliação local de risco	•	
13. Chuveiro na antecâmara	•	
14. Áreas de contenção localizadas nas proximidades dos sistemas mecânicos para fins de minimizar os riscos de contaminação das instalações	•	
15. Áreas de contenção afastadas das paredes do envelope externo da edificação	•	
16. Laboratório de apoio adjacente à área de contenção	•	

Adaptado de: FIOCRUZ (2005), Canada (2004) e WHO (2004)

As amostras biológicas devem ser necessariamente manipuladas em CSB, equipamentos que, através de um fluxo de ar contínuo, formam uma barreira entre o operador e a fonte de contaminação. O ar de exaustão é filtrado através de filtros HEPA<sup>9</sup> de alta eficiência para

<sup>9</sup> HEPA é a sigla para *High efficiency particulate air* e refere-se a filtros capazes de reter materiais particulados de dimensões mínimas, inclusive patógenos.

partículas aéreas. Tais filtros não têm nenhum efeito sobre gases, mas são eficientes na retenção de 99,97 % das partículas de 0,3 $\mu$ m ou maiores. Seu uso permite criar áreas de trabalho chamadas áreas limpas, caracterizadas por terem um número máximo de partículas em suspensão por volume de ar. Nos equipamentos para aplicações biológicas, o ar que passa pelos filtros HEPA é classificado como classe 100 de limpeza, isto é, tem, no máximo, 100 partículas de 0,5 $\mu$ m por pé cúbico de ar, ou 3.530 partículas por metro cúbico de ar.

A garantia de que o equipamento funcionará corretamente, oferecendo a proteção esperada, está condicionada a, dentre outros requisitos:

- Instalação adequada do equipamento;
- Adequação do ambiente do laboratório às características do equipamento;
- Contenção em nível secundário através de projeto de arquitetura e engenharia.

As barreiras primárias procuram separar o ambiente junto à fonte de risco (material biológico), do restante do laboratório ou do trabalhador, já as secundárias separam o laboratório do ambiente externo. Entretanto é de suma importância que o projeto das instalações físicas, entendido como barreira secundária, contemple adequadamente a instalação dos equipamentos de contenção primária de proteção coletiva - as cabines de segurança biológica.

## **2.2 Perímetro de contenção**

A denominação perímetro de contenção é referência a todos os meios empregados para delimitar a área do ambiente NB3 do seu entorno, assegurando a contenção ambiental através de barreiras primárias e secundárias. Em termos práticos, significa dizer que o perímetro de uma instalação NB3 deve dispor de meios que assegure a descontaminação de todos os materiais que deixam o laboratório, o que levou um profissional a afirmar que só o pesquisador "sai vivo"

de instalações desta natureza<sup>10</sup>. Desta forma, a superfície que limita o volume de contenção, ou o invólucro do laboratório NB3, deve dispor de meios para que todos os materiais possam ser física ou quimicamente descontaminados antes de deixar o ambiente, destacando-se os locais de comunicação direta entre interior e exterior da área de contenção como pontos críticos do projeto: exaustão de ar, tratamento de efluentes líquidos, tratamento de resíduos sólidos, guichê de passagem e antecâmara. Além destas zonas de controle, a estanqueidade do ambiente é obtida pela observância dos detalhamentos que devem acompanhar o projeto executivo e pelo rigor na execução dos acabamentos.

O Quadro 5 - Matriz do perímetro de contenção para laboratórios NB3 explicita os cuidados que devem ser tomados no desenvolvimento do projeto em relação às aberturas e acabamentos da área de contenção NB3.

---

<sup>10</sup> A frase "Daqui só sai vivo o pesquisador" é atribuída ao Dr. Edison Luiz Durigon por ocasião da inauguração da instalação NB3 da USP (SÃO PAULO, 2003).

**Quadro 5 - Matriz do perímetro de contenção para laboratórios NB3**

Requisito	Recomendado	Obrigatório
1. Autoclave dupla porta instalada, preferencialmente, com os componentes mecânicos no lado externo à área de contenção para facilitar o acesso de manutenção. Mediante avaliação local de risco é possível substituir o equipamento de dupla porta por aparato no interior da área de contenção, principalmente nos casos em que os agentes patogênicos não causam infecção por via aérea.		•
2. Portas da autoclave intertraváveis. Quando não houver este dispositivo, deverão ser instalados alarmes sonoros ou visuais para garantia da contenção evitando-se que as duas portas sejam abertas ao mesmo tempo.		•
3. Previsão, na barreira de confinamento, de guichê de passagem para os materiais que não podem ser descontaminados por calor sob pressão e necessitam de descontaminação química. Deve-se considerar local para descontaminação química gasosa de equipamentos de maior porte.	•	
4. Tratamento de efluentes antes de lançamento na rede de tratamento.		•
5. Todas as junções no nível do perímetro de contenção devem ser vedadas.		•
6. Selagem de todos os conduites e instalações.		•
7. As janelas, caso existentes, devem ser seladas e construídas com vidro de segurança.		•
8. Visores de observação instalados na barreira de confinamento.	•	

Adaptado de: FIOCRUZ (2005), Canada (2004) e WHO (2004)

### 2.3 Provisão de utilidades e serviços

As linhas de fornecimento de utilidades e serviços para laboratórios NB3 devem ser projetadas de forma a garantir o funcionamento dos equipamentos vitais para assegurar a contenção dos agentes de risco biológico. O Quadro 6 - Matriz de utilidades e serviços para laboratório NB3 sintetiza as diretrizes que orientam o projeto quanto ao provimento de instalações elétrica, hidráulica, gases canalizados e lógica.

Quadro 6 - Matriz de utilidades e serviços para laboratórios NB3

Requisito	Recomendado	Obrigatório
1. Previsão de lavatório para descontaminação das mãos na proximidade da saída do laboratório. Em função de avaliação de risco, podem ser adotados métodos para descontaminação química das mãos.		•
2. Lavatórios munidos de torneiras acionadas sem o uso das mãos.		•
3. Lava-olhos.		•
4. Previsão de instalação das CSB e outros dispositivos primários de contenção		•
5. Instalação hidráulica com dispositivo anti-refluxo e registro localizados perto da barreira de contenção.		•
6. Descontaminação do esgoto antes do lançamento à rede pública.		•
7. Dreno hermético para a autoclave.		•
8. Sifões de drenagem com selo hidráulico.		•
9. Sifões de drenagem localizados no solo somente nos casos indispensáveis	•	
10. Cilindros de gases comprimidos situados no exterior do laboratório.	•	
11. Substituir linha de vácuo por bomba portátil.		•
12. Iluminação de emergência.	•	
13. Energia de emergência para os circuitos de iluminação, CSB, ventilação e equipamentos essenciais.		•
14. Disjuntores localizados no exterior da área de contenção.	•	
15. Reatores de lâmpadas fluorescentes localizados no exterior da área de contenção.	•	
16. Sistema de comunicação entre a área de contenção e a área de suporte.		•
17. Sistema de transmissão de dados entre a área de confinamento e o exterior.	•	

Adaptado de: FIOCRUZ (2005), Canada (2004) e WHO (2004)

Também devem ser adotadas medidas de segurança para evitar que, acidentalmente, os meios fluídos sejam veículo de disseminação de patógenos para o ambiente externo.

## 2.4 Requisitos de conforto ambiental

A legislação brasileira estabelece parâmetros que proporcionem conforto, segurança e desempenho eficiente aos trabalhadores (BRASIL, 2006). Classifica o laboratório, por ser local de trabalho com exigência de atenção intelectual, em ambiente controlado quanto às condições de conforto ambiental, com parâmetros sobre temperatura, umidade, velocidade do ar, nível de iluminação e ruído.

Verifica-se, pelo teor da regulamentação, os cuidados com os parâmetros relativos à qualidade do ar.

De fato, contemporaneamente, a preocupação com a qualidade do ar é crescente em função das doenças relacionadas à sua baixa qualidade devido a problemas na concepção de projetos, manutenção inadequada ou mesmo questões relacionadas ao consumo energético (SEDUIKYTE;BLIUDZIUS, 2003).

Em 1982, a OMS estabeleceu o termo Síndrome do Edifício Doente (SDS) para qualificar a condição médica na qual pelo menos 20% dos ocupantes de um edifício apresentam sintomas de patologias ou mal-estar não relacionados a nenhuma causa específica e que se manifestam através de irritação das vias respiratórias, da pele, dor de cabeça, náuseas ou tontura.

Vários fatores afetam a qualidade do ar interno de edifícios como, por exemplo, a localização geográfica, o clima, as fontes de materiais poluentes, etc, além de fatores subjetivos.

Contribuem diretamente para a determinação da qualidade do ar agentes de natureza física, química e biológica (ASHRAE, 1997).

Dentre os agentes de natureza física tem-se a temperatura, a umidade, a velocidade de deslocamento do ar e, eventualmente, a presença de partículas ou ondas eletromagnéticas ionizantes. Para os três primeiros, a NR 17 sobre Ergonomia determina que laboratórios atendam os seguintes valores: temperatura efetiva entre 20° e 23° C, umidade relativa do ar superior a 40% e velocidade do ar inferior a 0,75 m/s (BRASIL, 2007a).

Nos casos de laboratório NB3, dado o rigor do projeto de ventilação como barreira de contenção, estes requisitos são potencialmente passíveis de serem obtidos.

De origem química e biológica, sob a forma de poeiras, fumos e microorganismos tais como vírus, bactérias e fungos, tem-se os particulados. Enquanto a contaminação por agente biológico é eminentemente acidental haja vista os rigores das barreiras primária e secundária adotadas na concepção de projetos de laboratórios para pesquisa biológica, nos ambientes internos de edifícios encontra-se vários outros agentes de natureza química sob a forma de gases ou vapores. A presença de substâncias químicas, dependendo das concentrações atingidas, pode trazer malefícios à saúde dos usuários. Na ausência de ventilação adequada num prédio ocupado, a própria fisiologia humana contribui para elevação da taxa de gás carbônico durante a respiração, com diminuição do teor de oxigênio. Também os materiais construtivos, mobiliários etc contribuem para a liberação de substâncias químicas sob a forma de compostos orgânicos voláteis, já tendo sido identificados cerca de 900 diferentes agentes químicos, alguns considerados como perigosos.

Um agente químico em particular é objeto de maior interesse na avaliação ambiental, segundo Seduikyte e Bliudzius (2003). Trata-se do formaldeído, liberado por componentes construtivos em edificações, especificamente lembrado por ser carcinogênico e irritante a concentrações tão baixas como 0,5 ppm.

Para a qualidade do ar no interior de laboratórios para trabalho em contenção biológica, o formaldeído deveria ser tratado como um contaminante importante, pois é rotineiramente empregado como agente de descontaminação química. Por ser um gás, o formaldeído é muito utilizado como desinfetante de alto nível em fumigações de ambientes fechados, inclusive de equipamentos de proteção coletiva como as CSB (PENNA, 2004). Entretanto, não há registros de estudos sobre a contaminação ambiental em laboratório de contenção biológica referente a este poluente químico em específico.

Outro parâmetro de conforto ambiental refere-se ao ruído que, pelo estabelecido na NR 17 sobre Ergonomia, deve atender as exigências normatizadas na NBR 10.152 Níveis de ruído para conforto acústico (ABNT, 1987).

Os materiais de acabamento em NB3, atendendo às exigências de facilidade de limpeza e descontaminação, devem ser lisos e impermeáveis, qualidade que não favorece a absorção de ruído, cujas fontes principais são os motores dos equipamentos laboratoriais. Desta forma, para se alcançar a condição de conforto acústico, é necessário atentar para o nível de pressão sonora causado pelas fontes de ruído ainda na fase de desenvolvimento de projeto.

#### **2.4.1 Cor como efeito de iluminação**

O texto da norma regulamentadora faz a abordagem dos ambientes de trabalho de forma geral, determinando que em todos os locais deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade. Em laboratórios de contenção, a iluminação natural, via de regra, é indiretamente evitada em razão do nível de segurança biológica desejado uma vez que há recomendação para que as paredes que delimitam a área de contenção sejam afastadas do envelope da edificação (vide Quadro 5 - Matriz do perímetro de contenção para laboratórios NB3, p. 42).

A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa, devendo ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos, recomendações que devem ser respeitadas nos casos de iluminação suplementar.

Sobre os níveis mínimos de iluminamento, devem ser observados nos locais de trabalho os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5.413 - Iluminância de interiores (ABNT, 1992).

Já quanto ao seu uso, as cores não são contempladas de forma objetiva como quesito de ergonomia, segundo o previsto na legislação sobre o tema. Entretanto, pode ser abordado sob este aspecto no que diz respeito ao conforto ambiental no local de trabalho tanto de forma direta naquilo que é relacionado com a qualidade da

iluminação, como de forma indireta no que diz respeito às questões de fadiga ocupacional.

Por definição, a luz é entendida como energia radiante avaliada de acordo com a sua capacidade de produzir sensações visuais. Enquanto o ouvido humano consegue distinguir o som de dois ou mais instrumentos tocados simultaneamente numa orquestra, o olho humano apresenta maior complexidade no processo de percepção de luz e cor. Para percepção das cores é necessário que o olho humano seja estimulado por um objeto iluminado. Desta forma, a qualidade da iluminação depende dos níveis de iluminamento e também da aparência de cor das fontes de luz.

Assim, a cor da superfície a ser percebida é, obviamente, influenciada pelo conteúdo de cores da fonte luminosa - efeito este conhecido como de reprodução da cor. É, portanto, importante que as fontes de luz proporcionem uma reprodução das cores correta de acordo com os objetivos específicos do projeto, desde uma galeria de arte até um laboratório.

O estudo físico da cor é desenvolvido na área da ciência denominada cromologia. Mas a cor também é objeto de estudo de outras áreas do conhecimento, destacando-se a cromoterapia e a cromosofia.

A cromoterapia, ou medicina da cor tem abordagem curativa e, a partir do conceito de doença como desequilíbrio energético, procura curá-la pela manipulação dos campos energéticos sutis injetando energia no corpo por meio da aplicação de luzes coloridas (GOMES, 1999).

Já a cromosofia, segundo a autora, pode ser conceituada como conhecimento transcendente sobre a estética e psicologia da cor, preocupando-se com a interação entre as cores, suas harmonias, contrastes e seus efeitos sobre a psique humana.

Pela psicologia das cores, cada cor exerce um efeito ou ação psico-espiritual. O vermelho fortalece a determinação, o laranja impulsiona as atividades mentais, o amarelo expressa alegria, o azul é relaxante mas pode causar cansaço, o verde desperta estados de

otimismo, o violeta desperta inspiração de êxito, o branco a inocência, e o preto pode causar angústia, frustração, desconfiança ou medo.

Como elemento de conforto no espaço interior, Gomes (1999) destaca que a cor influencia o aspecto do ambiente, alterando sua atmosfera. E se a percepção da cor se faz de modo diverso, sua aplicação pode resultar em subseqüentes reações diferenciadas.

O estudo do conforto visual está diretamente ligado à percepção visual por parte do homem (TEIXEIRA et al., 2006), podendo ser enfocado tanto pelo aspecto do ambiente físico iluminado como sob o ponto de vista psico-fisiológico do observador.

Por definição, conforto visual seria a condição de iluminação que não conduz a esforço visual ou dificuldade de visão, gerando bem-estar. Assim, os aspectos de iluminação que influenciam no conforto visual são o nível de iluminação, os contrastes de brilho e cor, o ofuscamento provocado por excesso de brilho, e os efeitos causados pela posição da fonte luminosa.

Um ambiente de trabalho que apresente uma utilização adequada das cores proporcionará aos seus usuários uma atmosfera agradável, segura e com menos propensão de danos a sua saúde (PEREIRA;SOUZA, 2000). Este ambiente agradável diminuirá os riscos de fadiga visual, evitando, assim, falhas na execução das tarefas.

Segundo estes autores, a cor dos ambientes de trabalho deve ser em tons suaves, pois as cores vivas tornam-se cansativas nas jornadas de trabalho desenvolvidas neste tipo de ambiente, havendo recomendação de refletâncias para teto (entre 90-70), paredes (entre 70-50) e pisos (entre 40-20). Cunha (2004) ainda relaciona valores de reflexão para móveis (entre 45 e 25) e equipamentos (entre 50 e 30). Observa-se que são recomendadas cores mais escuras para pisos no local de trabalho em geral, mas no caso de laboratórios as cores devem ser mais claras para fins de facilitar a percepção visual de sujidades.

Segundo Cunha (2004) o contraste entre cores também deve ser objeto de cuidado pois, na percepção visual, pode ocorrer ofuscamento da visão provocado pelo tempo para adaptação da retina às mudanças bruscas dos níveis de iluminação. Assim, Hora (1995) recomenda fatores de refletância mais baixos nos ambientes de trabalho pois nestas condições há diminuição do cansaço visual, da tensão nervosa e melhoria na segurança e produtividade. O fator de refletância, ou contraste, é obtido pela relação entre a diferença dos valores de reflexão no plano de trabalho e a reflexão da cor de fundo. O contraste forte está situado na faixa entre 0,40 e 0,80, o médio na faixa entre 0,20 e 0,40 e o fraco na faixa entre 0,05 e 0,20.

Gomes (1999) destaca que em laboratórios a discriminação de cor é crítica para o resultado da pesquisa, sugerindo que paredes e tetos se mantenham neutros, pintados de branco ou cinza, quebrando-se a monotonia visual pela introdução de cores nas portas e no mobiliário. Observa, ainda, que a iluminação deve ser planejada de modo que a fonte se localize fora do ângulo visual do pesquisador, prevendo-se intensidade lumínica máxima sobre o plano de trabalho e evitando-se sombras.

A aplicação de idêntica cor nas paredes e tetos causa a sensação de confinamento e a cor branca pode causar monotonia.

Estas considerações são preciosas para o planejamento de ambientes para trabalho em contenção. O processo de trabalho em tais ambientes demanda características construtivas peculiares, dentre as quais pode-se destacar a ausência de iluminação natural por ser uma área confinada por questões de segurança, com contato visual através de visores para outra dependência de trabalho para fins de observação de segurança, e área física limitada a bancadas e equipamentos necessários ao trabalho de dois pesquisadores, em média.

## 2.5 Considerações sobre o leiaute para o trabalho em contenção

A tendência em arquitetura por formas irregulares e curvas, concepções espaciais que se distanciam do estilo modernista caracterizado pela pureza geométrica, não é apropriada para laboratórios, afirma Griffin (2005). O autor justifica que bancadas e equipamentos, por serem retangulares, não se adaptam a formas irregulares. Tanto Watch (2001) como também Fabrick (1997) propõem que os laboratórios tenham o leiaute planejado a partir de módulos<sup>11</sup> retangulares, inclusive aqueles destinados a trabalho com agentes biológicos. Esta última autora argumenta de forma detalhada que as dimensões ideais do espaço laboratorial devem ter entre 3,0 m a 3,5 m de largura (excepcionalmente podem chegar a 3,7 m) e entre 8,0 m e 9,0 m de profundidade.

O dimensionamento da largura é resultante da necessidade de circulação confortável e segura dentro do laboratório, espaço que é compartilhado nas rotinas de trabalho de pesquisadores e técnicos. Assim, os dois elementos que definem a largura são a circulação e profundidade de bancadas, que devem ser dimensionadas de forma a comportar todo o aparato de pesquisa e permitir a manutenção adequada.

A dimensão da largura proposta (entre 3,0 e 3,5 m) é suficiente para acomodar, longitudinalmente, os equipamentos que são colocados diretamente no piso, cuja profundidade varia entre 0,90 e 1,00 m; bancadas com profundidade suficiente para acomodar aparelhos das rotinas de pesquisa, medindo entre 0,75 e 0,90 m, restando circulação para o trânsito seguro de pessoas e de carrinhos de apoio, entre aproximadamente 1,20 e 1,40 m. A profundidade total das bancadas pode ser um pouco maior nos casos em que se utilize um frontispício para distribuição das linhas de utilidade. A espessura das paredes, 7,5 cm, também é considerada no dimensionamento do módulo. Watch (2001) também se baseia nos elementos bancadas de trabalho e circulação ao definir a medida de 3,20 m como largura ideal de um módulo de laboratório.

---

<sup>11</sup> O termo "módulo de laboratório" é aqui utilizado para definição do espaço interno da instalação, mesma acepção empregada por Griffin (2005), não se referindo à coordenação modular, entendida como sistema capaz de ordenar e racionalizar a confecção de qualquer artefato, desde o projeto até o produto final.

Quanto à profundidade do módulo, Fabrick (1997) pondera que é uma medida mais difícil de se predizer por falta tanto de critérios fixos como de aspectos ergonômicos que subsidiem a decisão arquitetônica.

Considerando ser senso comum que um pesquisador necessite entre 3,0 e 3,7 m lineares de bancada, com uma cuba na extremidade demandando mais 60 cm lineares, a autora faz um exercício posicionando este conjunto como uma ilha ao centro de um módulo duplo, com necessidade de área de trânsito ao seu redor<sup>12</sup>. E, propondo que o espaço seja funcionalmente racionalizado, ao longo das paredes de dimensão menor prevê a alocação de equipamentos e uma área de trabalho na parede que lhe é paralela, obtendo-se a dimensão final do comprimento de cada módulo entre 8,0 e 9,0 m. Watch (2001) não é tão preciso nas suas argumentações, determinando que a profundidade dos módulos básicos pode variar entre 6 e 10 m.

Assim, o módulo pode ser empregado como chave para desenvolvimento de projetos de laboratório. Quando desenhado corretamente, o módulo de laboratório poderá ser completamente coordenado com todos os sistemas de arquitetura e engenharia, apresentando vantagens de flexibilidade e expansão. A flexibilidade é fundamental para atendimento da área de pesquisa. Caracterizada pela dinâmica que lhe é peculiar, as pesquisas estão mudando constantemente e os prédios devem ser projetados com vistas às intervenções futuras. O planejamento em módulos facilita a adaptação para expansão ou contração sem prejudicar a funcionalidade do prédio (WATCH, 2001). As diferentes necessidades de espaços, tais como áreas de apoio e escritórios, podem ser expressas em múltiplos (ou frações) do módulo. Na Figura 5 - Planejamento em módulos - exemplifica o aproveitamento dos espaços laboratoriais a partir de dimensões estabelecidas.

Especificamente sobre as instalações NB3, também Crane e Riley (2004) propõem que sejam pensadas a partir de módulos, afirmando, ainda, que o controle de acesso (Quadro 4 - Matriz de localização e

---

<sup>12</sup> Estudo de pós-ocupação recentemente realizado por Burke et al. (2007) revê o uso do espaço em laboratórios em função do comportamento dos pesquisadores no ambiente de trabalho.

acesso de laboratórios NB3, p. 39), juntamente com o fluxo de trabalho, é um fator restritivo no desenvolvimento de projetos para laboratórios de contenção biológica.



Figura 5 - Planejamento em módulos

Pessoa (2006) diagramou sob forma de estrutura hierárquica de contenção os diferentes ambientes que compõem uma instalação NB3, representada na Figura 6 - Estruturação de laboratórios NB3.

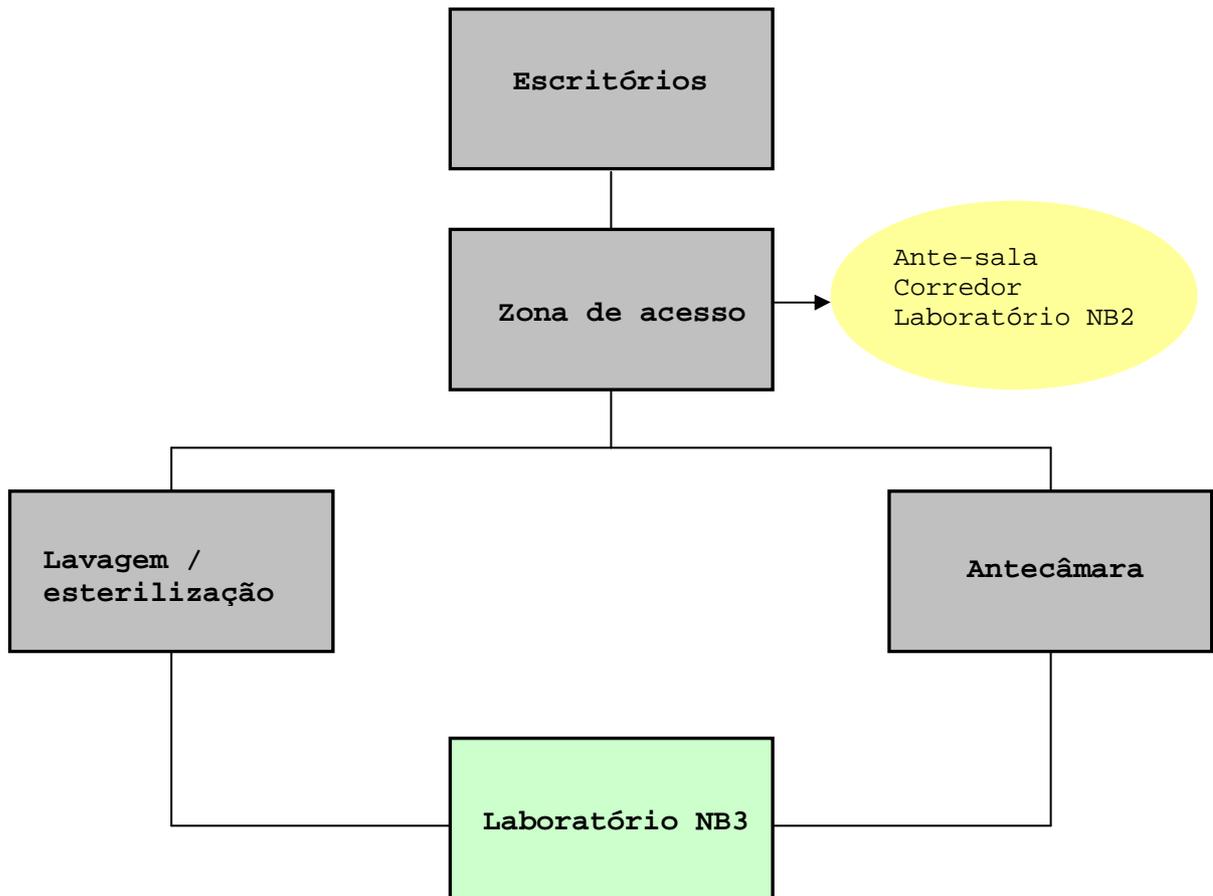


Figura 6 - Estruturação de laboratórios NB3  
Adaptado de: Pessoa (2006)

Já as diretrizes de biossegurança, segundo Crane e Riley (2004) causam impacto mínimo na planta de leiaute da área de contenção destes espaços de pesquisa. De fato, em relação aos demais laboratórios de pesquisa biológica, os NB3 não apresentam nenhum requisito extraordinário que demande solução arquitetônica diferente de leiaute para a área de contenção biológica. Isto porque as áreas de contenção devem ser projetadas a partir do posicionamento das Cabines de Segurança Biológica (CSB), principal equipamento de

proteção coletiva para o trabalho em contenção e determinante na definição do leiaute.

As manipulações dos agentes patogênicos perigosos têm lugar nas CSB, equipamento que foi desenvolvido para assegurar a proteção individual e coletiva dos pesquisadores e técnicos que exercem suas atividades no ambiente de contenção, a garantia da qualidade dos resultados das pesquisas pela minimização do risco de contaminação dos experimentos e a proteção do meio ambiente externo, evitando a propagação do risco biológico para fora da edificação.

Assim, os módulos de NB3 devem ser desenhados para acomodar adequadamente as CSB, que têm dimensões compatíveis com os demais equipamentos que são utilizados regularmente na área de pesquisa biológica e já foram, portanto, considerados no estabelecimento do tamanho do módulo por Watch e Fabrick. A largura de 2,5 m é suficiente para instalação de uma única cabine, e 3,5 m atende adequadamente a provisão de duas cabines. Por ser uma área dedicada ao trabalho em contenção biológica, os NB3 são mais despojados em mobiliário, ficando o restante da área liberada para acomodação de equipamentos de grande porte necessários, tais como centrífugas, tanques de criogenia, incubadoras etc. Desta forma, Crane e Riley (2004) estabelecem que o comprimento do módulo pode variar de 3 m, nos casos de alocação de uma única CSB, a 6 m, quando são instaladas duas CSB.

A partir das propostas dos autores estudados, pode-se estabelecer que a área de contenção NB3 deve ter a configuração retangular, dimensões básicas de 2,5 m x 3,0 m a 3,5 m x 6 m, para uso de uma CSB ou de dois equipamentos, respectivamente, conforme ilustram as figuras 7 e 8.

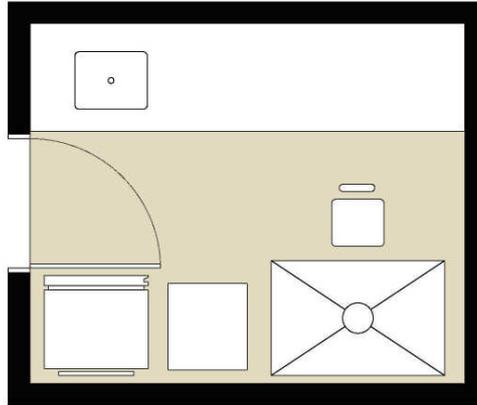


Figura 7 - Área de contenção para uso de uma CSB

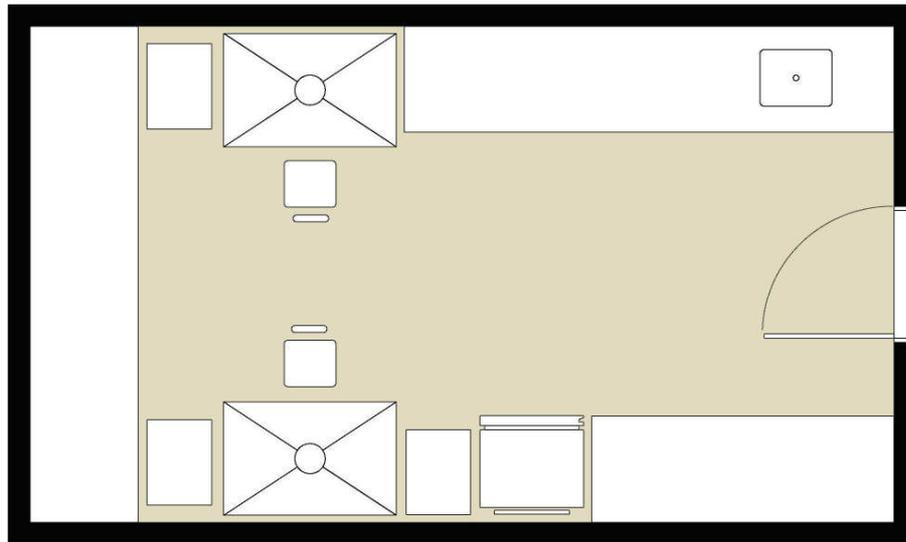


Figura 8 - Área de contenção para uso de duas CSB

Segundo os autores, os modelos que podem ser adotados como configuração de NB3 são limitados em quantidade, entretanto permitem diferentes soluções arquitetônicas.

As três primeiras alternativas possíveis basicamente se referem a um mesmo modelo e se diferenciam apenas pelo tipo de espaço escolhido como zona de acesso à área de contenção: uma ante-sala, um corredor, ou laboratório.

A resposta - o leiaute - deve ser desenvolvida segundo o programa de trabalho de pesquisa e das necessidades específicas.

O projeto mais simples contempla uma instalação com sala de acesso à área de contenção ou sala de NB3 propriamente dita. A ante-sala pode ser utilizada como vestiário, depósito de materiais ou funções de apoio. O trabalho com agentes perigosos deve ser realizado em ambiente que proporcione a contenção do espaço NB3, o qual é acessado através de outra porta. Crane e Riley (2004) apontam que uma possível variação é a ampliação da ante-sala de forma a proporcionar que as atividades de preparação sejam desenvolvidas junto ao NB3, mas fora da área de contenção. As Figuras 9 e 10 (vide p. 58) apresentam esquema de laboratórios NB3 com ante-sala como zona de acesso.

A Figura 11 (vide p. 58) ilustra o leiaute de instalação NB3 com ante-sala como zona de acesso.

Este tipo de laboratório tem limitação de utilização em função do pouco espaço disponível. Crane e Riley (2004) comentam que algumas organizações já consideram como aceitável a utilização da ante-sala para armazenamento de agentes de risco biológico congelados. Consideram, também, que este modelo é popular em função do menor custo de construção e da facilidade de aproveitamento da área de contenção para a realização de cultura de tecidos NB2 quando não estiver sendo usada como laboratório NB3. Assim, é geralmente encontrado em locais onde o trabalho desenvolvido em maior contenção é esporádico ou de pequeno porte.

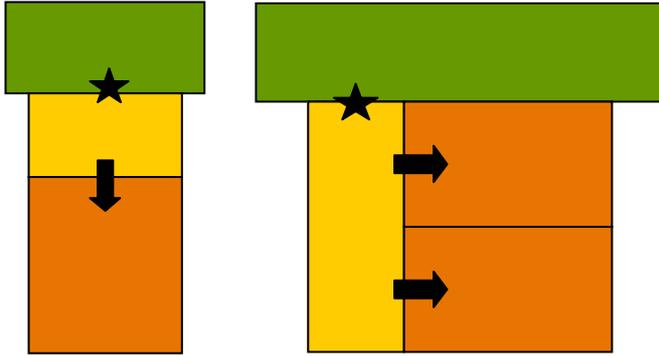
Uma segunda alternativa para este modelo de disposição espacial, é aquela que permite o acesso às áreas de contenção a partir de um corredor fechado e de circulação restrita. Esta disposição espacial traz as mesmas desvantagens do anterior, entretanto é mais apropriada quando existem programas separados a serem desenvolvidos no NB3. Tal proposição, segundo Crane e Riley (2004), deve ser cogitada quando da conversão de instalações já existentes em áreas de contenção NB3 porque a área a ser construída não seria tão extensa. A Figura 12 (vide p. 58) contém esquema de

laboratórios NB3 com corredor como zona de acesso e a Figura 13 (vide p. 58) exemplifica a adoção deste modelo.

A terceira alternativa para o modelo de sala de acesso à zona de contenção, é desenvolver um laboratório NB2 como área contígua ao NB3. A área do NB2 pode ser entendida como uma ante-sala ampliada para servir de laboratório operacional de apoio fora da área de contenção, esquematizado e ilustrado nas Figuras 14 e 15 (vide p. 58).

O segundo modelo proposto por Crane e Riley (2004) refere-se ao laboratório tipo suíte, conforme ilustrado por esquema e leiaute nas Figuras 16 e 17 (vide p. 58). Este tipo atende bem instalações mais complexas, criando espaços maiores e mais diversificados.

Uma ante-sala leva à chamada suíte, sala a partir da qual estão instaladas as áreas de contenção NB3. Esta sala serve como área de preparação, permitindo que os módulos NB3 funcionem a propósitos dedicados como, por exemplo, cultura de células. Podem ser dispostas salas para equipamentos e instrumentos a serem compartilhados por em uso comum. Trata-se de um ambiente com segregações que aumentam a segurança em função de um fluxo de trabalho bastante adequado a materiais perigosos.



Figuras 9 e 10 - Laboratório NB3 com ante-sala como zona de acesso  
 Fonte: Crane e Riley (2004)



Figura 11 - Leiaute de laboratório NB3 com ante-sala como zona de acesso

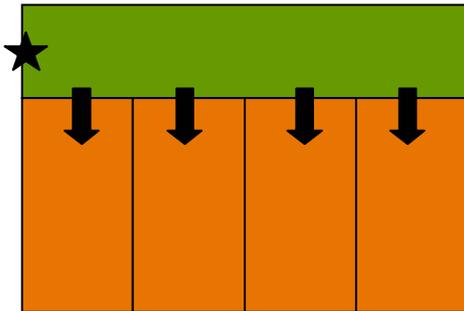


Figura 12 - Laboratório NB3 com corredor como zona de acesso  
 Fonte: Crane e Riley (2004)



Figura 13 - Leiaute de laboratório NB3 com corredor como zona de acesso

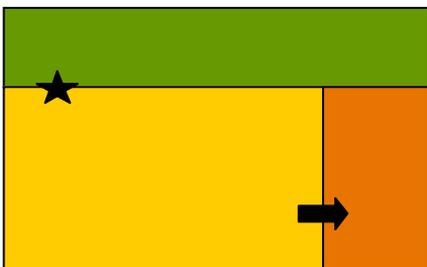


Figura 14 - Laboratório NB3 com laboratório NB2 como acesso  
 Fonte: Crane e Riley (2004)

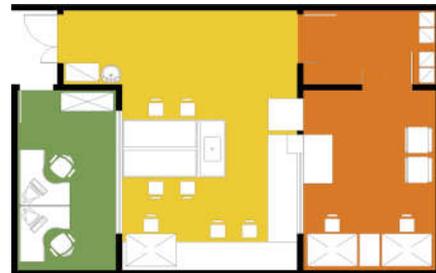


Figura 15 - Laboratório NB2 como zona de acesso à área de contenção

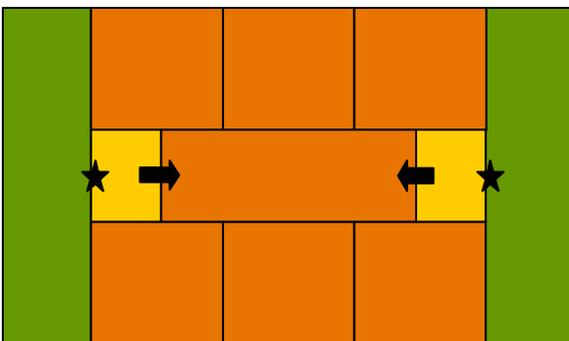


Figura 16 - Laboratório NB3 tipo suíte  
 Fonte: Crane e Riley (2004)

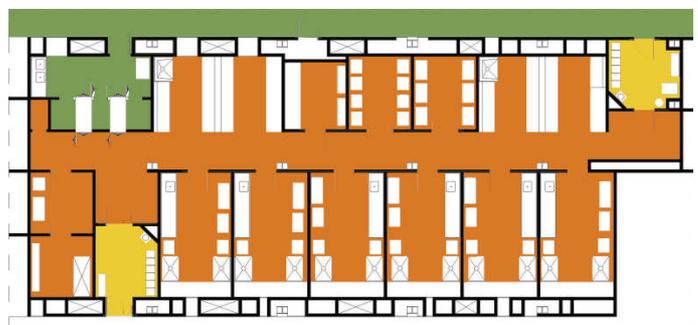


Figura 17 - Leiaute de laboratório NB3 tipo suíte

- Área de apoio
- Área de transição
- Área de contenção

## **2.6 Superfícies, revestimentos e mobiliário**

No planejamento das instalações de contenção, os revestimentos devem ser objeto de especial atenção. Por se tratar de local onde são manipulados agentes perigosos, a facilidade de limpeza e a resistência aos produtos empregados devem ser privilegiadas haja vista que as superfícies serão freqüentemente descontaminadas.

O projeto de mobiliário deve atentar para detalhes que previnem a ocorrência de acidentes, principalmente a geração de aerossóis e até mesmo movimentação do fluxo interno de ar. A presença de partículas sólidas ou líquidas em suspensão se movimentando no volume interno da contenção não é desejada uma vez que os aerossóis podem carrear os agentes biológicos e, desta forma, aumentar o risco de contaminação individual.

O Quadro 7 - Matriz de revestimentos e mobiliário para laboratórios NB3 - traz requisitos que devem ser necessariamente seguidos e outros que são recomendados na concepção do projeto de arquitetura.

Quadro 7 - Matriz de revestimentos e mobiliário para laboratórios NB3

Requisito	Recomendado	Obrigatório
1. As superfícies de portas, portais e mobiliário não devem ser absorventes		•
2. Em função das atividades, as superfícies de trabalho devem ser resistentes a corantes, umidade, produtos químicos, calor e à formação mecânica de sulcos		•
3. As superfícies de trabalho devem ser resistentes a impactos mecânicos típicos de laboratório		•
4. Todas as superfícies devem ser contínuas, sem saliências e reentrâncias (é aceitável que as juntas entre paredes e juntas de piso sejam vedadas/soldadas)		•
5. Deve haver continuidade do piso para as paredes, preferencialmente com acabamento arredondado		•
7. Os revestimentos devem ser resistentes aos produtos químicos utilizados		•
8. Os revestimentos devem ser laváveis		•
9. Os revestimentos das bancadas não devem apresentar juntas		•
10. As bancadas devem possuir rebordo para evitar derramamentos de líquidos e, ainda, sistema de drenagem	•	
11. Tampos, gavetas, maçanetas, etc. devem ter acabamento arredondado	•	
12. Frontispícios de bancadas próximas às paredes devem ser selados na junção com a mesma	•	
13. As prateleiras para guarda de reagentes químicos devem ser providas de borda	•	
14. As gavetas devem ser providas de limitador de curso	•	
15. As portas dos móveis não devem se fechar autonomamente	•	

Adaptado de: FIOCRUZ (2005), Canada (2004) e WHO (2004)

As paredes do perímetro de contenção devem ser construídas de materiais estruturantes e permanentes, com resistência mecânica adequada, apresentando, ainda estanqueidade para minimizar o risco de contaminação. Portanto, materiais como tijolos cerâmicos, blocos

de concreto e assemelhados são adequados. Caso haja necessidade de subdividir o espaço para adequação de leiaute dentro da área de contenção, poderão ser empregadas divisórias móveis construídas com materiais nobres tais como chapa de aço, observando-se que as superfícies devem ser monolíticas (Azeredo, 2004).

Para o revestimento de paredes, a pintura em acrílico é uma boa opção pois é economicamente viável, de fácil manutenção e bastante resistente à limpeza, sendo empregada com sucesso em áreas onde tais procedimentos são mais agressivos como, por exemplo, em biotérios de experimentação.

Embora a ANVISA (2002) também indique a pintura epóxi para áreas consideradas críticas<sup>13</sup>, este acabamento é de manutenção mais difícil e custo mais dispendioso. Mesmo assim, é bem indicado para pintura das paredes das áreas dos boxes de chuveiros nas antecâmaras, quando existentes, uma vez que estes locais podem permanecer úmidos em caso de uso constante.

Quanto aos pisos, nos boxes podem ser à base de resina epóxi por suas características de impermeabilidade e por ser anti-derrapante.

Já na área de contenção, que não estará potencialmente sujeita ao mesmo nível de umidade, pode ser empregado um material impermeável, de fácil limpeza e manutenção. Atendendo estes requisitos, as mantas vinílicas têm sido bem aceitas (AZEREDO, 2004). Por oportuno, deve-se lembrar que os processo de trabalho podem exigir pisos com resistência a uma variação considerável de temperatura porque devem suportar desde o calor emanado por equipamentos utilizados na esterilização por vapor úmido (autoclaves), como também ao frio extremo (-196°C) do nitrogênio líquido que eventualmente derrama dos tanques de criogenia.

No planejamento do mobiliário, Fabrick (1997) destaca que o usuário deve trabalhar junto ao arquiteto para que sejam atendidas as necessidades funcionais, ressaltando que a segurança deve ser o

---

<sup>13</sup> Áreas críticas são definidas como ambientes onde existe risco aumentado de transmissão de infecção ou onde se realizam procedimentos de risco.

item primordial na orientação do projeto. Para Griffin (2001) a automação de tarefas que até um passado recente eram executadas manualmente, requer a inserção de equipamentos que interferem no planejamento do laboratório.

Há disponibilidade no mercado de materiais de revestimento com as características de resistência mecânica, química e impermeabilidade necessárias para aplicação no revestimento de mobiliário para o NB3. Destacam-se o aço inoxidável e laminados melamínicos, com características e valor agregado distintos. Como materiais de revestimento, o primeiro é adequado às bancadas com cuba. As demais superfícies de trabalho podem ser revestidas em laminado melamínico. Mas a estrutura de todas bancadas deve ser, necessariamente, construída em aço inox porque este material apresenta mais resistência aos desinfetantes químicos como o hipoclorito de sódio<sup>14</sup>. Principal agente de desinfecção utilizado na limpeza de laboratórios, é efetivo, apresenta vantagens econômicas e relativamente baixa toxicidade ambiental, mas em contra-partida é bastante corrosivo. Watch (2001) recomenda a adoção de revestimento em resinas nas bancadas para trabalho com água, material que foi adotado como acabamento das bancadas ditas secas no projeto de laboratórios NB3 de saúde pública recentemente desenvolvido no país (Azeredo, 2004).

As portas dos móveis devem ser construídas e estruturadas de modo a garantir a perfeita vedação do ambiente e, como revestimento, podem ter o mesmo acabamento aplicado ao mobiliário.

No Quadro 8 - Materiais e revestimentos - estão relacionados aqueles adequados para instalações de contenção.

---

<sup>14</sup> As soluções comerciais de hipoclorito de sódio são quimicamente estabilizadas com hidróxido sódio, substância cáustica e corrosiva.

Quadro 8 - Materiais e revestimentos

Materiais		NB3
Piso	Alta resistência	S
	Vinílico (placa)	N
	Vinílico (manta)	S
	Resina epóxica	S
Paredes/painéis	Concreto celular	S
	Gesso acartonado	S
	Poliuretano expandido	S
Revestimento paredes/painéis	Pintura acrílica	N
	Pintura PVC	S
	Chapa de melamina	N
	Pintura resina epóxica	S
	Pintura poliuretano	S
	Chapa de aço pintada	S
	Chapa de aço inox	S
Tetos	Forro de gesso	N
	Forro removível	N
	Forro gesso acartonado	S
	Forro autoportante de poliuretano com núcleo: lã de rocha, fibra de vidro, poliestireno etc	S
Revestimento tetos: lajes e forros	Pintura acrílica	N
	Pintura PVC	S
	Chapa de melamina	N
	Pintura resina epóxica	S
	Chapa de aço pintada	S
	Chapa de aço inox	S

Legenda: S: Sim; N: Não

Fonte: Adaptado de ANVISA (2002), Azeredo (2004) e Pessoa (2006)

## **2.7 Sistemas de ventilação e climatização**

O projeto de arquitetura e engenharia deve contemplar as barreiras secundárias definidas em biossegurança com vistas à estanqueidade do ambiente do laboratório, constituindo-se o projeto de ventilação e condicionamento do ar em aliado essencial na obtenção dos níveis adequados de contenção biológica.

Nos laboratórios para trabalho em contenção é necessária a adoção sistemas mecânicos para ventilação, condicionamento e tratamento de ar. Tais projetos exercem papel fundamental na segurança laboratorial e ambiental.

No Quadro 9 - Matriz de ventilação e climatização para laboratórios NB3 - são levantados aspectos importantes sobre o funcionamento dos sistemas a serem empregados, impactando diretamente as decisões arquitetônicas para a área de contenção.

Quadro 9 – Matriz de ventilação e climatização para laboratórios NB3

Requisito	R	O
1. Tomada de ar 100% externa		•
2. Fluxo de ar unidirecional através da aplicação de diferencial de pressão segundo gradiente do menor para o maior risco		•
3. Visualização dos diferenciais de pressão através de manômetros localizados na entrada da área de contenção	•	
4. Sinalização visual e sonora na área de contenção e adjacências para alertar falha no sistema de ventilação (admissão de ar)		•
5. Dutos de admissão de ar protegidos por mecanismo anti-refluxo através de <i>dampers</i> automático ou pela instalação de filtro HEPA. Nestes casos, os dutos de admissão de ar deverão ser selados. Esta diretriz depende de avaliação local de risco.	•	
6. Sistema de admissão de ar independente de outras áreas laboratoriais. Excepcionalmente poderá ser aceito o compartilhamento da admissão mediante instalação de barreira anti-refluxo como no item 5. Este critério é recomendado, mas não obrigatório, nos casos em que a infecção individual provocada pelo agente biológico em estudo não ocorre por inalação		•
7. Intertravamento do sistema de ventilação (admissão e exaustão) para evitar pressão positiva no ambiente de contenção		•
8. Ar de exaustão filtrado por filtro HEPA. Este critério é recomendado, mas não obrigatório, nos casos em que a infecção individual não ocorre por inalação		•
9. Independência do sistema de exaustão do ar da área de contenção. Excepcionalmente poderá ser aceito o compartilhamento da exaustão mediante instalação de barreiras como no item 5. Este critério é recomendado, mas não obrigatório, nos caso em que a infecção individual não ocorre por inalação		•
10. Acesso aos sistemas de ventilação (casa de máquinas e filtros) pelo exterior da área de contenção para fins de manutenção e reparo	•	
11. Dutos de exaustão, externos ao perímetro de contenção, selados		•
12. Dispositivos anti-refluxo e filtros HEPA instalados o mais próximo possível do perímetro de contenção	•	

Adaptado de: FIOCRUZ (2005), Canada (2004) e WHO (2004)

### 2.7.1 Importância da compatibilização do projeto de ventilação com a instalação das CSB

Miranda (2004) aponta como essencial observar a compatibilização dos projetos de arquitetura com os demais projetos de instalação para que as cabines de segurança biológica funcionem a contento. Na instalação de equipamentos com exaustão externa deve-se observar:

- Exaustor externo que atenda aos requisitos de pressão e vazão de ar;
- Saída de exaustão do ar afastada de captações de ar, janelas e áreas de circulação;
- Abertura que permita a entrada de ar (fluxo de ar) na sala onde o equipamento está instalado;
- Conexão no duto de ventilação próximo à CSB;
- Válvula junto ao equipamento que permita bloquear a saída de ar de forma estanque;
- Válvula que permita regular o volume de ar de exaustão;
- Válvula de fluxo unidirecional para impedir fluxo reverso na exaustão;
- Boa vedação das conexões dos dutos;
- Janela no duto, próxima ao equipamento, com fechamento estanque, para medições no fluxo de ar;
- Dutos de captação de ar com mínima resistência ao fluxo;
- Uso de pré-filtros na captação de ar.

No projeto de laboratório deve-se observar os parâmetros a seguir para que os equipamentos funcionem corretamente:

- Localização da CSB em ponto distante da entrada e isolado das demais rotinas;
- Distância de portas, janelas, difusores de ar, trânsito de pessoas, e equipamentos que possam gerar turbulências no ar próximo ao equipamento;
- Considerar as interferências do sistema de ventilação no equipamento e vice-versa.
- Espaço para mover o aparelho em manutenções;
- Observar a distância entre uma e outra CSB para não haver interferência nos fluxos de ar;
- Dimensionamento da área de trabalho do operador compatível com o desempenho das atividades;
- Registros de pontos de utilidades próximos (linhas de abastecimento hidráulico e de gases), acessíveis e sinalizados;
- Circuito elétrico independente para cada CSB, conectado à rede de emergência;
- Tomada elétrica para ligar a CSB em local visível e de acesso tal que não seja necessário mover o equipamento.

O sistema de exaustão não deve servir a outras partes da instalação. A adoção desta precaução minimiza a possibilidade de

contaminação de áreas mais limpas como, por exemplo, os laboratórios contíguos de apoio. Segundo avaliação de risco, esta condição pode, em caráter excepcional, não ser atendida quando o agente patogênico específico que será manipulado dentro da área de contenção não provoque infecção individual mediante inalação.

O fluxo da ventilação deve ser unidirecional, que pode ser obtido através do emprego de diferenciais de pressão. O fluxo de ar direcionado faz com que as correntes se movimentem das áreas de menor risco para as áreas de maior risco.

O ar de exaustão deve passar por sistemas de filtração HEPA. Tais filtros devem ter a instalação projetada de forma a permitir sua descontaminação química gasosa por ocasião das trocas de manutenção, através de fumigação com formaldeído. Tecnicamente, para minimizar os riscos de acidentes nas operações de trocas de filtros do ar de admissão e exaustão, é possível a adoção dos sistemas *bag in/bag out*, através dos quais há a possibilidade de intercambiar o filtro sem contato manual do operador.

Os sistemas de suprimento e exaustão de ar devem ser conectados à geração elétrica de emergência. Se possível, o sistema deve ser dotado de intertravamento para evitar que a ventilação não ocorra, caso os exaustores não funcionem, prevenindo a pressurização positiva da área de contenção.

O ar de admissão deve passar por pré-filtros a fim de serem eliminadas as partículas de maior diâmetro. Cirrota (2004) realizou pesquisa onde se constata que nos laboratórios de pesquisa biológica NB3, para garantia da contenção, vem se empregando a tecnologia de salas limpas. Por tal tecnologia, o ar de admissão também é filtrado por sistema HEPA. São inúmeras as vantagens deste tipo de instalação, pois o número de partículas em suspensão no ambiente diminui acentuadamente, fazendo com que o risco de contágio por inalação também se minimize. A melhor qualidade do ar prolonga a vida útil dos filtros HEPA das cabines de segurança biológica (contenção primária) e dos filtros HEPA de exaustão (contenção secundária). A desvantagem do emprego da tecnologia de salas limpas

está inserida no plano econômico, com maior custo de instalação e operação.

Uma das variáveis mais importantes para a obtenção dos requisitos de contenção em níveis primário e secundário é a ventilação. É oportuno lembrar que em laboratórios NB3 são manipulados microorganismos patogênicos de fácil transmissão de doenças pelas vias aéreas e para os quais não há vacinas disponíveis nem tratamento eficaz para a cura das patologias que se desenvolvem no homem. Assim, os projetos de ventilação são aliados da biossegurança no que se refere à contenção para fins de se alcançar a proteção de pesquisadores, ambiente externo e garantia de que os resultados obtidos nas análises sejam confiáveis em qualidade, afastadas as hipóteses de contaminação de amostras por patógenos presentes no ar.

## **2.8 À guisa de conclusão**

Quanto maiores as exigências de contenção biológica, mais relevantes serão as etapas para a antecipação e o reconhecimento de riscos no trabalho em laboratórios, minimizando as incertezas do ambiente onde o projeto se desenvolve uma vez que atualmente os empreendimentos são cada vez mais complexos, revestindo-se de caráter único e demandando esforços de cooperação entre profissionais de diferentes formações.

Cabe ao arquiteto, a partir de um bem elaborado programa de necessidades, coordenar o desenvolvimento dos projetos necessários à construção do espaço concebido, compatibilizando todas as etapas das especialidades envolvidas.



## Capítulo III

### Processo de projeto de laboratórios: o conceito de biossegurança como ponto de inflexão

*Os laboratórios são construções que talvez  
melhor simbolizem a era em que vivemos.  
Caroline Langley*

O trabalho do arquiteto na área de saúde possui peculiaridades que transcendem a simples questão do uso de ambientes (CARVALHO, 2006b). Na opinião deste autor a "arquitetura, como arte de adequar os espaços às ações humanas, influencia e é influenciada por estas atividades, relacionando-se estreitamente com a saúde" (CARVALHO, 2006a, p.1).

É senso comum que, dentre as etapas do processo construtivo, a fase de projeto é aquela que apresenta as maiores oportunidades de intervenção e agregação de valor ao empreendimento. Portanto, os processos de concepção e projeto tornam-se estratégicos para o desempenho do edifício ao longo do seu ciclo de vida.

Ao projeto cabe a tarefa de agregar eficiência e qualidade ao produto, a partir da consideração de interesses em comum das partes envolvidas, beneficiárias diretas ou indiretas do bem construído.

O campo da construção civil, caracterizado pela competitividade e por níveis de exigência cada vez mais elevados sobre processos e produtos, tem passado por mudanças no que se refere à qualidade das edificações ao longo de todo seu ciclo de vida.

Entre estas mudanças, destaca-se a influência cada vez maior da opinião e necessidades dos usuários na avaliação da qualidade dos edifícios. As construtoras têm adotado os métodos relacionados com a avaliação pós-ocupação (APO) para atender de forma positiva aos

anseios dos futuros usuários. Entretanto, Melhado (2005) observa que as evoluções ocorrem principalmente no campo das especificações de materiais e componentes e dos detalhes construtivos e nem tanto em relação a aspectos funcionais e de concepção.

Acresça-se que, nos dias atuais, marcados pela expansão dos mercados, as empresas necessitam aprimorar-se para sobreviver em ambiente caracterizado pela competitividade e inovação tecnológica. Mas a sobrevivência das empresas também depende de outro fator não menos importante que é seu comprometimento com o bem estar da sociedade, tanto dos indivíduos como do ambiente em que vivem.

É nesse cenário que se aborda a questão do processo de projeto de edificações destinadas a uso específico, como é o caso dos laboratórios de pesquisa biológica voltados para o trabalho em contenção, quando a variável biossegurança deve ser considerada como fator basilar.

Enquanto produto, o projeto arquitetônico se refere à edificação que se pretende construir. Já na visão de processo, o projeto se refere à seqüência de atividades necessárias que transformarão a idéia concebida em diretrizes a serem obedecidas para se realizar o produto - a edificação (SALGADO, 2007).

Durante o desenvolvimento dos projetos, um sem número de informações e contribuições advindas das diversas partes e áreas do conhecimento envolvidas precisa ser consultada, articulada e conciliada. Daí a relevância de um sistema que organize os dados e possibilite o acesso imediato às informações necessárias ao pleno desenvolvimento do projeto.

A adoção de sistemas de gestão da qualidade no processo de projeto está relacionada à padronização de processos que resultem em parâmetros de controle para os projetistas. A partir da identificação de variáveis que fazem parte do processo de projeto, pode-se propor uma sistematização e organização de informações, tal qual os procedimentos de gestão da qualidade estabelecidos em normas. Segundo Salgado (2004), "as normas de gestão da qualidade não foram elaboradas pensando na atuação do arquiteto [...]"

entretanto a adoção de seus princípios pode ser um caminho para a organização dos processos de trabalhos ligados ao projetar.”

Os sistemas de gestão de projetos devem ser entendidos em sentido amplo, não mais se restringindo sob a égide da certificação da qualidade, mas sim como estratégia e forma de relacionamento com os demais agentes da cadeia de produção (MELHADO, 2005).

### **3.1 Gestão integrada de projetos: qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacionais**

A adoção de normas de gestão pelas empresas permite que barreiras físicas e tecnológicas sejam superadas pela utilização de padrões regulados por normas internacionalmente aceitas. As mais conhecidas são aquelas estabelecidas pela *International Organization for Standardization* - ISO<sup>15</sup>, entidade não governamental sediada na Suíça que conta com uma rede da ordem de 150 países participantes. Trata-se de uma instituição cujo objetivo é propor e monitorar normas que representem e traduzam o consenso de diferentes países para a normalização de procedimentos, medidas e materiais em todos os domínios da atividade produtiva.

#### **3.1.1 Gestão da qualidade - SGQ**

Com o advento do Mercado Comum Europeu, as normas de gestão da qualidade firmaram-se definitivamente como instrumento que viabilizou a transposição das barreiras técnicas que existiam entre países com diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico. O sistema da qualidade, que consiste na estrutura organizacional, responsabilidades, procedimentos, processos e recursos para a implementação da gestão da qualidade, consolidou-se na série de normas ISO 9000(SALGADO, 2002).

As empresas, para se manterem competitivas, estão sendo levadas a se adequar ao SGQ por exigência do mercado. A grande vantagem da adoção das normas é possibilitar qualidade ao produto através de um

---

<sup>15</sup> É interessante observar que a sigla ISO foi adotada para identificar a instituição como uma marca ou padrão, evitando-se a sua modificação ou adequação quando da tradução para os idiomas dos países associados à organização. A escolha recaiu sobre a sigla conhecida por ser originária da palavra grega *isos*, que significa igual. Assim, por analogia igual também pode ser entendida como padrão.

sistema gerencial estruturado que se preocupa com os procedimentos, treinamento de pessoas, auditorias, registros etc (MOURA, 2002). O atendimento às normas não garante qualidade ao produto, mas assegura que a empresa possui um sistema de garantia da qualidade bem estruturado, o que é caminho para que o produto apresente qualidade.

O conjunto da família ISO 9000:2000, publicado pela ABNT, é constituído pela NBR ISO 9000 que trata dos fundamentos dos sistemas de gestão da qualidade, pela NBR ISO 9001, requisitos para implantação e implementação dos sistemas de gestão da qualidade, e pela NBR ISO 9004, diretrizes para a melhoria o desempenho.

Face à dinâmica do mundo globalizado, a norma sobre sistema de gestão da qualidade passa, periodicamente, por adequação. Em processo de revisão para ISO 9001:2008, as atualizações mantêm sua essência inalterada. Dentre os ajustes propostos, destaque-se a inclusão de nota sobre o termo ambiente de trabalho, a qual relaciona-o às condições necessárias para atingir a conformidade com os requisitos do produto (SGS, 2008).

A magnitude dos resultados alcançados pelas normas do sistema de gestão da qualidade, após a primeira edição na década de 80, levou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - ECO 92 - realizada no Rio de Janeiro solicitar à ISO um sistema de gestão ambiental normalizado.

### **3.1.2 Gestão ambiental - SGA**

O modelo econômico de desenvolvimento fez com que as pressões das sociedades, diante da iminência de desastres ecológicos e deterioração da qualidade de vida, repercutissem sobre os governos, acarretando o recrudescimento das políticas públicas de preservação ambiental. Esta nova ordem veio a influenciar o processo de gestão das organizações, que passaram a incluir nos seus planejamentos estratégicos a questão ambiental por necessidade de demonstrar nas suas políticas a valorização da temática como forma de consecução de novos negócios.

Segundo Regazzi (2001), a gestão ambiental passou a ser associada a atitudes empresariais pró-ativas, com auto-regulação do desempenho ambiental e foco na prevenção da poluição em todo ciclo de vida do produto (do berço ao túmulo), caracterizado pela seleção de matérias-primas, desenvolvimento de novos processos e produtos, racionalização do consumo de energia, reciclagem e reaproveitamento de resíduos e disposição final, até a integração de controle ambiental na gestão administrativa da empresa. A questão ambiental deixa de ser apenas uma imposição legal e se constitui em ameaças e oportunidades de negócios a serem consideradas no planejamento das empresas por estar diretamente relacionada com a competitividade, permanência no mercado e sobrevivência.

A ação ambiental assenta-se sobre princípios, dentre os quais destacam-se a sustentabilidade, baseada na necessidade de se reduzir os desequilíbrios entre o grau de exploração dos recursos naturais e a sua capacidade de regeneração, e a responsabilidade estendida pelo produto, que atribui a quem produz a responsabilidade pelo ciclo de vida do produto, do berço ao túmulo.

Em 1996, foi publicada a primeira versão do conjunto de normas da série ISO 14000, estabelecendo diretrizes para a implementação dos sistemas de gestão ambiental nas organizações numa tentativa de homogeneizar conceitos, ordenar atividades e criar padrões de procedimentos que sejam reconhecidos por quem executa atividades laborativas capazes de gerar impactos ambientais. Enfim, foram estabelecidos requisitos para desempenho ambiental quanto ao comprometimento das organizações, com atendimento à legislação e regulamentos aplicáveis e busca de melhoria continuada.

Por compartilharem requisitos comuns aos sistemas de gestão da qualidade, as empresas podem utilizar seu próprio SGQ como base para o sistema de gestão ambiental, distinguindo-se que os sistemas de gestão da qualidade tratam das necessidades de produção e do cliente, enquanto os sistemas de gestão ambiental buscam o controle ou eliminação de atividades que possam gerar impactos negativos no meio ambiente.

Entretanto, a série ISO 14000 não trata de aspectos relativos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador, não desencorajando as empresas que pretendam desenvolver a integração de tais elementos no sistema de gestão.

### **3.1.3 Gestão de saúde e segurança ocupacionais - SGSSO**

Não existe uma norma ISO para gestão da saúde ocupacional e segurança do trabalhador. As discussões são realizadas, no âmbito internacional, na Organização Internacional do Trabalho - OIT - por entendimento, em 1997, da própria ISO (ROMERO, 2004).

Na busca de um sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional nos moldes dos sistemas de gestão da qualidade, foram desenvolvidas normas tanto na Inglaterra, como nos Estados Unidos, respectivamente a BS<sup>16</sup> 8800 e a OSHA<sup>17</sup> 18001.

A BS 8800 é essencialmente um guia que explica os vários elementos necessários para se desenvolver um SGSSO. Orientativa, assim como a OSHA 18001, foi elaborada para ser compatível com o sistema de gestão da qualidade da ISO 9001 e com o sistema de gestão ambiental da ISO 14001. Para tanto, fornece os requisitos necessários para o estabelecimento de um sistema de gestão de saúde e segurança ocupacionais - sistema preventivo através do qual são planejadas as atividades produtivas e é controlada uma série de etapas do processo, garantindo que o produto final seja obtido em conformidade com o que foi prescrito. Assim como a ISO 14001, a OSHA 18001 (e BS 8800) não tem o foco no produto (ISO 9001), mas em questões que são conseqüências da produção. Tais normas buscam auxiliar na minimização dos riscos ocupacionais para os trabalhadores, estabelecendo uma imagem responsável perante o mercado.

A OIT publicou em 2001 as diretrizes de saúde e segurança no trabalho, explicitando que não exigem certificação, redigindo-as de

---

<sup>16</sup> *British Standards* são padrões estabelecidos pelo grupo BSI (Reino Unido), fundado em 1901.

<sup>17</sup> *Occupational Health and Safety Administration*, órgão do Departamento do Trabalho (Estados Unidos).

forma a serem adaptadas às diferentes realidades regionais, respeitando as autonomias governamentais locais.

No Brasil, não há norma editada para SGSSO, mas a página governamental do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE - divulga, em versão na língua portuguesa, a BS 8800. Entretanto, deve-se ressaltar que na da legislação trabalhista brasileira de proteção à saúde do trabalhador e segurança no trabalho há duas disposições legais nas Normas Regulamentadoras do MTE que guardam relação com a idéia de sistema de gestão. São a NR 7 e NR 9, respectivamente Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO - e Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA (BRASIL, 1994 e BRASIL, 1995)<sup>18</sup>. O PPRA apresenta algumas características das normas de sistemas de gestão, trazendo em seu bojo, junto com a proposta de antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência de riscos ambientais no trabalho, uma estrutura mínima que contempla o planejamento anual com metas, prioridades e cronograma; estratégia e metodologia de ação, forma de registro, manutenção e divulgação dos dados; periodicidade, forma de avaliação e desenvolvimento do programa.

Talvez por isso não seja surpreendente o fato de que tenha sido brasileira a primeira empresa do ramo da construção civil a obter certificação do SGSSO - a Tecnum & Corporate Empreendimentos Imobiliários, empresa sediada em São Paulo (UBALDO, 2002). Sobre a construção civil em particular, cujos acidentes de trabalho são geralmente bastante graves, a legislação brasileira estabeleceu regulamentação específica através da NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2007b), que objetiva a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

---

<sup>18</sup> Quando se tratar de atividade na área de saúde humana, o PCMSO e PPRA deverão ser desdobrados em conformidade com norma específica, NR 32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde (BRASIL, 2005).

#### 3.1.4 Sobre o sistema de Gestão Integrada

Os sistemas de gestão SGQ, SGA, SGSSO, de adesão voluntária, não deveriam ser entendidos como restrições, mas como oportunidades de sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida da sociedade, atendendo às demandas de inovação tecnológica e pressões por competitividade, a serem incorporados na metodologia de processo de projeto, numa visão sistêmica e integradora.

Segundo Dias (2004, p.62), a implementação de sistemas integrados de gestão na construção civil "tem vindo a ser reconhecido internacionalmente como uma ferramenta útil... em promover a melhoria da qualidade do produto construído (um edifício, uma ponte, uma estrada), reduzir a poluição ambiental resultante da atividade de construção e os acidentes de trabalho e doenças profissionais quer durante a fase de construção quer durante as intervenções posteriores na fase de utilização". Porém, para atingir tal objetivo é "necessário e fundamental intervir desde logo na fase de concepção... tendo em conta o processo construtivo mais adequado e a sua exploração, utilização e intervenções de manutenção... Os donos das obras possuem grandes responsabilidades... considerando não apenas objetivos de prazo e custo, como tradicionalmente, mas também atender às questões ambientais, da qualidade e da Segurança e Saúde no Trabalho. Devem dar também a autoridade, o poder e os meios aos seus agentes (que atuam em seu nome) para implementar e manter essa política baseada em critérios de organização e responsabilidade - os dois "pilares" para o sucesso de qualquer sistema de gestão." Pela proposta do professor da Universidade de Lisboa o sucesso na implementação de sistemas integrados de gestão reside na capacidade tanto da equipe responsável pela elaboração dos projetos como da equipe responsável pela execução dos trabalhos - integrando para qualificar.

Diante do exposto, apesar de observarmos a importância da implementação de sistemas de gestão na construção civil as propostas desta gestão integrada em qualidade, segurança e ambiente são extremamente tímidas no país.

A adoção da gestão integrada no processo de projeto de ambientes com utilização específica, como é o caso de laboratórios de segurança biológica, constituiria-se em importante ferramenta para consolidar diretrizes projetuais assentadas no trinômio qualidade-ambiente-segurança e saúde ocupacionais, elementos que sustentam o conceito de biossegurança.

### **3.1.5 Certificação, acreditação e habilitação: gestão da qualidade em laboratórios**

O conteúdo das normas da família NBR ISO 9000 é suficientemente amplo e versátil, viabilizando-se como "aplicável por qualquer tipo de organização, seja de produção de insumos ou produtos, seja de prestação de serviços, inclusive organismos públicos com objetivos exclusivamente sociais e não competitivos" (SILVA;ROSENBERG, 2006, p.16).

Para laboratórios há norma específica, a NBR ISO IEC 17025 (ABNT, 2001), a qual estabelece os requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Valle e Bicho (2001) destacam que através da norma ISO 17025 buscou-se estabelecer um padrão internacional e único para atestar a competência dos laboratórios na realização de ensaios, havendo também uma relação mais estreita, clara e sem ambigüidade com as normas ISO 9000 de gestão da qualidade.

Historicamente, o processo de padronização em laboratórios de ensaio e calibração teve início em 1978, entretanto sem detalhamento para a aplicação do conteúdo mínimo a ser apresentado na política da qualidade, na rastreabilidade da medição ou na confiabilidade do laboratório. Em 2000, foi reeditada, incorporando-se na revisão as diretrizes difundidas pela norma ISO 9000. A posterior publicação da nova série ISO 9001:2000 demandou a atualização da ISO 17025 em 2005.

Alguns critérios e requisitos da ISO 9000 e ISO 17025 guardam bastante semelhança. A ISO 17025 estabelece uma relação estreita com a ISO 9001:2000, trazendo em seu bojo requisitos gerenciais de forma que os laboratórios também desenvolvam um sistema de qualidade.

Porém, se diferencia pelos critérios de avaliação da competência técnica do laboratório para implementar ensaios e calibrações específicas, apresentando 10 requisitos técnicos a serem seguidos pelo laboratório que busca a certificação, incluindo pessoal, equipamentos e ambiente.

A acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação de que um laboratório (ou organismo de certificação ou inspeção) atendeu os requisitos previamente definidos e se mostrou competente para realizar suas atividades com confiabilidade. Podem ser acreditados pelo INMETRO organismos de certificação, através da Divisão de Credenciamento de Organismo, e laboratórios de ensaio e calibração, através da Divisão de Credenciamentos de Laboratórios - DICLA.

Tanto a certificação ISO 9000 quanto a acreditação pela NBR ISO IEC 17025 asseguram a existência de um sistema de gestão qualidade em laboratórios, evidência da credibilidade da gestão. Entretanto, o sistema de gestão da qualidade, por si só, é indicação necessária mas não suficiente quando se trata de laboratórios de calibração e ensaios, haja vista a necessidade de demonstrar a competência técnica da instalação. Desta forma, para fins de credibilidade laboratorial, o instrumento mais adequado a ser adotado é a acreditação, uma vez que esta atesta tanto a gestão da qualidade como também a competência técnica.

Especificamente para laboratórios clínicos, foi editada a norma Laboratórios de análises clínicas - Requisitos especiais de qualidade e competência, que obedece ao mesmo conteúdo da norma ISO 17025, porém incorporando requisitos de aplicação específica. No Brasil a ABNT realizou a tradução e publicação da norma em questão como NBR (ABNT NBR NM ISO 15189). Coube ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, regulá-la sob forma da norma NIT-DICLA 083 Critérios Gerais para Competência de Laboratórios Clínicos (INMETRO, 2001) uma vez que este órgão é o único que oficialmente pode expedir certificado de acreditação de laboratórios clínicos no Brasil. Entretanto, Silva e Rosenberg

(2006) observam que pode haver ações de habilitação de laboratórios por parte de organismos de regulação tais como a ANVISA.

Há, ainda, os princípios de Boas Práticas de Laboratório - BPL, regulamentados através da norma NIT-DICLA 028 - Critérios para o Credenciamento de Ensaio Segundo os Princípios BPL - Boas Práticas de Laboratório (INMETRO, 2003). Sua origem é de 1982, quando a Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento (OECD) publicou os princípios de boas práticas laboratoriais no teste com produtos químicos, posteriormente complementando-os com diretrizes sobre propriedades de produtos químicos e segurança química. Em nosso país, as BPL são de aplicação compulsória nas áreas laboratoriais de toxicologia, eco-toxicologia e ecossistemas, com aplicação cada vez maior em laboratórios de pesquisa (SILVA;ROSENBERG, 2006). Em síntese, as BPL constituem o sistema de gestão da qualidade que abrange o processo organizacional e as condições sob as quais são planejados, realizados, monitorados, registrados e arquivados estudo em laboratório e no campo. Seus princípios abrangem estudos com produtos químicos, biológicos e biotecnológicos, obtendo-se dados sobre a substância em questão a fim de se garantir a segurança quanto ao seu uso com respeito à saúde humana, vegetal, animal e ao meio ambiente, sendo eficaz nos objetivos científicos (INMETRO, 2003).

Além desses regulamentos, cabe acrescentar que na área de produção todas as operações que tratam da fabricação de medicamentos devem obrigatoriamente buscar a certificação em Boas Práticas de Fabricação - BPF (ANVISA, 2003). A resolução da ANVISA é de mesma natureza que outras normas da qualidade, elaboradas especificamente para a produção e controle da qualidade de medicamentos e a última versão foi publicada em 2003 como Resolução RDC 210.

Já na área hospitalar, há os sistemas de acreditação baseados nas BPC - Boas Práticas Clínicas, direcionadas para os estudos clínicos em humanos. No Brasil, o Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) aprovou o Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar, um instrumento específico para avaliar a qualidade assistencial destas instituições de forma sistêmica e global. Trata-se de certificação

voluntária a ser obtida através de instituições acreditadoras credenciadas.

Os sistemas de gestão da qualidade tendem a convergir em critérios e requisitos comuns, diferenciando-se em relação ao foco ou objetivo do sistema, com aspectos específicos complementares aplicáveis a determinados processos, sejam eles na área de produção de insumos para saúde, hospitalar, de pesquisa em biotecnologia ou de pesquisa clínica.

Ao aplicar os sistemas de gestão da qualidade em qualquer destas áreas de atuação, é imprescindível considerar os princípios de biossegurança com o objetivo de minimizar os riscos ocupacionais e ambientais, notadamente aqueles relativos à exposição aos agentes biológicos. Assim, são múltiplos os recortes através dos quais se verifica a interface entre a gestão da qualidade e a biossegurança, exigindo atendimento de normas nacionais e internacionais sobre a organização de ambientes de trabalho, com risco biológico, para realização de pesquisa ou prestação de serviços.

No Brasil, o Ministério da Saúde, através da Secretaria de Vigilância em Saúde (Brasil, 2004b), estabeleceu critérios para habilitação dos laboratórios de referência, dentre as quais destaca-se a implantação compulsória de um sistema de gestão de qualidade que obedeça a uma das normas anteriormente citadas (NIT-DICLA 083, ABNT NBR ISO IEC 17025 ou NIT-DICLA 028) e também a implantação compulsória de um sistema de gestão da biossegurança. A habilitação é concedida pela CGLAB - Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública, do Ministério da Saúde.

A norma ABNT NBR NM ISO 15189 (ABNT, 2007)<sup>19</sup>, regulamentada pelo INMETRO como NIT-DICLA-083 sobre critérios gerais para competência de laboratórios clínicos, que trata dos procedimentos para acreditação de laboratórios clínicos, textualiza como um dos seus requisitos técnicos as acomodações e condições ambientais. O item 7.2 Acomodações e condições ambientais é um dos dez requisitos técnicos da norma. Os demais tratam de pessoal, equipamentos,

---

<sup>19</sup> Esta norma foi atualizada em 2007 em consonância aos regulamentos previstos para o Mercosul.

processos, procedimentos, resultados e saúde, segurança e meio ambiente. Os aspectos arquitetônicos da instalação são bastante valorizados como exigências de acomodação e condições ambientais.

É exigido, com vistas à minimização de interferências que possam comprometer a qualidade dos exames contidos no laudo, que o laboratório tenha sua construção e localização compatíveis com as necessidades e que as dimensões físicas sejam adequadas tendo em vista os processos que serão desenvolvidos no local.

A citada norma também ressalva que a planta do laboratório deve prever locais específicos para o desenvolvimento de diferentes atividades, com separação efetiva entre áreas vizinhas nas quais existam atividades incompatíveis e com adoção de medidas para prevenir contaminação cruzada. Portanto, o leiaute da instalação deve atentar para o fluxo de trabalho que será desenvolvido no ambiente, com adequada setorização das atividades. Na concepção do laboratório, devem ser previstas salas, áreas, instalações, equipamentos e suprimentos que assegurem a realização dos exames e o armazenamento dos materiais, documentos, reagentes e sistemas biológicos.

Tendo em vista que condições ambientais adversas podem influenciar negativamente os resultados dos exames, a norma recomenda que tais condições devem ser monitoradas de acordo com as especificações exigidas, especificações estas que, necessariamente, devem ser consideradas na fase de projeto.

A regulamentação também destaca como relevante o controle de acesso às distintas áreas do laboratório, determinando que os níveis de controle devem ser baseados nas circunstâncias particulares que afetam a setorização dos ambientes.

Na normalização são destacados os aspectos de higienização do ambiente laboratorial, remetendo aos cuidados que devem ser seguidos na especificação de materiais como forma de se garantir a assepsia e desinfecção das áreas para trabalho em contenção biológica.

Finalizando as recomendações, é determinado que o laboratório deva atender aos requisitos da legislação vigente relativa às exigências para acomodações e condições ambientais.

Face às exigências contidas na normatização adotada no Brasil, verifica-se que, para se implantar um sistema de gestão da qualidade, é necessário um bom desempenho da edificação, inclusive quanto aos requisitos de biossegurança. Estes requisitos têm que ser considerados desde a concepção do projeto sob pena de comprometer e inviabilizar o uso da instalação de acordo com os fins a que foi destinada.

### **3.2 Processo de projeto, inter e multidisciplinaridade**

No rigor técnico, projeto é a definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, normas e disposições especiais (ABNT, 1995).

Esta definição, segundo a percepção de Novaes (apud MYSSIOR, 2003) estaria ligada à dimensão estática da função projeto, referindo-se ao produto, sendo constituído por elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados para o atendimento das necessidades da etapa de produção. Já projeto, numa dimensão dinâmica possui o sentido de processo, indicando que as soluções são elaboradas e precisam ser compatibilizadas. Segundo Myssior (2003), o projeto assume um caráter tecnológico e outro gerencial. A questão tecnológica está diretamente ligada às soluções presentes nos detalhamentos dos projetos elaborados. A abordagem gerencial refere-se às fases diferenciadas para as quais concorrem um conjunto de participantes com responsabilidades específicas.

É de forma abrangente que Melhado e Agopyan (1995, p.18) conceituam projeto como parte de um processo maior, definindo-o como "atividade ou serviço integrante do processo de construção responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas

para uma obra, a serem consideradas na fase de execução", conferindo maior interação e movimento à atividade de projetar.

Os autores supra registram que Handler desenvolveu um enfoque sistêmico para o trabalho em arquitetura, que ele denominou de sistema arquitetônico, dividindo-o em quatro sub-sistemas: projeto, construção, uso, operação/manutenção, ilustrado na Figura 18 - Conceituação do subsistema projeto.

Destacam suas palavras, segundo as quais para "projetar satisfatoriamente um produto, o arquiteto tem que considerar todo espectro do processo, desde seu início até a conclusão, quando deverão tornar-se evidentes os objetivos da construção proposta e as atividades para as quais ele foi projetado" (MELHADO;AGOPYAN, 1995, p.7).

Por esta proposição, o projeto se desenvolve a partir de um conjunto de dados de entrada, dos quais fazem parte restrições no âmbito dos objetivos, limitações e critérios condicionantes do empreendimento. Entretanto, deve-se observar que tal proposição é da década de 70 e, atualmente, à luz dos sistemas de gestão, deve-se entender que tais restrições são oportunidades.

São etapas do processo de projeto em si a sua concepção, planejamento, análise, seleção e síntese final. Como resultante obtêm-se os dados de saída como soluções de projeto, representadas pelos componentes, arranjos, dimensões e detalhes.

Sobressai a visão sistêmica proposta por Handler, integrando à etapa de projeto às demais atividades ligadas ao ciclo produtivo através da retroalimentação. Assim, os demais subsistemas - construção, uso e operação/manutenção - transformam-se em dados de entrada de outros projetos.

**OPORTUNIDADES**

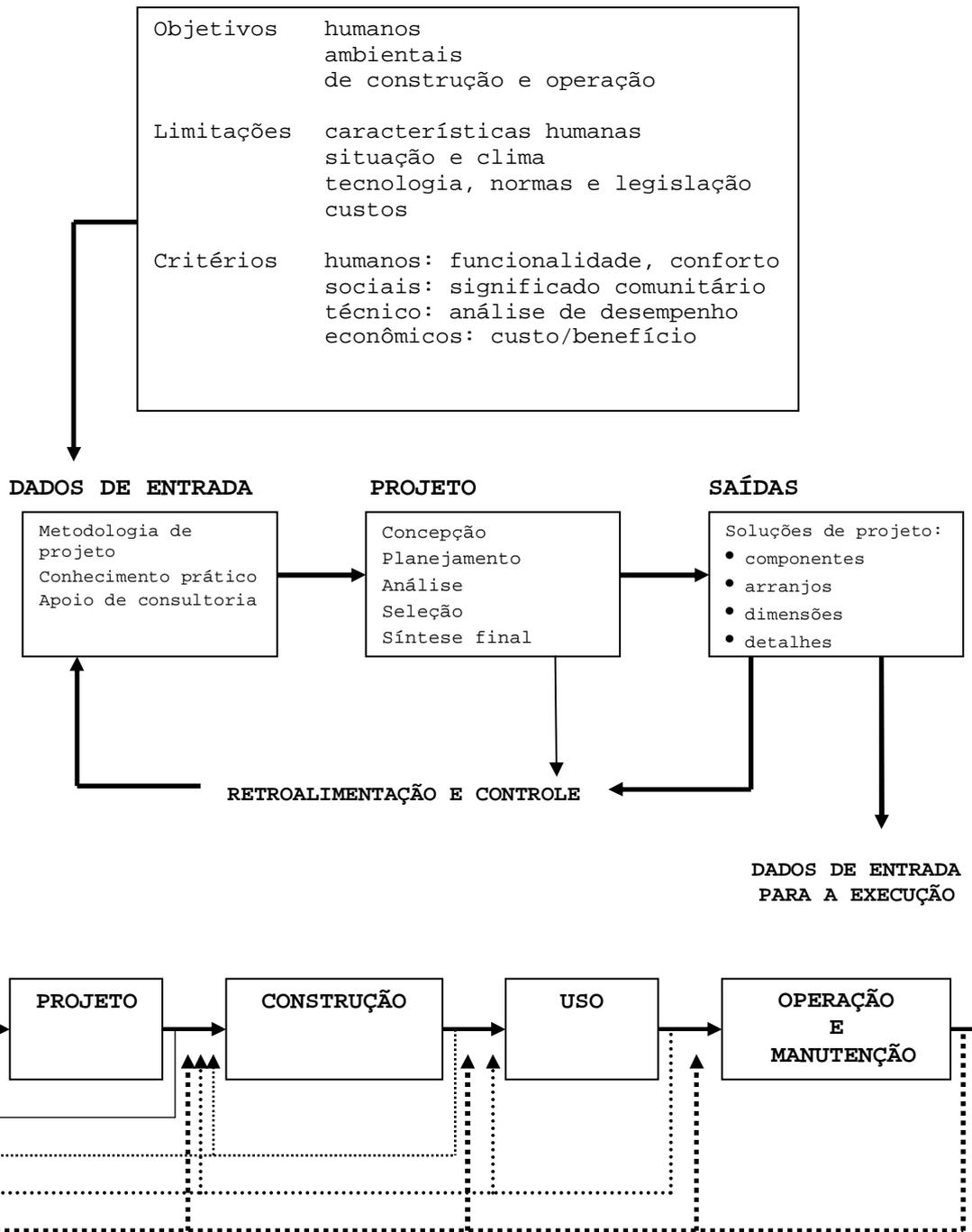


Figura 18 - Conceituação do subsistema projeto

Adaptado de: Melhado e Agopyan (1995)<sup>20</sup>

<sup>20</sup> A figura proposta por Melhado é Agopyan conceitua o subsistema projeto a partir de modelo proposto por Handler em 1970. Atualmente, entende-se que as restrições de projeto devem ser percebidas como oportunidades.

No pensamento de Melhado e Agopyan (1995, p.9), uma das diretrizes do processo de projeto deveria ser a abordagem sistêmica das etapas do ciclo construtivo, sintetizando este enfoque com as seguintes palavras:

A atividade de projeto deve estar integrada, quanto aos objetivos e procedimentos, com o conjunto das atividades vinculadas ao empreendimento e às relações externas da empresa, sendo considerada um subsistema deste conjunto.

Entretanto, na prática tem-se verificado a fragmentação do processo de projeto, desenvolvido sob uma ótica cartesiana pela qual busca-se aperfeiçoar o todo pela otimização das partes, porém, em geral, a resultante não se apresenta com tais valores agregados.

As práticas da construção civil brasileira no que diz respeito ao processo de desenvolvimento dos projetos, em particular, demonstram uma enorme diferença entre os conhecimentos adquiridos no que diz respeito aos modelos de gestão que enfatizam conceitos como integração entre projeto e produção, por exemplo, e o que é efetivamente praticado pelas empresas (LANA;ANDERY, 2001). Segundo os autores, até mesmo empresas que procuram "assumir esses conceitos nas práticas de projeto esbarram na falta de conhecimento dos profissionais, imersos em uma cultura que segmenta a cadeia de produção e separa o projeto de sua execução".

Nos ramos de edificação residencial e comercial, pesquisa realizada acerca das práticas de projeto de escritórios de arquitetura verificou que o processo de projeto é subdividido (CASTELLS;HEINECK, 2001). Segundo os autores, "há uma tendência consagrada de dividir a elaboração e o gerenciamento do processo de projeto em duas etapas separadas e independentes".

A dicotomia do processo de projeto também foi constatada por Bordin e Schmitt (2003) sob outro aspecto. Para estes autores há dois grandes momentos no desenvolvimento de um projeto, apresentando como resultado produtos com diferentes níveis de detalhamento e finalidades. Primeiramente é contemplada a concepção do empreendimento para satisfação das necessidades dos usuários, desenvolvido respeitando as limitações legais - o projeto legal. Complementando-o, é desenvolvido o projeto executivo, contendo a

representação de detalhes construtivos dispensáveis ao processo de aprovação e que apresenta detalhamento das várias especialidades para fins de execução dos serviços.

Para Romano et al. (2001), a carência de qualidade no processo de projeto é relacionada ao desenvolvimento não planejado, segmentado e seqüencial das etapas, destacando-se a ausência de uma visão abrangente e integrada no que chamam binômio projeto-execução.

Neste sentido, Kamei e Franco (2001) identificam como consenso, entre determinado grupo de agentes da construção civil, a necessidade de se evoluir dos tradicionais projetos particulares de cada área técnica para o projeto tendo em foco a produção, este último agregando o "valor de representar no papel, antecipadamente, com ações de engenharia, a execução do empreendimento".

Na opinião de Melhado (2001), no projeto de arquitetura, freqüentemente, "a idéia da técnica construtiva desenvolve-se como uma resultante de argumentos de ordem estética ou funcional, muitas vezes apresentando uma relação tênue com a realidade futura de sua execução". Para o autor, apenas uma minoria de profissionais arquitetos tem se "empenhado para antecipar as inconsistências e os conflitos freqüentes, através de um trabalho conjunto e precoce com engenheiros de projeto e de obra, para embasamento das decisões de projeto".

É neste sentido que Grilo e Melhado (2003) afirmam que o "processo de projeto constitui uma das interfaces mais complexas e um dos principais desafios para a modernização da indústria da construção". A superação das deficiências de gestão de projetos poderia contribuir para decidir as questões mal resolvidas e propiciar a integração entre soluções formais e tecnológicas.

As pesquisas que vêm sendo desenvolvidas sobre processo de projeto referem-se, via de regra, ao mercado imobiliário. Trabalho recentemente realizado por Silva (2006) constatou que há fragmentação do processo de projeto na área de saúde. A autora conclui que no caso dos hospitais, a gestão do processo de projeto revela-se ainda mais importante que nos empreendimentos

convencionais em vista de sua maior complexidade, o volumoso fluxo de informações e mais elevado número de especialistas envolvidos nos projetos.

À medida que as interfaces se revestem de nível mais elevado de complexidade a necessidade por informações acerca do empreendimento se amplia. Assim, o projeto desdobra-se em maior número de etapas, sobretudo envolvendo crescente variedade de especialistas no intuito de bem atender os objetivos de desempenho da edificação.

Neste contexto, Salgado (2004) lembra que para atender satisfatoriamente as necessidades do empreendimento é preciso elaborar cuidadosamente o programa de necessidades, responsável por uma parcela significativa das decisões de projeto. Assim, desde as etapas iniciais de projeto devem estar identificadas as áreas do conhecimento envolvidas e os clientes do projeto, sejam estes um tipo de usuário, um processo de trabalho, um determinado comportamento a ser desencadeado nas pessoas ou esse conjunto de elementos.

A multiplicidade de questões que surgem no decorrer dos projetos implica na mobilização de profissionais de diferentes disciplinas de sorte a tratar com propriedade as demandas apresentadas, principalmente diante do grau de complexidade e desenvolvimento tecnológico relacionado aos empreendimentos da construção civil. Assim, a qualidade do projeto e conseqüente satisfatório desempenho do empreendimento estão diretamente relacionados à capacidade de integração entre os colaboradores internos e externos durante o desenvolvimento simultâneo ou seqüencial das diversas etapas de projeto, para o qual se faz uso de diferentes disciplinas.

Melhado (2005) indaga se não é o momento de se estabelecer uma especialização profissional nova e que se volte à formulação fundamentada de programas de necessidades como dados de entrada, que permitiriam o desenvolvimento de projetos focados em demandas legítimas.

Ao abordar a questão da multidisciplinaridade do processo de projeto, Melhado (2001) alerta que este se desenvolve dentro de um ambiente de incerteza cada vez mais acentuada pela "complexificação" dos empreendimentos sendo que cada novo empreendimento de construção, por ser único, exige esforços de organização e de cooperação particulares.

Neste cenário, o projeto de arquitetura para ambientes destinados ao trabalho em contenção biológica adquire uma conotação de maior relevância uma vez que atua como o eixo central das diretrizes do processo e precursor do desenvolvimento das demais especialidades de projeto, revelando-se ao mesmo tempo interdisciplinar e multidisciplinar.

Interdisciplinar por estabelecer relações entre pelo menos dois ramos do conhecimento, quais sejam a arquitetura e as ciências médicas - a arte de adequar os espaços às ações humanas, influenciando e sendo influenciada pelas ciências médicas.

Multidisciplinar por distribuir-se por várias disciplinas e diversas pesquisas associadas ao ciclo construtivo estando na ordem do dia a abordagem sistêmica do processo de projeto em detrimento da práxis comumente encontrada pela qual o todo é fragmentado em etapas tratadas como se a cadeia de produção não fosse constituída de elos interdependentes.

Sem negar a criatividade inerente ao processo de projeto, Salgado (2004) afirma que esta pode ser desenvolvida e educada pelo conhecimento, pelo treinamento e pela capacidade de compreensão dos fenômenos onde está imersa a arquitetura. Um destes fenômenos é o crescente volume de informações próprias ao ato de projetar.

O desenvolvimento de um projeto é marcado pela consulta, articulação e conciliação de múltiplas informações e contribuições originadas das diversas partes e áreas do conhecimento envolvidas. Assim, um sistema que organize os dados e possibilite o acesso imediato às informações necessárias ao pleno desenvolvimento do projeto, desde a definição do programa de necessidades até o uso- operação do empreendimento construído é de extrema relevância.

A gestão do projeto como processo consiste num conjunto de ações de planejamento, organização e controle voltadas à obtenção da qualidade.

A qualidade do projeto e o desempenho da edificação estão diretamente relacionados à integração entre os agentes do processo, internos e externos, sustentada por uma coordenação efetiva durante o desenvolvimento simultâneo ou seqüencial das diversas disciplinas de projeto.

Melhado e Fabrício (2004), destacam dentre os principais objetivos relacionados à coordenação das decisões e soluções de projeto:

- a) fomento e garantia da qualidade das soluções técnicas adotadas nos projetos (qualidade dos projetos *stricto sensu*);
- b) validação dos projetos e das etapas em desenvolvimento (gestão do escopo);
- c) fomento da comunicação entre os participantes do projeto e coordenação das soluções das várias especialidades (gestão da comunicação);
- d) coordenação das interferências entre diferentes projetos (gestão das interfaces);
- e) integração das soluções de projeto com o processo de produção do empreendimento (gestão integrada: projeto-obra).

Verifica-se que a coordenação trata, sob uma perspectiva mais ampla, de uma função de caráter técnico-gerencial com vistas à integração das necessidades, conhecimentos e técnicas de todos os intervenientes num dado empreendimento.

É freqüente o arquiteto atuar como coordenador das equipes de projeto, gerenciando as relações entre agentes do empreendimento e resultados desejados de projeto. Os desafios deste profissional são ampliados pela inclusão de diferentes conjuntos de conhecimento e

pela participação de diferentes projetistas e consultores de áreas específicas.

O processo de projeto de laboratórios, marcados pela multi e interdisciplinaridade ratifica a coordenação como uma questão essencial, uma vez que coloca em xeque a superação de questões particularmente conflitantes quando da tomada de decisões, tendo em vista a complexidade das instalações dessa natureza.

### **3.3 Processo de projeto de laboratórios**

Segundo Lord (2004), entender uma instalação equivalente a um laboratório NB3 é etapa que antecede ao ato de projetá-la.

Bastante eloqüente, Carvalho (2006b) afirma ser "fato comum a intervenção direta de profissionais de saúde no espaço construído ou a contratação de arquitetos que apenas se limitam a passar para o papel as soluções já definidas". Na opinião deste autor, a tarefa inicial do projetista de edificações para a saúde deve ser estabelecer uma base de conhecimentos que permita o entendimento geral do que se procura fazer, "inserindo cada participante de forma a transformar os desejos dos trabalhadores da área em soluções corretas e bem determinadas" e "seus métodos de trabalho devem primar pelo didatismo, tornando cada etapa objeto de discussão e decisão conjunta".

Ao afirmar que a concepção de um projeto envolve variáveis diversas e específicas a cada área de atuação, não se tolerando nos dias atuais o método de tentativa e erro no qual esteve calcado, durante muito tempo, o ato de projetar, Lapa (2005) também preconiza, mesmo que de forma subjacente, a necessidade de se desenvolver uma didática de projeto para a área da saúde.

No caso dos empreendimentos arquitetônicos que guardam interdisciplinaridade com as ciências médicas, particularmente no âmbito de laboratórios de pesquisa biológica para trabalho em contenção, essas preocupações não são diferentes, concentrando-se no compromisso de se obter ambientes capazes de assegurar o comportamento e o desempenho desejados e esperados.

Os laboratórios de pesquisa e diagnóstico em biologia são espaços que devem ser projetados levando-se em consideração os agentes perigosos ali manipulados. Portanto, a segurança que tais instalações demandam é um item a acrescentar à complexidade dos empreendimentos.

Para projetar unidades de produção de insumos e de serviços na área da saúde, é preciso atentar para a ocorrência de exposição a situações de risco. Desta forma, "a ênfase dos projetos recai em uma visão moderna de engenharia de segurança do trabalho, influenciada por técnicas de gestão de risco em prol da qualidade ambiental" (LAPA, 2005, p.41).

Assim, no contexto de laboratórios, é preciso desenvolver uma didática específica de processo de projeto, aqui entendida como a arte de transmitir conhecimento, que esteja em conformidade e plena harmonia com os objetivos da edificação quais sejam o atendimento dos requisitos de biossegurança e suas estreitas relações com a qualidade, meio ambiente e segurança e saúde ocupacionais.

A compreensão da relevância dos fundamentos de biossegurança para a construção de laboratórios de contenção biológica faz com que este conceito deva integrar o que Carvalho (2006b) denominou como estabelecimento da base de conhecimentos que permite o entendimento geral do que se procura fazer como tarefa inicial do projetista de edificações para a saúde. Assim, a biossegurança como disciplina deve ser incorporada ao processo de projeto de tais ambientes como parte do conjunto sistematizado das necessidades de uso que nortearão as decisões a serem tomadas.

Quando se refere ao trabalho do especialista no âmbito da arquitetura para a saúde, Carvalho (2006b) lembra que este não se resume à solução técnica, mas sim à capacidade de interagir e obedecer a uma metodologia focada na totalidade do objeto alvo da intervenção, sem fragmentá-lo. E para interagir é necessário estudar e compreender a linguagem dos parceiros que constituirão a equipe multidisciplinar de projetos.

Também Griffin (2005) destaca que, via de regra, arquitetos e engenheiros não estão familiarizados com a linguagem científica na área das ciências médicas. Assim, durante a elaboração do programa de projeto deve-se recomendar aos interlocutores de outras áreas do conhecimento que a descrição das necessidades seja elaborada tendo-se em mente o leitor. Da mesma forma, é de se supor que esta preocupação deva existir em sentido inverso, com arquitetos e engenheiros zelando no emprego do vocabulário para evitar que o tecnicismo provoque ruído na comunicação.

Cabe ressaltar, ainda, que a verdadeira solução em arquitetura deverá ir além da mera interpretação do programa de necessidades e do cumprimento de exigências técnicas preconizadas nas diretrizes de biossegurança.

É exatamente esta percepção que, às vezes, escapa à compreensão de pesquisadores e cientistas que, por serem especialistas em seus campos de atuação, por vezes não reconhecem a importante contribuição que o profissional de arquitetura pode trazer à qualidade do ambiente construído, neste caso, o laboratório.

A percepção de conforto é propiciada pelo jogo de superfícies, texturas, luz e cores que o profissional de arquitetura pode organizar. Na maioria das vezes esse aconchego é perfeitamente compatível com as exigências das diretrizes de biossegurança. Encontrar o equilíbrio entre as necessidades da atividade e a boa solução em arquitetura deve ser o papel do processo de projeto.

Para Richmond e Howard (1997), durante a construção do programa de necessidades compete à equipe de projeto esgotar respostas para as questões: quem? o quê? quando? onde? como? No entendimento dos autores, a equipe deve ser integrada por arquitetos e engenheiros com experiência em projetos desta natureza, além de profissionais que sustentem os pontos de vista e os entendimentos do empreendedor, dos pesquisadores e técnicos que atuarão na instalação, de representantes da área de manutenção e também representantes de segurança e saúde ocupacionais.

Pela experiência de Langley (2005), pesquisadores e técnicos de laboratório só estarão envolvidos na elaboração de um programa para projeto de uma nova instalação uma ou duas vezes durante toda a sua vida profissional. Mesmo que tenham base de conhecimento quanto aos riscos ocupacionais envolvidos nas suas atividades, por vezes podem não dispor de tempo suficiente para prestarem informações ou então não têm plena compreensão do processo de projeto e suas limitações. Para esta autora, as informações sobre segurança e saúde ocupacionais como dados de entrada de projeto são cruciais para assegurar a funcionalidade, segurança e eficiência das instalações. Neste sentido, ela ressalta a importância da participação de profissionais da área de segurança do trabalho no acompanhamento do processo de projeto de laboratórios e destaca que a fase de projeto é ímpar ao proporcionar a oportunidade de controle dos riscos na fonte. Ramsey e Roberts (1997) também destacam a importância da participação dos profissionais da área de biossegurança na equipe de projeto por serem treinados quanto a segurança na manipulação dos agentes perigosos de natureza biológica, física, radiológica e química, estarem familiarizados com as regulamentações governamentais na área e por assumirem responsabilidades operacionais durante as emergências, inclusive quanto aos procedimentos de descontaminação.

As informações obtidas a partir da avaliação de risco devem ser pautadas em conjunto com os requisitos necessários para a operação segura do laboratório, constituindo-se no programa de necessidades que fundamentará as demais etapas do processo de projeto a ser desenvolvido por especialistas de arquitetura e engenharia.

Conforme já explanado em estudo desenvolvido acerca da prevenção dos perigos inerentes ao trabalho em laboratórios, a avaliação de risco tem se mostrado um importante instrumento para fornecer subsídios aos processos decisórios (VIEIRA;LAPA, 2005). Sob uma perspectiva abrangente, corresponde à etapa intermediária entre a identificação e a tomada de decisões para o gerenciamento e controle dos riscos, iniciada quando há reconhecimento da existência de agentes potencialmente perigosos, cujos efeitos sobre a saúde e o ambiente devem ser mediados.

A avaliação do risco para atividades de laboratórios da área da saúde é essencial na determinação dos níveis de biossegurança que minimizam a exposição de trabalhadores e do meio ambiente aos agentes perigosos de qualquer natureza.

O potencial em afetar o ambiente e seus ocupantes, intrínseco aos fatores e agentes perigosos, deve ser considerado na orientação do processo de projeto de arquitetura e engenharia das instalações laboratoriais. A antecipação e reconhecimento dos riscos têm a finalidade de introduzir condutas preventivas sendo fundamentais na etapa de concepção dos projetos de laboratórios, sejam estes novos ou adaptados.

Richmond e Howard (1997) destacam que as informações obtidas durante a avaliação de risco devem ser depuradas e documentadas de forma clara e concisa, integrando o programa de necessidades que orientará a equipe de arquitetos e engenheiros encarregados do projeto.

Lord (2004) aponta cinco questões como chaves para o desenvolvimento de projeto de laboratórios NB 3:

- Avaliação do risco
- Procedimentos laboratoriais
- Contenção primária
- Contenção secundária
- Sistemas de operação e manutenção

O diagrama na Figura 19 - Chaves para o projeto de laboratórios NB3 - ilustra o inter-relacionamento entre as diversas características a serem consideradas quando da análise operacional com vistas a atingir a contenção desejada e posterior desenvolvimento do projeto. As inter-relações entre as questões chaves formam o processo decisório. Portanto, respondê-las é essencial para o planejamento, projeto e construção de instalações NB 3. Para Lord (2004, p.2), "alcançar o resultado desejado é

similar a utilizar o método científico: afirmação.. hipótese... fatos... proposição... testes... conclusão... comunicação.”

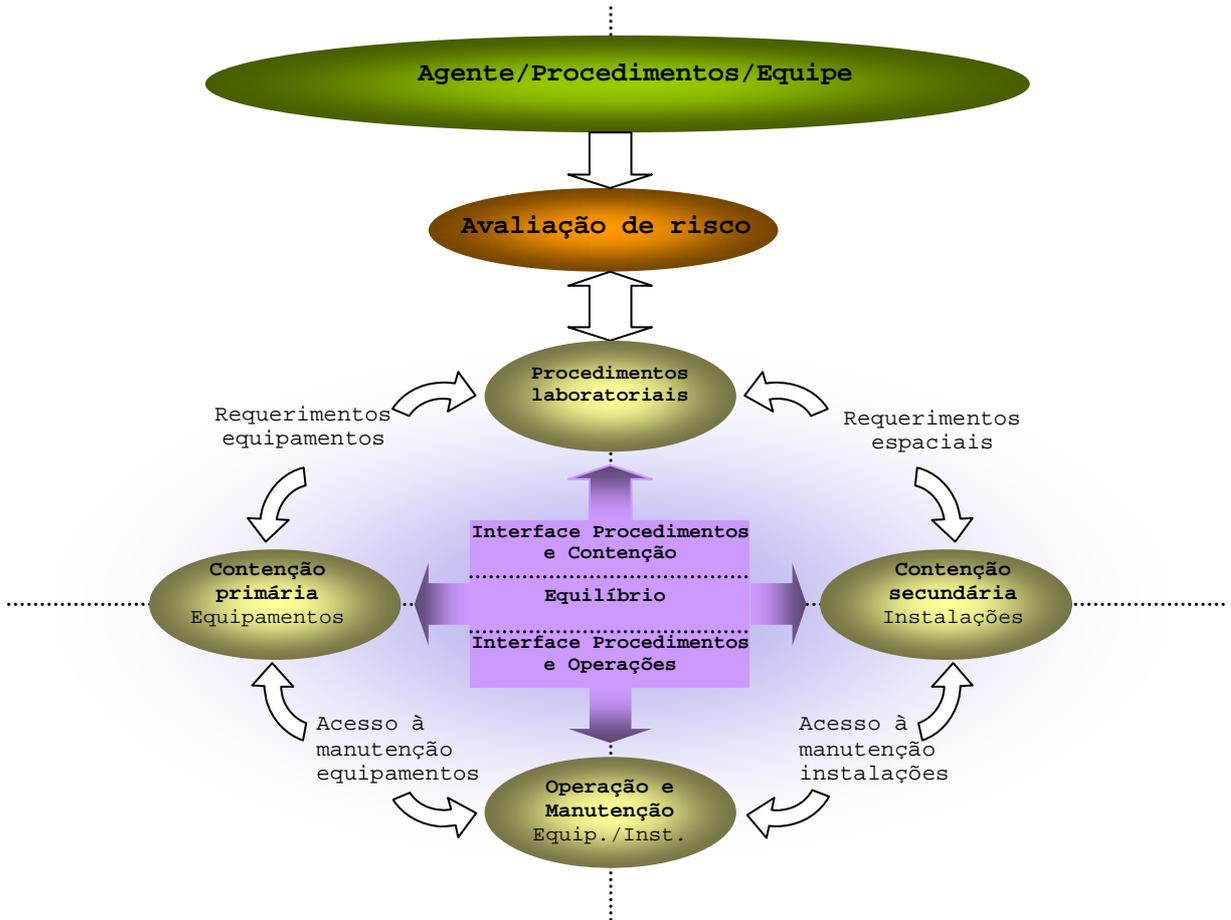


Figura 19 - Chaves para o projeto de laboratórios NB3

Fonte: Lord (2004)

A avaliação de risco pressupõe o entendimento qualitativo e quantitativo dos riscos associados ao trabalho com os agentes identificados. Durante a avaliação devem ser identificados os elementos de prevenção às infecções que possam ser adquiridas pelo trabalho em laboratório e os modos pelos quais tais requerimentos possam ser atingidos. Estes requerimentos englobam os procedimentos laboratoriais, equipamentos necessários, áreas físicas e sistemas. A avaliação resulta numa listagem de requisitos que compõem as outras quatro questões chave. Uma avaliação completa de riscos apresenta as

circunstâncias que devem ser compreendidas para fins de projetar um laboratório efetivamente seguro dentro do contexto da edificação como um todo.

A avaliação de risco também determina quais requerimentos devem ser atendidos por sistemas redundantes. As redundâncias tanto podem ser necessárias em função das diretrizes gerais para trabalho em laboratório como determinadas pelo nível de risco avaliado pela equipe de biossegurança. Os requerimentos para redundância são complexos e nem todos são baseados apenas nas questões de segurança, considerando-se também investimentos financeiros, sociais e de tempo para valorar redundâncias de sistemas e operações.

Langley (2005) propõe a confecção de um plano de pesquisa de riscos como forma de identificá-los e incorporá-los no projeto de laboratórios. Segundo a autora, os riscos em laboratório estão associados ao local de trabalho, métodos e procedimentos empregados, equipamentos e substâncias utilizadas. Onde são identificados perigos com risco elevado ou significativo, há necessidade de por em prática medidas prévias de controle e um dos métodos sugeridos é a Hierarquia de Controle, que consiste de seis estágios hierarquizados em ordem decrescente de prioridade e efetividade:

- Eliminação
- Substituição
- Isolamento
- Controles de engenharia
- Controles administrativos
- Utilização de equipamentos de proteção individual

Para levantamento dos riscos, tarefa a ser desenvolvida pela equipe de pesquisadores e técnicos, sugere-se um instrumento abrangente quanto aos riscos potencialmente presentes no ambiente de trabalho, sumarizada no Quadro 10 - Identificação de riscos potencialmente presentes em laboratório.

Segundo a proposta de Langley (2005) a equipe de laboratório responsável pela "lição de casa" referente à identificação e

reconhecimento dos riscos deve contar com apoio técnico da equipe de projeto e do setor de segurança do trabalho.

**Quadro 10 - Identificação de riscos potencialmente presentes em laboratório**

<p><b>1. Mecânicos (planta)</b></p> <p>1.1 Veículos</p> <p>1.2 Máquina e equipamentos com movimentos</p> <p>1.3 Compressão/tensão de partes</p> <p>1.4 Ruído</p> <p>1.5 Vibração</p> <p>1.6 Pressão</p>	<p><b>7. Biológico</b></p> <p>7.1 Amostras biológicas</p> <p>7.2 Alergênicos</p> <p>7.3 Irritantes</p> <p>7.4 Genotoxinas</p> <p>7.5 Zoonoses</p> <p>7.6 Manipulação de animais de pequeno porte</p> <p>7.7 Manipulação de animais de grande porte</p> <p>7.8 Manipulação de amostra humana</p>
<p><b>2. Radiação</b></p> <p>2.1 Ionizante (diferentes naturezas)</p> <p>2.2 Ultravioleta</p> <p>2.3 Infravermelho</p> <p>2.4 Laser</p> <p>2.5 Radiofrequência</p> <p>2.6 Campo eletromagnético</p> <p>2.7 Frequências extremamente baixas</p>	<p><b>8. Químicos perigosos</b></p> <p>8.1 Carcinogênicos</p> <p>8.2 Substâncias alergizantes</p> <p>8.3 Substâncias corrosivas</p> <p>8.4 Substâncias irritantes</p> <p>8.5 Genotóxicos (mutagênicos, teratogênicos)</p> <p>8.6 Substâncias tóxicas</p> <p>8.7 Geração de gases, vapores, neblinas, fumaças, fumos, poeiras, fibras ou odores</p> <p>8.8 Atmosferas asfixiantes</p>
<p><b>3. Fogo e explosão</b></p> <p>3.1 Substâncias combustíveis e inflamáveis</p> <p>3.2 Explosivos</p>	<p><b>9. Indivíduo</b></p> <p>9.1 Manipulação</p> <p>9.2 Golpes, inclusive cortes</p> <p>9.3 Escorregões e desníveis</p> <p>9.4 Posturas fixas</p> <p>9.5 Movimentos repetitivos</p> <p>9.6 Trabalho sozinho</p> <p>9.7 Trabalho fora do horário administrativo</p> <p>9.8 Recepção de visitantes</p>
<p><b>4. Temperatura</b></p> <p>4.1 Calor</p> <p>4.2 Líquidos criogênicos</p>	<p><b>10. Outros</b></p> <p>10.1 Biosseguridade</p>
<p><b>5. Ambientes perigosos</b></p> <p>5.1 Espaços confinados</p> <p>5.2 Áreas de acesso restrito</p> <p>5.3 Trabalho em altura</p> <p>5.4 Ambiente frio/quente (estresse térmico)</p> <p>5.5 Trabalho a quente</p>	
<p><b>6. Eletricidade</b></p> <p>6.1 Equipamentos de alta voltagem</p> <p>6.2 Equipamentos com eletricidade "viva"</p> <p>6.3 Descarga eletrostática</p>	

Fonte: Langley (2005)

A partir da avaliação de risco como questão chave para as decisões de projeto, Lord (2004) remete às outras quatro questões de relevância. Três das questões referem-se ao ciclo de contenção sobre o qual se assenta a biossegurança: procedimentos de laboratório, contenção primária e contenção secundária, já abordadas no Capítulo I intitulado Do paradigma pasteuriano ao conceito de biossegurança: a demanda por soluções espaciais e no Capítulo II Arquitetura de laboratórios NB 3. A quinta chave decisória apontada pelo autor é a operação e manutenção do laboratório, ou seja, Lord demonstra desde a fase de concepção a importância da abordagem sistêmica no processo de projeto que leva à preocupação quanto ao desempenho do bem construído.

Enquanto Crane e Riley (1997) defendem como ponto mais importante do projeto de NB3 os cuidados projetuais quanto aos equipamentos de contenção primária, Lord (2004) aponta como crítico o equilíbrio entre as questões chaves, observando que valorizar sobremaneira uma das questões em detrimento de outras não favorece o alcance do indispensável equilíbrio entre os elementos fundamentais. Para se atingir os objetivos de projeto deve-se procurar respostas a todas as questões. Os procedimentos de trabalho em laboratório podem ser restritivos em relações às outras questões consideradas chaves. Todos os cinco pontos são relevantes para a adequada operação de uma instalação NB3, porém a questão que menos contribui para o balanceamento do equilíbrio é a que diz respeito aos procedimentos laboratoriais. Tais procedimentos são relativos à qualidade da investigação científica e condução segura das operações. As outras quatro questões são respostas às diretrizes de procedimentos de trabalho de pesquisa biológica em contenção.

No contexto brasileiro, Fonseca e Abdalla (2005) destacam que as decisões sobre projetos para a área de saúde também são tomadas nas etapas iniciais do processo de projeto, com muitas das soluções definidas no programa de necessidades.

### **3.4 Processo de projeto e avaliação de desempenho**

Pelas técnicas consagradas sob a designação de avaliação pós-ocupação, o ambiente construído passa por um processo de avaliação

semelhante ao controle de qualidade, entendida como a aptidão de um produto em satisfazer, no presente e no futuro, seus usuários.

Historicamente, a APO surge após a 2ª Guerra Mundial com o desenvolvimento das ciências sociais. No campo da arquitetura, pesquisas relativas ao ambiente construído e o comportamento humano envolvendo disciplinas como a psicologia, a antropologia e a sociologia, propiciaram a busca por elementos auxiliares na elaboração de projetos arquitetônicos.

Além das demandas originadas pela construção civil em larga escala durante a recuperação de cidades no período pós-guerra, nos anos 60 também foram desenvolvidas pesquisas quando problemas relacionados a ambientes de uso coletivo tais como alojamentos de estudantes, hospitais e prisões surgiram como efeitos provocados por edifícios em seus usuários, envolvendo questões de saúde, segurança e efeitos psicológicos.

Na década de 70 a APO consolidou-se através da publicação dos trabalhos anteriormente realizados e seu emprego foi ampliado, passando, ainda, a incorporar aspectos técnicos e funcionais nos instrumentos de avaliação.

Já firmada como atividade rotineira, nos anos 80 a APO passou a se constituir em atividade profissional, englobando avanços nos planos teórico e metodológico.

Teoricamente as informações geradas pela sistematização das avaliações recorrentes em ambientes com características semelhantes permitiriam, em curto prazo, detectar problemas e corrigi-los. Em longo prazo, os subsídios colhidos realimentariam o processo de projetos novos.

Na visão sistêmica de projeto como processo, Melhado e Agopyan (1995) destacam que as informações resultantes da avaliação do uso-operação-manutenção do bem construído devem retornar ao projeto como medida do nível de satisfação dos usuários e realimentá-lo. Segundo os autores, a avaliação envolve as relações entre homem e ambiente construído e consiste em estimar o impacto das soluções de projeto

no desempenho técnico e funcional da obra através de estudos de caso e técnicas de mapeamento e consulta aos usuários.

Entretanto, transcorridos mais de dez anos, um dos autores (MELHADO, 2005) constata que, no cenário brasileiro, existe um número razoável de trabalhos envolvendo a integração entre as fases de projeto e de execução, mas muito poucas pesquisas enfocaram a fase de uso, operação e manutenção, o que significa que essa visão holística do ciclo de vida de empreendimentos permanece pouco explorada. Porém, segundo o autor, a integração entre as fases de projeto, de execução, e de uso, operação e manutenção tem avançado de forma consistente, destacando-se a pressão exercida pelo enfoque voltado ao ciclo de vida dos empreendimentos, fruto do crescimento da preocupação com a sustentabilidade. A existência de iniciativas para a criação de métodos de avaliação de desempenho ambiental pode contribuir para a retroalimentação do processo de projeto.

Pelo entendimento de Longhi et al. (2000) a APO não pode representar um fim em si mesma e as informações obtidas devem ser utilizadas como ponto de partida para o desenvolvimento de outros projetos.

O termo desempenho tem sido empregado ao longo deste capítulo para caracterizar o resultado da avaliação da fase de uso, operação e manutenção do bem construído dentro da abordagem sistêmica de processo de projeto.

De fato, constata-se no meio acadêmico que se ocupa primordialmente dos estudos de APO a migração para um entendimento de avaliação de desempenho do edifício (ADE), definido por Preiser e Vischer (2005) como inovador e próximo às demais etapas de planejamento, concepção, projeto, construção ocupação e adaptação de edifícios. Segundo os autores, as informações obtidas através da APO raramente são utilizadas em novos projetos. Já a ADE propõe sistematizar as informações de forma a retroalimentar o processo de projeto.

De acordo com os autores, a avaliação de desempenho de edifício é o processo de sistematicamente comparar o desempenho real com o

desempenho esperado, segundo critérios documentados. Já a avaliação pós-ocupação, subentendida como um sub-processo da avaliação de desempenho, pode ser definida como o ato de avaliar edifícios, depois de construídos e ocupados por algum tempo, de maneira sistemática e rigorosa.

A estrutura da ADE está representada na Figura 20 - Modelo do processo de avaliação de desempenho de edifícios. No centro do modelo estão os critérios de desempenho esperados e para cada interface é proposta, em correspondência, uma fase para retroalimentação do processo. É oportuno observar que, ao se confrontar o modelo proposto por Preiser e Schramm com o sistema arquitetônico de Handler, ilustrado na Figura 18 - Conceituação do subsistema projeto (vide p.84), este último confere maior interação e movimento ao processo de projeto pois que, por sua dinâmica, a realimentação é contínua, não se restringindo às etapas seqüenciais do processo.

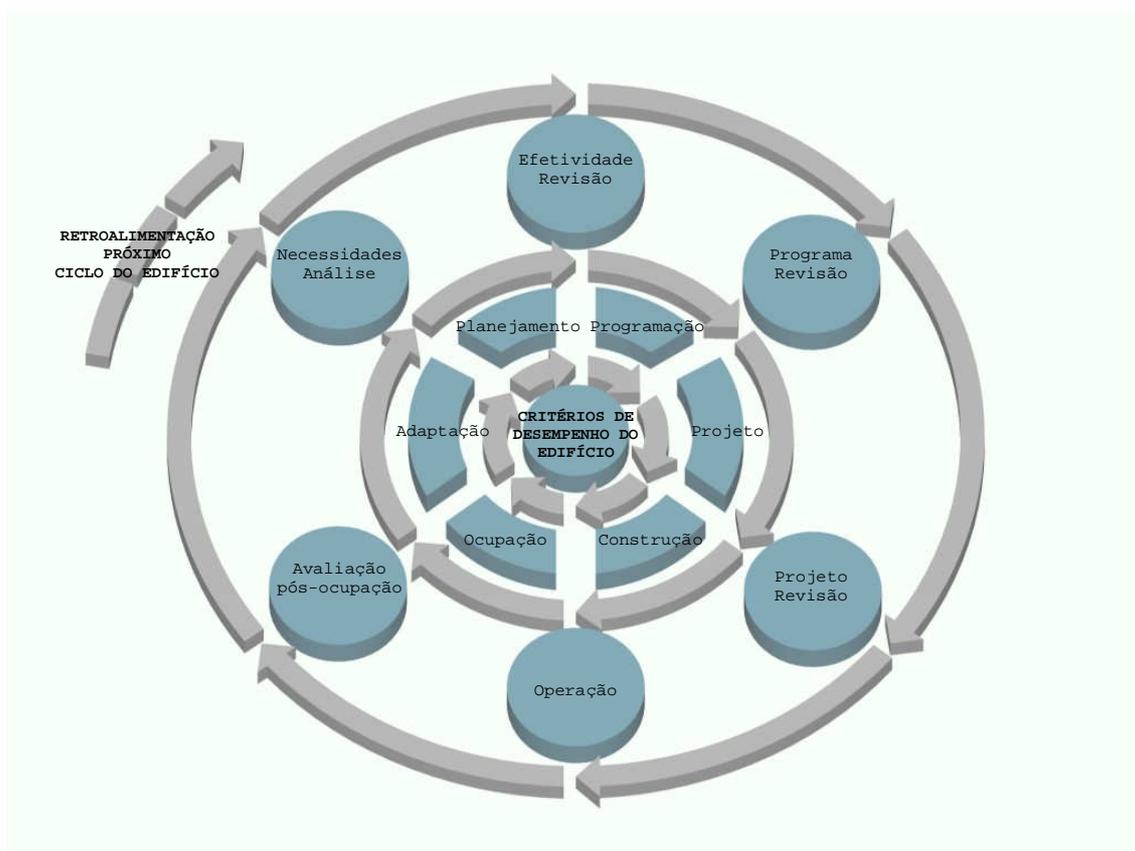


Figura 20 - Modelo do processo de avaliação de desempenho de edifícios  
Fonte: Preiser e Schramm (2005)

Como destacam Preiser e Vischer (2005), a ADE é desencadeada a partir da avaliação pós-ocupação e, para ser objetiva, deve haver uma comparação com critérios estabelecidos. As fontes para determinação de critérios são diversas, podendo ser consultados a literatura publicada, casos análogos, outras avaliações e o conhecimento de profissionais experientes e familiarizados com um tipo específico de construção.

Para Lord (2004), o bom desempenho de uma instalação NB 3 pressupõe operação e manutenção das barreiras de contenção primárias e secundárias, sejam elas o próprio espaço físico ou os equipamentos empregados. A operação confiável dos sistemas construtivos é crítica para a segurança laboratorial.

Segundo o autor, é necessário que o projeto incorpore e se antecipe aos passos de manutenção futura do laboratório, especialmente no que diz respeito ao controle dos sistemas construtivos, instalações complementares, funcionamento, monitoração das operações e manutenção preventiva.

Ao evocar como parâmetro de desempenho dos laboratórios de contenção biológica o funcionamento das barreiras de contenção, Lord (2004) nos remete ao conceito de biossegurança como critério desempenho na avaliação de laboratórios NB 3.

Verifica-se que em trabalho anteriormente realizado especificamente sobre a avaliação de laboratórios de pesquisa biológica como espaço construído, referenciado na variável biossegurança (VIEIRA et al., 2004), foram privilegiados os princípios básicos a serem considerados no processo de produção, uso, operação e manutenção do ambiente construído destacando-se: a substituição da abordagem linear pela abordagem sistêmica; a utilização de normas de desempenho em detrimento de normas descritivas; e a busca de qualidade visando o atendimento do usuário.

Ao reunir no seu conceito questões relativas à segurança e saúde ocupacionais, meio ambiente e qualidade, a biossegurança revela-se como ponto de inflexão no processo de projeto de

laboratórios NB3, vislumbrando-se a possibilidade de desenvolvimento de sistema de avaliação de desempenho de edificações desta natureza a partir deste mesmo conceito.

### **3.5 Breves considerações sobre os métodos de pesquisa**

O papel da avaliação de desempenho do patrimônio construído tem crescido em significado no panorama atual de globalização de negócios e instituições. Se por um lado há a tendência de padronizar alguns tipos de construção, por sua vez as diferenças sociais e culturais requerem distinções no projeto para fins de adaptação em contextos específicos (PREISER;SCHRAMM, 2005).

Segundo os autores, a avaliação de desempenho pode ser efetivada de diferentes maneiras, empregando-se as técnicas tradicionalmente aplicadas em Ciências Sociais, utilizando-se pesquisa quantitativa e qualitativa.

Enquanto o uso de métodos quantitativos tem o "objetivo de trazer à luz dados, indicadores e tendências observáveis", o método qualitativo se aplica ao estudo das relações, das representações, das percepções e das opiniões, "produtos das interpretações que os humanos fazem a respeito de como vivem, constroem seus artefatos e a si mesmos, sentem e pensam" (MINAYO, 2007b, p.56-7).

A avaliação pós-ocupação é um sub-processo da avaliação de desempenho do edifício como um todo e pode ser definida como o ato de avaliar edificações de maneira sistemática e rigorosa depois que os mesmos tenham sido construídos e ocupados por algum tempo (PREISER;VISCHER, 2005).

Segundo os autores há vários tipos de avaliações que são realizadas durante as fases de planejamento, programação (programa de necessidades), projeto, construção e ocupação, etapas da produção de edifícios. Trata-se, freqüentemente, de avaliações de caráter técnico. Já a avaliação pós-ocupação difere deste tipo de avaliação técnica por ser dirigida às necessidades, atividades e objetivos de pessoas e organizações que usam uma instalação, incluindo manutenção, operação do edifício e questões relacionadas ao projeto.

A APO é um conjunto de métodos e técnicas aplicados para avaliar o ambiente construído após a sua ocupação e visa aferir se ele atende as funções para as quais foi destinado e se preenche as necessidades de seus usuários (REIS;LAY, 1995). Na APO verifica-se o nível de atendimento das necessidades sem minimizar a importância de avaliação de desempenho físico, pois segundo Preiser e Vischer (2005) as medidas empregadas na APO incluem desde índices relativos ao desempenho organizacional, satisfação dos trabalhadores e produtividade como também as medidas de desempenho da edificação referentes a parâmetros físicos, adequação espacial, etc.

Segundo Sanoff (2001), o sucesso ou fracasso de uma avaliação pós-ocupação pode depender dos métodos utilizados para reunir os dados para análise. O autor menciona três categorias<sup>21</sup> de métodos que podem ser utilizados: observação direta, entrevista e simulação.

- a) Observação direta - as informações são coletadas a partir da observação do comportamento natural das pessoas no ambiente e os uso que fazem dele. Consiste na verificação sistemática das atividades e das adequações do ambiente para o desenvolvimento das mesmas, das adaptações que foram feitas para adequá-lo ao uso (REIS;LAY, 1995).
- b) Entrevista - método mais comumente empregado como ferramenta na avaliação da reação de pessoas ao ambiente físico. Tem por objetivo descobrir o que elas pensam sobre o mundo ao seu redor.
- c) Simulação - por este método os comentários são evocados a partir de representações de ambientes, mais do que dos ambientes em si.

As observações também podem ser de natureza quantitativa quando se referem a levantamentos físicos (PREISER;VISCHER, 2005) para obtenção de medidas ambientais. Também podem ser usadas listagens elaboradas com base em observações prévias e com o intuito de

---

<sup>21</sup> A classificação mencionada é atribuída a Friedman, Zimring e Zube (SANOFF, 2001).

verificar informações que serão repetidas. Cabem, também, registros fotográficos e filmagens como técnicas de observação.

Minayo (2007a, p.64) denomina as entrevistas como "conversas com finalidade" e classifica-as em sondagem de opinião (entrevista sistemática ou estruturada), semi-estruturada, aberta ou em profundidade, focalizada e projetiva.

As entrevistas sistemáticas ou estruturadas são elaboradas na forma de questionários fixos e direcionados. As respostas do informante são condicionadas.

São ditas como semi-estruturadas as entrevistas que combinam perguntas fechadas e abertas. Possibilitam que o informante se manifeste sem se prender à pergunta.

Na entrevista aberta ou em profundidade (não estruturada) o interlocutor fala livremente sobre o tema, cabendo ao entrevistador aprofundar o discurso com eventuais perguntas.

Chama-se focalizada a entrevista com finalidade de esclarecer apenas um determinado problema.

A entrevista projetiva faz uso de dispositivos visuais (gravuras, fotos, poesias, etc) para que o entrevistado discorra. Observe-se que este tipo de entrevista equivale à simulação mencionada por Sanoff.

Como fonte de informação, a entrevista pode fornecer dados de natureza primária e secundária. Dados secundários são aqueles que poderiam ser obtidos através de outras fontes. Já os dados primários, ou subjetivos, são o objeto principal da investigação qualitativa. Trazem informações construídas no diálogo com o entrevistado que tratam de sua reflexão sobre a realidade que vivencia, só podendo ser conseguidas com a contribuição da pessoa. Constituem uma representação da realidade, maneiras de pensar, sentir e atuar, com razões conscientes e inconscientes de determinadas atitudes e comportamentos (MINAYO, 2007a).

### **3.6 Elaboração dos instrumentos de pesquisa: metodologia para avaliação de laboratórios de contenção biológica**

Sanoff (2001) recomenda que, antes de se iniciar uma avaliação pós-ocupação, esta seja cuidadosamente preparada através de um plano que inclua desde o conhecimento da natureza dos processos e atividades desenvolvidas, definição de métodos de coleta e amostragem, autorização para fotografar os ambientes, dentre outras etapas de planejamento de um trabalho de pesquisa.

A seleção dos métodos de coleta de informações precede a realização da APO, bem como a pré-definição das técnicas analíticas que se pretende empregar.

Preiser e Vischer (2005) observam que o termo *evaluation* contém a palavra *value*, conseqüentemente as avaliações ocupacionais devem explicitar quais valores são considerados no desempenho da edificação. Uma avaliação cresce em significado quando é focada nos valores que sustentam os objetivos daqueles que promovem o processo de verificação do desempenho da edificação.

Em se tratando de um trabalho sobre laboratórios de contenção biológica, os aspectos de biossegurança se revelam como valor integrante da investigação por ser intrínseco a este tipo de edificação.

Os métodos utilizados para realização do presente trabalho foram levantamento de arquivos, observações, medições, entrevistas e questionários e os instrumentos são apresentados, na íntegra, no Anexo I - Caderno de pesquisa de campo.

#### **3.6.1 Levantamento sistematizado e dados quantitativos**

A primeira parte da pesquisa é constituída pelo levantamento de dados secundários sobre a Arquitetura de Laboratórios NB3, explorados anteriormente no Capítulo II.

Foram sistematizadas listagens para verificação *in loco* das instalações e avaliação dos respectivos projetos com fins de se coletar as informações referentes aos quesitos de Localização e

acesso; Perímetro de contenção; Provisão de utilidades e serviços; Requisitos de conforto ambiental; Superfícies e revestimentos; Conforto ambiental; Estrutura e leiaute; e Ventilação e climatização.

A primeira parte da avaliação é aplicada com a intenção de verificar a aderência das instalações às diretrizes de biossegurança previstas nas regulamentações nacional e internacionalmente aceitas e que foram consultadas para elaboração do segundo capítulo deste trabalho.

### **3.6.2 Entrevista com os usuários**

Como segunda parte do trabalho, tem-se a oitiva dos usuários da instalação, utilizando-se recursos de entrevista semi-estruturada, sugestão visual ou simulação (entrevista projetiva) e pergunta aberta. Reis e Lay (1995, p.8) ressaltam que:

[...] a disparidade entre sucesso e fracasso identificada no desempenho ambiental, principalmente em relação à intensidade com que o ambiente construído corresponde (ou não) aos requisitos básicos para apoiar e satisfazer as necessidades e valores dos usuários ocorre devido à lacuna existente entre as intenções do projetista enquanto proposta, os resultados previstos pela proposta e o desempenho dessa proposta enquanto ambiente construído.

Assim, procura-se extrair, através da percepção dos usuários, o efetivo desempenho ambiental das instalações NB3 estudadas, fazendo-se a abordagem dos ocupantes das instalações em quatro etapas distintas.

A primeira etapa consiste da entrevista com os usuários através de questionário semi-estruturado com perguntas referentes ao levantamento de campo sistematizado, solicitando-se ao usuário que se manifeste sobre sua satisfação quanto ao desempenho da instalação.

A segunda etapa da abordagem aos usuários é a apresentação de um painel com fotos de dependências de laboratórios a título de sugestão visual, solicitando-se que discorram livremente sobre as imagens, tanto do ponto de vista positivo como do negativo. Tomou-se o cuidado de se buscar fotos sugestivas ao ambiente específico em

estudo que sensibilizassem o interlocutor quanto aos materiais de acabamento, mobiliário, equipamentos, cores, sensação de segurança ou conforto etc, sem, entretanto, reproduzir a imagem de qualquer laboratório que fosse familiar ao grupo que, potencialmente, seria entrevistado. Assim, empregou-se imagens obtidas em sítios de instituições de pesquisas biológica que são livremente disponibilizadas na rede mundial de computadores.

Na seqüência da entrevista, terceira etapa da abordagem ao usuário, são apresentados quatro arranjos, com visualização em três dimensões, referentes a instalações hipotéticas de laboratórios NB3. Solicita-se que sejam feitas livres considerações sobre os respectivos projetos arquitetônicos e condições de biossegurança transmitidas.

Finalizando a entrevista, a quarta etapa se constitui de pergunta aberta sobre quais mudanças o usuário proporia se pudesse modificar a instalação.

Levou-se em consideração que aos entrevistado deve-se facultar a gravação das respostas, instrumento mais usual de garantia de fidedignidade da fala (MINAYO, 2007a), bem como assegurar a preservação das fontes faladas de informação.

### **3.6.3 Entrevista focalizada com os projetistas**

Segundo Bordass e Leaman (2005), os projetistas devem conhecer mais sobre como edifícios funcionam, numa perspectiva técnica, de modo a fazê-los melhores, mais robustos, mais usáveis e melhor administráveis.

Ao explorar a opinião do projetista sobre a contribuição técnica da variável biossegurança na concepção de tais espaços arquitetônicos, pretende-se verificar se esta variável é restritiva à atuação do arquiteto.

Desta forma, aos projetistas das instalações NB3 objeto deste estudo de casos, apresenta-se pergunta focalizada sobre a interferência das diretrizes de biossegurança nas decisões de

arquitetura. Para esta pergunta solicita-se resposta escrita haja vista a natural dificuldade de encontro pessoal.

#### **3.6.4 Organização dos instrumentos de avaliação: caderno de pesquisa de campo**

Para se realizar o trabalho de pesquisa de campo os instrumentos foram organizados em pequeno volume, cuja íntegra compõe o Anexo I - Caderno de pesquisa de campo.

A título de abertura, o caderno contém uma breve carta de apresentação onde se explica, em poucas palavras, o objetivo do trabalho. Entretanto, a carta de apresentação não prescinde a aplicação de algumas das demais considerações práticas que Minayo (2007a) recomenda serem adotadas em situações de interação, tais como menção do interesse da pesquisa, explicação dos seus motivos, justificativa da escolha e conversa inicial, esta última para criar um clima o mais descontraído possível. A autora destaca que sempre haverá dificuldades, as quais classifica como típicas da atividade de campo e que os procedimentos são sugeridos como ajuda ao processo de interação e diálogo com os interlocutores, não se tratando de preceituário a ser cumprido.



## Capítulo IV

### Indicadores da margem de incerteza das decisões arquitetônicas para laboratórios NB3 a partir de estudo de casos

No capítulo I foi abordado como as novas descobertas refletiram-se na arquitetura através da incorporação da noção de contágio ao planejamento hospitalar e da consolidação do laboratório e outros ambientes específicos como *locus* do exercício da medicina experimental. O aprimoramento do saber sobre os riscos que permeiam o ambiente de laboratórios resultou no conceito de biossegurança e conseqüentes recomendações com vistas à segurança individual e ambiental nas manipulações patogênicas, bem como preocupação com a qualidade dos resultados das pesquisas. Assim, referendou-se que é nos princípios de biossegurança que se consolidam a antecipação e reconhecimento dos riscos biológicos que podem afetar a tomada de decisões sobre arquitetura laboratorial. Há que se mencionar, ainda, a biosseguridade, que trata das precauções a cerca do uso indevido ou intencional de agentes biológicos perigosos como ameaça à humanidade, reforçando a necessidade das práticas de biossegurança.

A arquitetura de laboratórios NB3 foi contemplada no Capítulo II e verificou-se que muitas das diretrizes de projeto para laboratórios devem ser mediadas pelo conceito de biossegurança pois é a partir do entendimento de contenção que são definidas as barreiras construtivas necessárias para o ambiente NB3.

A modelagem do processo de projeto de laboratórios em conformidade com os requisitos de biossegurança e suas estreitas relações com a qualidade, meio ambiente e segurança e saúde ocupacionais foram tratadas no Capítulo III, contextualizando-se a

temática sob a ótica do sistema integrado de gestão e certificação de laboratórios.

Contemplados os objetivos teóricos da tese, os instrumentos de pesquisa foram então preparados de forma a se usar a APO, pois o objetivo principal será atendido após a resposta ao conjunto de hipóteses formuladas na Introdução.

#### **4.1 Determinação do universo de pesquisa e delimitação da amostra**

Para realização do estudo de casos foi necessário, inicialmente, determinar o universo de laboratórios NB3 construídos no Brasil. Destacam-se, como fontes de consulta, a pesquisa bibliográfica e na rede mundial de computadores, em ambos os casos fazendo-se uso de palavras chaves ligadas ao tema.

O levantamento consta do Anexo II e não se pretende que tenha esgotado toda e qualquer possibilidade de haver outras unidades além daquelas identificadas. Observou-se que este universo está concentrado nas instituições públicas de saúde dedicadas ao ensino e pesquisa, em níveis federal e estadual, incluindo-se as universidades.

Para delimitar a amostra na população definida, usou-se como referência a tipologia adotada por Costa Neto (2002) que classifica a amostragem em dois grandes grupos: probabilística e não-probabilística. Segundo o autor, a amostragem será probabilística se todos os elementos da população tiverem probabilidade conhecida e diferente de zero de pertencer à amostra. É dita não-probabilística nos demais casos. O autor chama a atenção que a amostragem não-probabilística deve ser usada quando não é possível se obter uma amostra probabilística, destacando a importância de não se introduzir vícios haja vista a confiabilidade desejada dos resultados da pesquisa.

São citadas por Costa Neto (2002) as seguintes situações onde se aplica o uso de amostra não-probabilística:

- a) **Inacessibilidade a toda população** - quando somente parte da população está acessível à pesquisa, tal

parte é adotada como amostra. Ou quando parte da população não tenha existência real, apenas "hipotética" (COSTA NETO, 2002, p. 42). Tem confiabilidade equivalente a uma amostragem probabilística quando as características da variável de interesse forem iguais as da população.

- b) **Amostragem a esmo ou sem norma** - é utilizada quando a população é homogênea e, portanto, sem possibilidade de haver influência de um dos elementos da população sobre quem seleciona a amostra.
- c) **População constituída de material contínuo** - aplica-se às situações em que se necessita extrair amostra de material em estado líquido, gasoso ou sólido. O material é preliminarmente submetido à homogeneização e depois parte dele colhida a esmo.
- d) **Amostragens intencionais** - a seleção é realizada por escolha deliberada de elementos para constituir a amostra, selecionando-os por considerar que são representativos da população.
- e) **Amostragem por voluntários** - amostra formada a partir da concordância dos seus membros constituintes.

Assim, tem-se que, dadas as características que definem o universo a ser pesquisado - laboratórios NB3 construídos no Brasil - a amostragem que melhor se aplica é a do tipo não-probabilística, caracterizada, ainda, pelas situações de inacessibilidade a toda a população e intencionalidade da amostragem.

Ressalte-se que a intencionalidade de amostragem é, em parte, conseqüência da inacessibilidade ao universo de laboratórios NB3 construídos no Brasil uma vez que o levantamento realizado identificou instalações desta natureza nas regiões sul, sudeste, centro-oeste, nordeste e norte do país. Por outro lado, observou-se que há maior concentração de laboratórios de contenção no sudeste brasileiro, conforme Figura 21.



**Figura 21 - Distribuição de laboratórios NB3 por estado**

A partir dessa constatação, este indicador foi empregado para delinear a escolha das unidades a serem estudadas. Admitindo-se que ao empregar intencionalidade como técnica de amostragem pode-se incorrer em erros caso a seleção tenha como base princípio equivocado, conforme adverte Costa Neto (2002), foram usados outros critérios além da localização geográfica dos ambientes a serem estudados. Desta forma, espera-se ter eliminado eventual vício de amostragem.

De acordo com levantamento realizado para identificar os laboratórios para trabalho em contenção biológica existentes no Brasil, verificou-se que estes pertencem, na sua maioria, ao setor público. Assim, adotou-se, também, como critério de escolha políticas públicas, considerando-as como planejamento de governo que utilizam instalações desta natureza para serem efetivamente implementadas: o Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública - SISLAB, e Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública de Nível de Biossegurança 3.

O Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública é o conjunto de redes nacionais de laboratórios, organizadas em sub-

redes, de forma hierarquizada, por grau de complexidade das atividades relacionadas à vigilância em saúde - compreendendo a vigilância epidemiológica e vigilância em saúde ambiental, vigilância sanitária e assistência médica. As redes são estruturadas, por agravos ou programas, identificando-se o laboratório de referência, área geográfica de abrangência e definição de competências. As unidades laboratoriais que estruturam as sub-redes são classificadas em sete diferentes níveis: centro colaborador, referência nacional, referência regional, referência estadual, referência municipal, laboratórios locais e laboratórios de fronteira (Brasil, 2004a e Brasil, 2004b).

Já a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública de Nível de Biossegurança 3, em implantação, desde 2004, pela Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS, do Ministério da Saúde, será referência para a Organização Mundial da Saúde na América Latina. Os laboratórios constituintes da rede foram distribuídos de acordo com critérios epidemiológicos, de capacidade técnica já instalada, demanda e região geográfica.

Os dados obtidos a partir do levantamento da distribuição geográfica de laboratórios e das redes nacionais de laboratórios do Ministério da Saúde foram considerados para se definir a amostra de estudo de casos.

Mesmo estando localizada fora dos limites geográficos da região sudeste, ponderou-se incluir a unidade do **Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães** localizada em Recife, Pernambuco, em vista de ser a primeira instalação da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública de Nível de Biossegurança 3 inaugurada, bem como ser referência nacional para Peste.

O laboratório de **Biomanguinhos**, Rio de Janeiro, também foi selecionado em virtude da natureza de suas atividades. Neste caso, procurou-se contemplar a pesquisa com ambiente dedicado ao desenvolvimento de insumos para saúde tendo em vista a impossibilidade de ser aplicar o estudo nos laboratórios de produção da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública de Nível de Biossegurança 3.

Como instalações de referência do SISLAB, o estudo foi contemplado com o **Laboratório de Rickettsioses e Hantavirozes do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro.

O **Laboratório de AIDS e Imunologia Molecular** foi incluído como objeto de estudo em continuação ao trabalho de pesquisa realizado por Cirrota (2004), versando sobre considerações projetuais de salas limpas.

Ampliando-se a amostra para além dos critérios inicialmente adotados no intuito de que a amostragem final fosse representativa do universo de laboratórios NB3 instalados no país, foram incorporados dois laboratórios do Centro de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo (ICB/USP): o **Laboratório Klaus Eberhard Stewien**, em virtude da grande repercussão havida na imprensa por ocasião da inauguração, tido como o mais seguro do país até então, e o **laboratório NB3 de baixo custo**, pela oportunidade que se apresentou.

A distribuição da amostra definida para pesquisa está demonstrada abaixo:

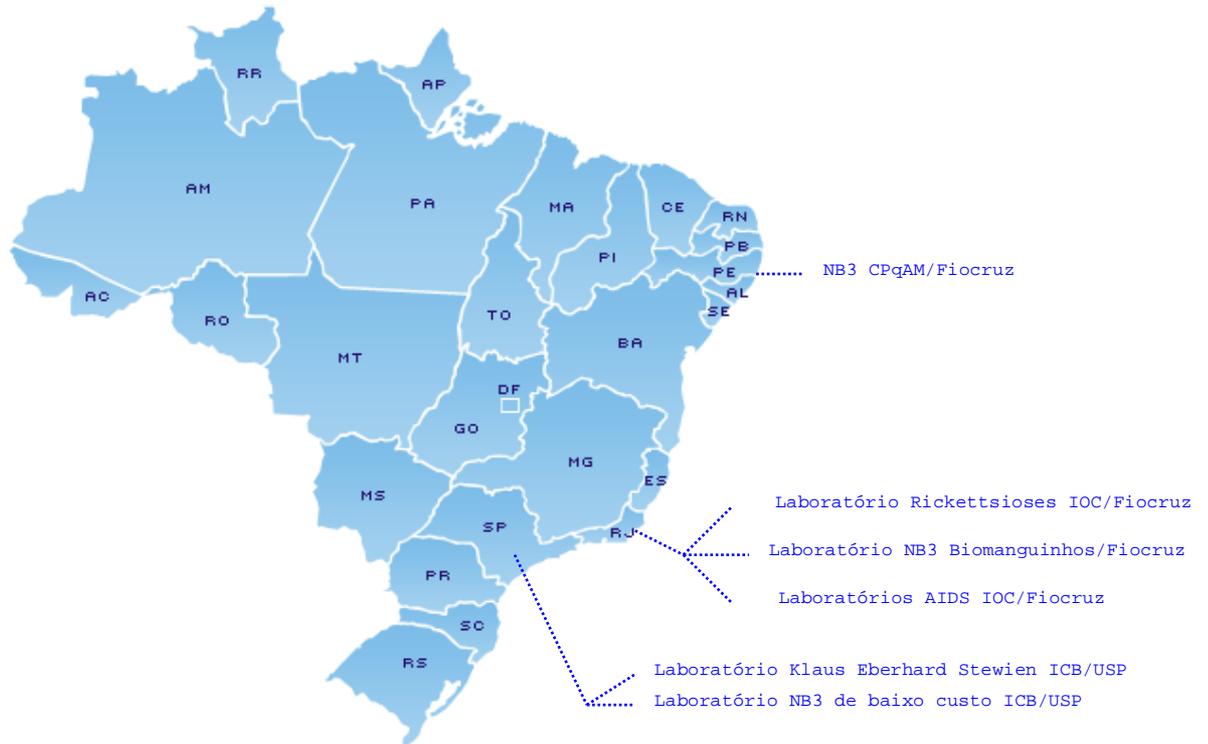


Figura 22 - Distribuição geográfica da amostra

## **4.2 Caracterização do usuário respondente**

A seleção de amostras de usuários pode ser feita de forma aleatória ou pode ser fixada, pois segundo Ornstein e Roméro (1992, p. 85) a adequação do procedimento deve considerar realização de análise prévia.

Os laboratórios de contenção são ambientes de acesso restrito a poucos usuários em vista dos riscos envolvidos e do elevado nível de responsabilidade, tanto naquilo que se refere à biossegurança quanto no que diz respeito à condução dos trabalhos desenvolvidos nestes locais.

Além disso, tais instalações pertencem, via de regra, a instituições públicas de ciência, tecnologia e ensino, às quais estão vinculados significativo número de alunos para desenvolvimento dos projetos de pesquisa, sendo proporcionalmente reduzido o corpo de pesquisadores com efetivo vínculo profissional.

Assim, o perfil de fonte primária buscado como respondente foi o de pesquisador envolvido com a concepção das instalações e que se mantém como usuário. Sabe-se que este critério restringiu o número de respondentes aos pesquisadores, entretanto, entende-se que estender a pesquisa a usuários "flutuantes" desses ambientes poderia trazer vícios às respostas obtidas, que seriam fruto de uma experiência pontual.

Compreende-se que a vivência do espaço por um período de tempo mais longo aufere ao respondente pesquisador (usuário fixo) conhecimento para fins de avaliação de desempenho do seu laboratório.

## **4.3 Estudo de casos: medidas observáveis de desempenho das instalações versus percepção dos usuários**

O questionário e demais instrumentos aplicados, conforme já tratado no capítulo anterior, foram apresentados ao usuário reunidos em caderno que está apensado como Anexo I.

Além da percepção do usuário, foi feito levantamento sobre Localização e acesso; Perímetro de contenção; Provisão de utilidades e serviços; superfícies e revestimentos; Estrutura e leiaute; e Ventilação e climatização das instalações, calcado na base teórica desenvolvida no Capítulo II.

Este levantamento foi realizado através de observações durante visita aos laboratórios pesquisados para entrevista com o usuário. As informações foram complementadas por esclarecimentos obtidos junto aos próprios usuários, projetistas, equipes de manutenção, de metrologia, membros de comissões de biossegurança, consultando-se, ainda, projetos e plantas disponibilizados.

Para realizar a pesquisa de campo foram empregados instrumentos para gravação de entrevistas e tomada de imagens dos locais pesquisados, a critério do usuário. Além destes recursos, havia a disponibilidade de instrumental para realização de medidas físicas de temperatura, umidade, velocidade do ar, nível de ruído e nível de iluminação dos locais avaliados.

As gravações foram acompanhadas de anotações para consulta como medida de segurança em caso de eventual perda dos registros de falas. Sempre que possível, as entrevistas foram acompanhadas por assistente encarregado das anotações de forma que o entrevistado não fosse interrompido durante a exposição de suas idéias, possibilitando fluidez da fala.

A gravação das entrevistas otimizou o tempo disponibilizado pelos usuários e possibilitou que a reprodução fidedigna da fala dos entrevistados fosse acessada durante a análise do conjunto de informações, buscando-se recuperar os sentimentos, emoções e sensações que são expressas pela voz.

Em todas as oportunidades houve permissão para fotografar os laboratórios estudados ou então os próprios entrevistados se anteciparam cedendo fotos dos locais sob avaliação. As fotos facilitaram a descrição dos resultados obtidos com a pesquisa, auxiliando, também, na reprodução das plantas de leiaute que ilustram a tese.

Os dados obtidos são apresentados a seguir, complementados com plantas dos locais avaliados.

#### **4.3.1 Laboratório NB3 - Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães - CPqAM**

Criado em 1950, no Recife, o instituto nasceu com a missão de combater as doenças endêmicas. Hoje, além de sua atividade principal, dedica-se também à formação de recursos humanos e à produção de tecnologias. Em 1970, tornou-se unidade técnico-científica da Fiocruz, passando a denominar-se Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães<sup>22</sup>. Nesta mesma década, foi transferido para o *campus* da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) onde, atualmente, ocupa uma área de 16.250 m<sup>2</sup>, quase 90% correspondendo à área construída.

Projetado por equipe própria da Fiocruz no final dos anos 70, o prédio principal de dois pavimentos abriga a administração, o auditório e laboratórios. No limiar de 2000, o CPqAM sofreu sua principal ampliação, com a construção do Pavilhão Josué de Castro.

Como a área disponibilizada pela UFPE dentro de seu *campus* era bastante exígua, o projeto pautou-se pelo planejamento global da instituição, com uma reflexão voltada para o futuro. O projeto foi concebido reservando áreas para incluir novos laboratórios, dentre eles o NB3.

De acordo com informações obtidas junto à instituição, a ampliação objetivava abrigar o Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva (NESC). Assim, para não prejudicar o fluxo de trabalho, destinou-se a área térrea para a projeção futura de novos laboratórios, de forma contígua aos já existentes. Nos andares superiores, acomodou-se a escola, as áreas administrativas e a biblioteca.

Em entrevista com os responsáveis pelo projeto do edifício, ficou evidenciado que foi privilegiada a flexibilidade e a otimização, com a primeira ocupação da nova edificação nos 2º e 3º pavimentos, deixando-se a área do 1º pavimento livre para abrigar futura expansão laboratorial. Para tanto, foram adotados espaços

---

<sup>22</sup> A principal fonte de pesquisa utilizada foi a página da instituição na internet: <http://www.cpqam.fiocruz.br>.

técnicos horizontais (sub-solo e pavimento intermediário) e verticais (ao longo das paredes laterais do prédio). Nesta área física foram, posteriormente, construídos dois laboratórios que colocam o CPqAM em posição estratégica para o desenvolvimento de pesquisas em saúde: o Laboratório de Nível de Biossegurança 3 e o Laboratório de Virologia e Terapia Experimental.

O projeto do laboratório NB3 foi desenvolvido por empresa contratada pela Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde (SVS/MS). Inaugurado em 2005, o laboratório NB3 integra a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública e nele são desenvolvidas atividades científicas nas áreas de hantavirose, tuberculose e peste, patologia da qual é referência nacional para o Ministério da Saúde. A unidade encontra-se em processo de habilitação em gestão da qualidade a ser concedida pela CGLAB, adotando como norma de referência a norma NIT-DICLA-083 - Critérios Gerais para Competência de Laboratórios Clínicos.

#### **A. Localização e acesso**

##### Levantamento de dados

Confrontados os requisitos de localização durante visita ao laboratório, verificou-se que são atendidos 9:10 dos itens obrigatórios para este tipo de instalação, conforme listados no Anexo I. O requisito não atendido diz respeito ao sistema emergencial de abertura manual das portas da antecâmara nas situações em que for adotado o intertravamento eletro-mecânico das mesmas. Os requisitos recomendados foram atendidos na razão de 4:5 pois uma das paredes que delimitam a contenção pertence ao envelope externo da edificação.

##### Percepção do usuário

No viés do usuário, a localização do laboratório foi considerada como **satisfatória**, registrando que a automação não funciona. Evidenciou-se, desta forma, problemas de operação e manutenção dos sistemas automatizados. Também foi registrado que o acesso se dá pela circulação interna do prédio, aberta para um

jardim, e o trânsito de pessoas por área aberta traz um nível de sujeidade indesejado ao ambiente, haja vista o laboratório estar situado no primeiro pavimento do prédio, ligeiramente elevado em relação ao nível da rua e funcionar com pressão negativa.

## **B. Perímetro de contenção**

### Levantamento dos dados

Houve aderência na proporção de 4:5 dos itens considerados como obrigatórios em relação ao perímetro de contenção, Anexo I. O item não atendido diz respeito à janela, construída sem atender parâmetros de segurança quanto ao tipo de vidro utilizado.

Os quesitos recomendados foram atendidos uma vez que há instalação de guichê de passagem e visor na barreira de confinamento. Entretanto a instalação do visor interno foi incorreta, com os caixilhos invertidos, trazendo problemas de manutenção e uso devido à pressão negativa na área de contenção.

### Percepção do usuário

O item é tido como **satisfatório** pela parte respondente. Foi afirmado que a janela existente é construída com vidro de segurança. Porém, cabe destacar que o usuário, como leigo em relação a aspectos técnico-construtivos, não tem a percepção de que o material empregado não possui as características de segurança necessárias. É entendimento do pesquisador que as paredes externas da área de contenção devem ser cegas, evitando-se a distração.

## **C. Provisão de utilidades e serviços**

### Levantamento dos dados

De acordo com o levantamento secundário, houve aderência em 6:9 dos itens considerados obrigatórios, conforme avaliação cujo modelo encontra-se no Anexo I. A vulnerabilidade é encontrada na instalação hidrossanitária, desprovida de dispositivo anti-refluxo na alimentação, bem como inexistência de sifões de drenagem com selo hidráulico. O item referente ao uso de bomba de vácuo em substituição de linha é não aplicável.

Os itens recomendados foram atendidos na proporção de 3:5, verificando-se que os reatores das lâmpadas fluorescentes não são exteriores à área de contenção e que não há sistema de transmissão de dados entre a área de contenção e seu exterior.

#### Percepção do usuário

O resultado apurado na avaliação é compatível com o nível de satisfação pronunciado pelo usuário, que considerou que as utilidades e serviços atendem ao uso de forma **satisfatória**, sem quaisquer comentários.

#### **D. Requisitos de conforto ambiental**

##### Levantamento dos dados

Os parâmetros de temperatura, umidade e velocidade do ar são controlados através de sistema central automatizado de climatização em função das exigências de contenção biológica. Entretanto, constatou-se junto ao setor de engenharia que a climatização vem apresentando falhas detectadas ainda na fase de operação inicial dos sistemas. Os problemas persistem por descontinuidade de manutenção, gerando desconforto térmico por calor. A sensação de desconforto é aumentada pelo uso obrigatório de vestimentas de proteção que cobrem todo o corpo. Também foi constatado que as salas de maior contenção (onde são localizadas as CSB) estão delimitadas pelo envelope da edificação e possuem janelas para o exterior. A película de proteção aplicada no vidro não é suficiente para amenizar os efeitos da radiação solar incidente em função da orientação cardeal do prédio.

Medições realizadas<sup>23</sup> mostraram que o nível de ruído contínuo e intermitente dos equipamentos acionados por motores e compressores das CSB e freezers para armazenamento de materiais a temperaturas de -80°C varia numa faixa entre 60 e 70 dB, superior ao estabelecido como limite nos ambientes de trabalho em laboratórios de saúde (entre 40 e 50 dB(A)). Estes resultados corroboram levantamento feito por Macedo e Lapa (2007) sobre o nível de pressão sonora dos equipamentos de laboratório, mostrando que estão acima do que é

---

<sup>23</sup> Utilizado medidor de pressão sonora marca MINIPA, modelo MSL 1351C.

preconizado nas normas da ABNT, cujas referências são adotadas na legislação trabalhista.

Observou-se que a iluminação é feita de forma natural e artificial. As cabines onde são manipulados os agentes biológicos são providas de iluminação própria que proporcionam nível entre 1000 e 1500 lux<sup>24</sup>, adequado ao solicitado pelas tarefas.

A Figura 23 - Tomada da área de contenção do laboratório NB3 do CPqAM mostra à direita o salão de contenção de uso comum, à esquerda as salas de maior contenção onde estão instaladas as CSB e ao fundo a autoclave de dupla-porta, instalada na parede que delimita o laboratório com a sala de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 23 - Tomada da área de contenção do laboratório NB3 do CPqAM**  
**Fonte: Foto obtida no local**

Foram empregadas as seguintes cores nos revestimentos, acabamentos, equipamentos e mobiliário:

---

<sup>24</sup> Utilizado luxímetro marca Minipa, modelo MLM-1010.

Quadro 11 - Cores empregadas no laboratório NB3 do CPqAM

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Branca	-
Paredes	Pintura	Branca	-
Divisórias	Pintura	Branca	-
Piso	Manta vinílica	Bege claro	-
Esquadrias	Pintura	Vermelha	Somente estrutura
Bancadas	Resina	Preta	-
Bancadas	Aço	-	-
Equipamentos	Aço	-	-
Equipamentos	Pintura	Cores claras	-

A cor branca empregada no teto beneficia a reflexão da luz. Já no piso de ambientes de trabalho em geral, é recomendado o uso de cores com reflexão entre 20 e 30%. Em laboratórios de pesquisa biológica deve-se adotar cores claras e sólidas para fins de otimizar a percepção visual de sujidades e, neste caso, a opção foi pela cor bege claro, com reflexão um pouco superior. O aço inox, por suas características de impermeabilidade é comumente utilizado na confecção de equipamentos tais como autoclaves, freezers, CSB, estufas, bancadas e divisórias, tornando-se praticamente inevitável a sua presença nos laboratórios para trabalho em contenção biológica, com desvantagem de refletir a luz em 65%, nível maior que o desejado para máquinas e aparelhos em ambientes de trabalho. No mobiliário, além do aço inox de algumas bancadas, foi empregada resina na cor preta em outras, dois extremos de refletância, respectivamente, 65% e 3%.

A cor branca, aplicada nas paredes, tem reflexão acima do desejado para conforto visual. Provoca situação de maior esforço de adaptação visual no plano de trabalho em vista, principalmente, do forte contraste (faixa de 0,40 - 0,80) entre as cores branca e preta. Por sua vez, o contraste das paredes brancas em relação ao vermelho das esquadrias situa-se nesta mesma faixa, contribuindo para fadiga visual uma vez que fatores de refletância menores proporcionam diminuição da tensão nervosa e minimizam o cansaço

visual. Outro fator negativo ao emprego da cor vermelha como elemento decorativo no ambiente de trabalho é a sua natureza condicionante (CUNHA, 2004), pois está atrelada aos avisos de perigo, provocando reação de defesa no espectador.

#### Percepção do usuário

Este item foi considerado como **insatisfatório** pela parte respondente, com reclamações quanto a desconforto térmico, acústico, visual e respiratório.

A queixa de desconforto térmico causado pelo calor é referenciada pela parte usuária como decorrência de falha nos controles do sistema automatizado e falta de manutenção do sistema de climatização e ventilação, que também é considerada como muito onerosa para a instituição. Foi mencionado que as vestimentas de segurança necessárias agravam a sensação de desconforto térmico e causam desconforto respiratório pelo uso compulsório de máscaras de proteção não autônomas.

Outro fator de desconforto mencionado refere-se ao ruído. Devido a falhas no sistema de automação, os alarmes passaram a soar de forma intermitente, causando desconforto acústico, o que levou a equipe a desligar o sistema de alarmes. Não foram feitas queixas quando ao ruído originado do funcionamento dos equipamentos típicos de laboratório.

O nível de iluminação não foi referido como queixa. Em contra-partida, a principal reclamação foi em relação às cores empregadas nos acabamentos do ambiente e no mobiliário, com tripla referência feitas de forma bastante enfática. O primeiro comentário surgiu na resposta sobre a avaliação das condições de conforto ambiental. Foi dito que as cores empregadas incomodam muito, causando desconforto visual por poluírem o ambiente, referência ao acabamento empregado nas esquadrias confeccionadas em alumínio com pintura eletrostática em vermelho vivo.

## **E. Superfícies e revestimentos**

### Levantamento de dados

Não houve aderência a apenas um dos itens obrigatórios, que diz respeito à continuidade de superfícies, sem saliências e reentrâncias, atingindo a proporção de 4:5. Verificou-se que o forro rebaixado em gesso acartonado possui fresta em seu perímetro, não havendo junção com as paredes. O recurso de teto falso foi adotado considerando que a estanqueidade é dada pela laje de cobertura, através da qual só passam os principais dutos de insuflação e exaustão, calhas etc minimizando os locais que necessitavam vedação. Os dutos de distribuição foram instalados no entreforro, suprimindo os pontos da área de contenção com insuflação e exaustão através de grelhas instaladas no forro. O recurso permitiria flexibilidade e facilidade de futura adequação do sistema de ventilação em caso de necessidade de alteração do leiaute de equipamentos, principalmente para realocação das CSB. Não haveria necessidade de promover a vedação na junção entre forro e paredes uma vez que a estanqueidade seria dada pela laje (Azeredo, 2004). Entretanto, a execução da obra apresenta falhas que comprometem o funcionamento do sistema.

De forma geral, os revestimentos são adequados ao uso em laboratórios. Porém, há alguns detalhes específicos a estes ambientes que demandariam maior detalhamento de projeto e rigor na execução que não foram contemplados.

### Percepção do usuário

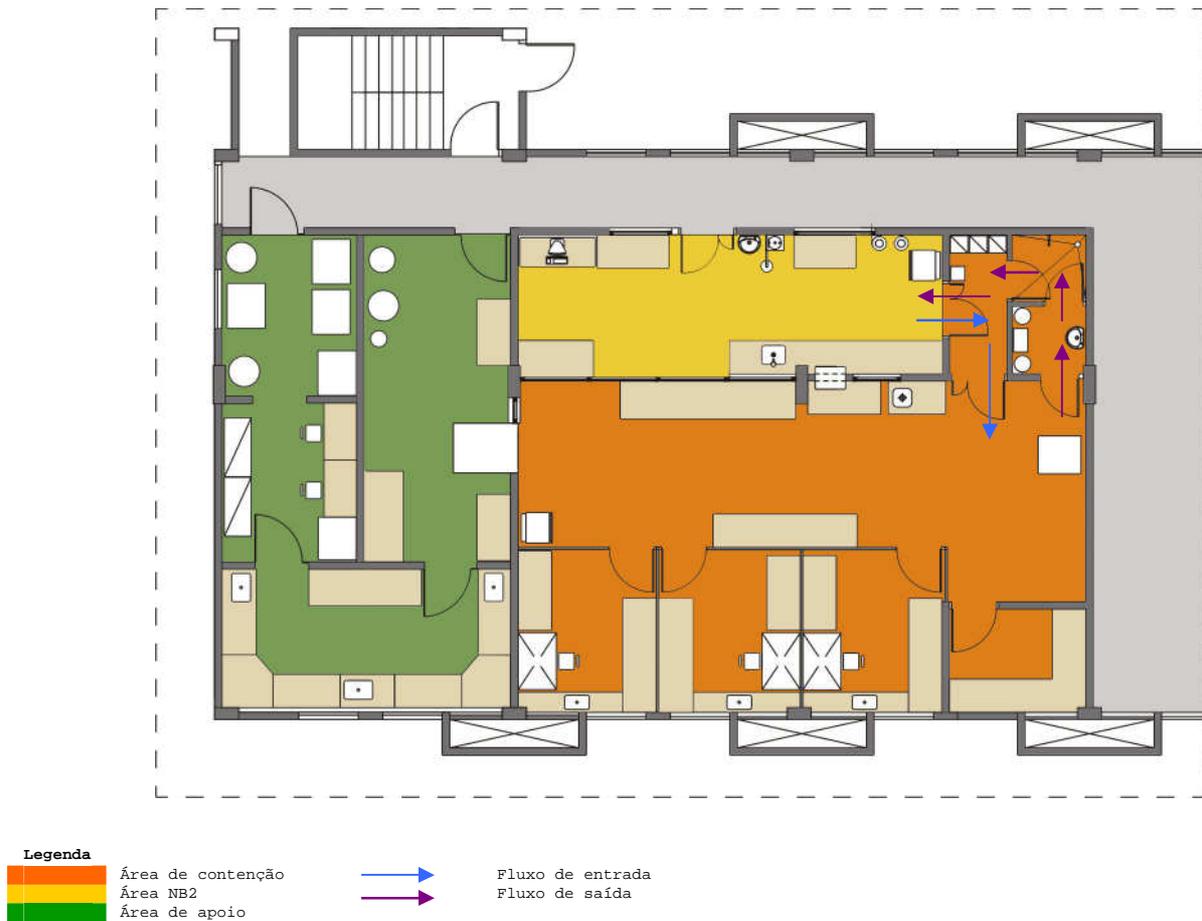
A parte respondente considerou como **satisfatórios** os revestimentos e mobiliários quanto à adequação ao uso, sem comentários adicionais.

## **F. Estrutura e leiaute**

### Levantamento dos dados

A configuração do laboratório é do tipo suíte, com três salas de maior contenção destinadas à manipulação individualizada de três agentes biológicos classe de risco 3 distintos, além de área de uso

comum. Conta, ainda, com área de apoio para o processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização, com instalação de autoclave dupla-porta, e laboratório NB2 para preparo de materiais provido de guichê de passagem. O fluxo de pessoas entre as áreas NB2 e NB3 é realizado através de antecâmara com três compartimentos. A estrutura física foi concebida de forma a atender o gradiente de risco biológico. O leiaute da instalação encontra-se na Figura 24 - Setorização do laboratório NB3 do CPqAM.



**Figura 24 - Setorização do laboratório NB3 do CPqAM**

As salas para manipulação em contenção foram projetadas com dimensões aproximadas de 2,9 m X 3,5 m, área com cerca de 10 m<sup>2</sup>. Tais medidas são suficientes para abrigar o trabalho com uma CSB, bastante próximo das dimensões mínimas básicas de 2,5 m X 3,0 m. Entretanto, a combinação adotada entre arranjo físico, proporção, disposição de mobiliário e equipamentos conferem às salas aspecto de sub-dimensionamento. As CSB foram corretamente localizadas em relação ao posicionamento e distanciamento das portas, mas a

insuflação do ar condicionado é bastante próxima, fator de interferência no uso dos equipamentos por causar turbulência nas correntes de ar do entorno. Complementando a área de contenção nível 3, há o salão de uso comum e, em separado, câmara para realização de procedimentos que requerem ambientes abrigados da luz.

O laboratório NB2 de apoio possui 26 m<sup>2</sup>, aproximadamente. O maior ambiente é ocupado pela sala de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização, superior a 57 m<sup>2</sup>. Este ambiente é compartilhado com outros laboratórios.

Todos os ambientes de trabalho são em forma retangular e tiveram o leiaute organizado a partir da concepção periférica de equipamentos e bancadas com 0,60 m e 0,35 cm de profundidade. Esta dimensão de bancadas é insuficiente para acomodar, de forma segura, muitos dos equipamentos utilizados em pesquisa biológica como estufas, incubadoras e centrífugas. As bancadas mais estreitas comportam cubas.

#### Percepção do usuário

A parte respondente entende que a estrutura e leiaute oferecidos atendem de forma **satisfatória** as necessidades de trabalho. A percepção da satisfação com o dimensionamento das áreas e fluxo de amostras e de trabalhadores foi confirmada através de considerações e comentários feitos durante a aplicação do restante do instrumento de pesquisa.

### **G. Ventilação e climatização**

#### Levantamento de dados

Os requisitos obrigatórios têm 100% de aderência e apenas o requisito que recomenda a proteção dos dutos de admissão de ar por mecanismos anti-refluxo ou filtro HEPA deixou de ser atendido.

#### Percepção do usuário

Já a parte respondente considerou o sistema de ventilação e climatização como **pouco satisfatório**, com críticas desde as dificuldades de operação inicial do sistema, falhas na automação e

problemas de manutenção. O sistema foi certificado por empresa credenciada, mas houve necessidade de refazer a instalação da autoclave dupla-porta devido a falhas na vedação na parede, resultando em provável comprometimento de seu balanceamento. Há queixas desde desconforto térmico por calor até a insegurança originada pelo não religamento automático das CSB nos casos de falta de energia elétrica e suprimento através do gerador de emergência. Outra dificuldade apontada foi quanto ao nível de sofisticação do sistema de automação, em geral, para o qual a manutenção é bastante cara, inviabilizando-se pelos altos custos por demandar mão-de-obra especializada.

O sistema de automação instalado foi proposto pela equipe de projeto, trazendo um grau de sofisticação que não é condizente com as possibilidades de manutenção no tocante a aspectos orçamentário-financeiros e logísticos, situação que compromete sua operação. Segundo o usuário, a equipe de arquitetura que participou da concepção do conjunto passou uma grande segurança em relação ao sistema gerador e à automação. Mas, pela experiência vivenciada um sistema que tivesse sido planejado dentro da realidade local seria mais adequado.

#### **H. Considerações finais**

As queixas da parte usuária entrevistada concentram-se em questões de conforto e segurança biológica individual e coletiva. As principais causas de desconforto ambiental são de origem visual, térmica, respiratória e acústica, apontadas nesta ordem de importância.

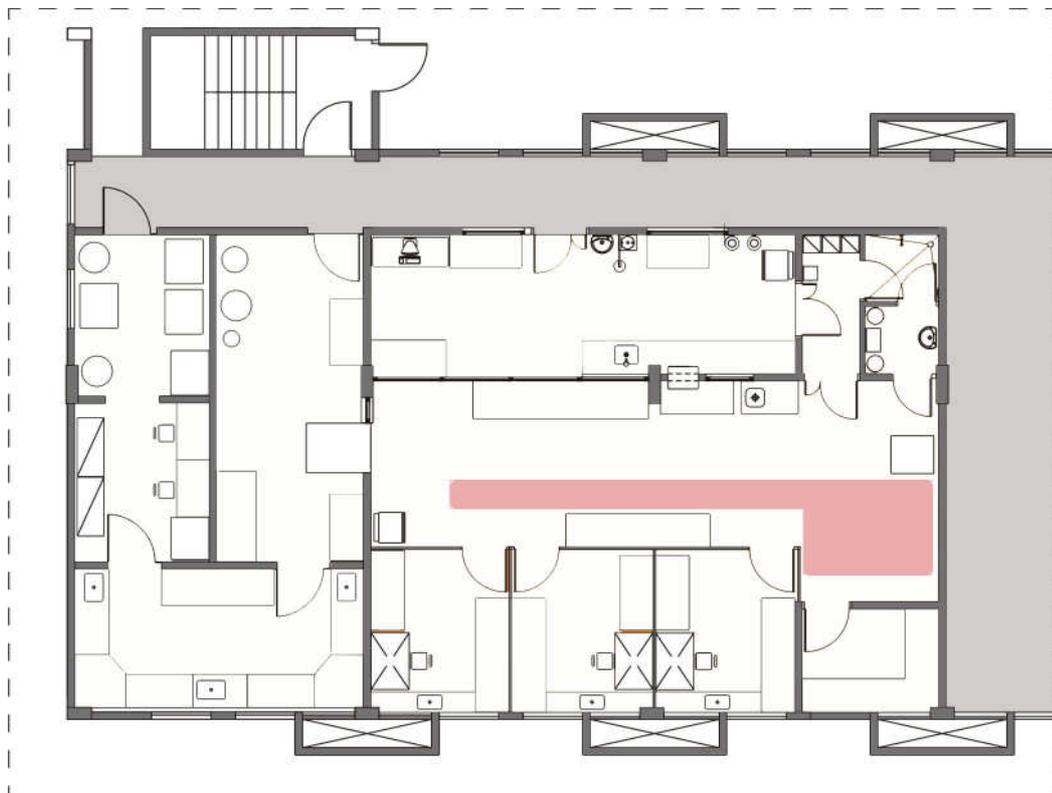
De fato, constatou-se que não houve um planejamento cromático mais adequado às atividades laboratoriais.

Já quanto ao layout do laboratório, apesar de não haver queixa do usuário, não se pode deixar de tecer algumas considerações a respeito.

Segundo relatório descritivo dos dados levantados pela equipe de projeto, "a condição geométrica dos espaços disponibilizados"

(Ministério da Saúde, 2003, p. 228) era altamente favorável devido à existência de pavimentos técnicos nos níveis superior e inferior ao pavimento onde se localizaria o laboratório. Mesmo assim, verificou-se que a estrutura e leiautes poderiam ter sido otimizados em função da área total disponibilizada para projeto da instalação, prevendo-se, por exemplo, salas que comportassem a instalação de duas CSB ao invés de uma cabine por sala, fluxo de pessoas sem cruzamento; antecâmara para fumigação de equipamentos; local para guarda de materiais e equipamentos para manutenção primária e limpeza, atividades estas que foram concebidas para serem realizadas pelos próprios pesquisadores.

A sala de uso comum do NB3 está dimensionada de tal forma que é subutilizada. Com superfície totalizando aproximadamente 45 m<sup>2</sup>, apresenta área excedente para circulação, conforme evidenciado na Figura 25 - Área desperdiçada como circulação no NB3 do CPqAM, marcada em cor sólida.

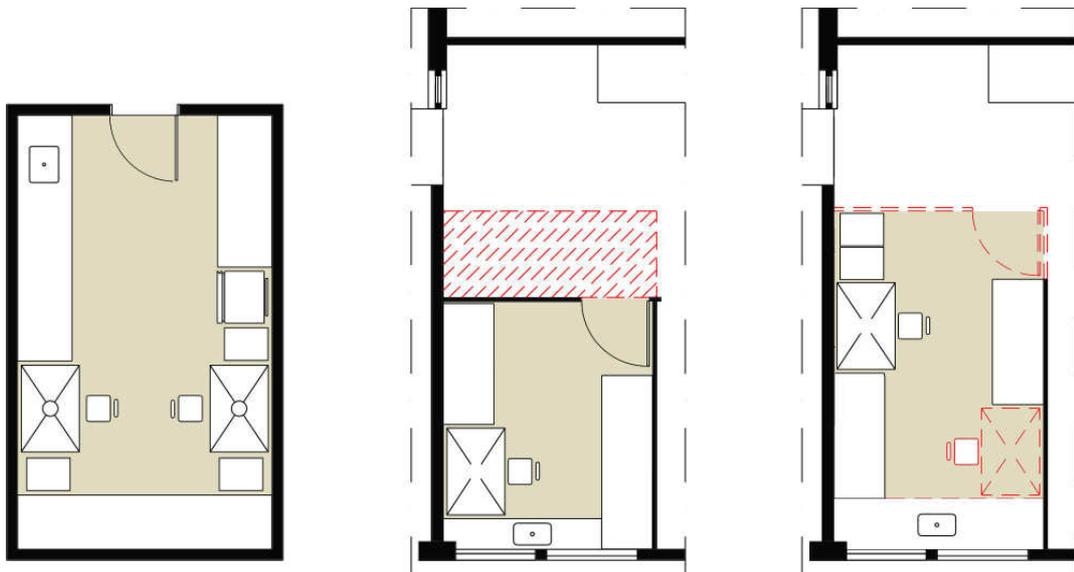


**Figura 25 - Área desperdiçada como circulação no NB3 do CPqAM**

Em contrapartida, nas salas das CSB (zona de maior contenção) o laboratório foi ocupado usando a sobreposição de equipamentos em

bancada como recurso para otimização dos reduzidos espaços, por exemplo.

A proporção de área entre o salão NB3 de uso comum e as três salas para manipulação de agentes patogênicos perigosos é de 5:3. A área excedente na circulação poderia ter sido contemplada com outro uso. A título de exercício sobre a ocupação dos espaços do laboratório NB3 do CPqAM, na Figura 26 - Comparação das salas de maior contenção com o módulo básico, são desenhadas três situações distintas. À esquerda está reproduzido o módulo básico para operação simultânea com 2 CSB, conforme tratado no Capítulo II. Ao centro, reprodução de uma das salas de manipulação biológica, hachurada em cor a área de circulação subutilizada. Finalmente, à direita, simulação de leiaute, incorporando-se a área subutilizada na circulação à sala de manipulação biológica, com projeções pontilhadas em cor. Nesta solução, seria possível o funcionamento simultâneo de duas CSB, observando-se que a bancada com cuba, neste caso, recuperaria a dimensão de profundidade mínima necessária para trabalho em laboratório.



**Figura 26 - Comparação das salas de maior contenção com o módulo básico**

Conforme mencionado anteriormente, o rápido estudo ora sugerido foi elaborado apenas a título de exercício e é apresentado como crítica à estrutura e leiaute projetados na área disponibilizada

para construção do NB3 no CPqAM. Tem-se convicção que outras soluções de projeto seriam possíveis neste mesmo espaço, atendendo de forma mais otimizada os trabalhos em contenção biológica.

Por sua vez, o projeto foi totalmente desenvolvido, a obra construída e recebida sem participação de projetistas e técnicos de manutenção da própria instituição, não contemplando as etapas de uso, operação e manutenção. Problemas de construção, como o aparecimento de trincas no visor e a não instalação de janela exterior com vidros de segurança, persistem sem solução ou sequer foram identificados.

Não houve continuidade na manutenção dos sistemas centralizados de ventilação e climatização e de automação depois que o laboratório foi entregue para uso.

#### **4.3.2 Laboratório NB3 - Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos - Biomanguinhos**

O Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos<sup>25</sup> - Biomanguinhos - é unidade da Fiocruz para produção e desenvolvimento de imunobiológicos com vistas ao atendimento das demandas de saúde pública por produtos como vacinas, reativos para diagnóstico laboratorial e biofármacos. De sua criação, em 1976, até os dias de hoje, evoluiu de um grupo de pequenos laboratórios de febre tifóide, cólera, meningite e febre amarela, projetados para pesquisa, para um complexo industrial e tecnológico com capacidade instalada para produção na ordem de 300 milhões de doses de vacinas por ano. Em 2001 foi qualificado pela OMS como fornecedor internacional da vacina contra a febre amarela. Biomanguinhos segue as normas de Boas Práticas de Fabricação (BPF), com produtos cancelados pela ANVISA.

Situado no campus da Fiocruz no Rio de Janeiro, ocupa área construída de 35.000 m<sup>2</sup>, em fase de expansão das instalações para área superior a 53.000 m<sup>2</sup>.

---

<sup>25</sup> A principal fonte de pesquisa utilizada foi a página da instituição na internet: <http://www.bio.fiocruz.br/>.

De acordo com informações obtidas junto à instituição, alguns setores da unidade estão localizados no Pavilhão Rocha Lima, prédio compartilhado com laboratórios de pesquisa biológica em bacteriologia, virologia e micologia do Instituto Oswaldo Cruz. Projetada ao final da década de 50 pelo arquiteto Waldyr Ramos, a edificação foi construída para abrigar hospital de pneumologia. A obra com quase 6.000 m<sup>2</sup>, concluída em 1965, teve sua ocupação posteriormente redefinida para ocupação do Departamento de Soros e Vacinas do Ministério da Saúde (OLIVEIRA et al, 2003). Em 1970, foi incorporado à, então recém criada, Fundação Instituto Oswaldo Cruz.

Em 2002, segundo a Comissão de Biossegurança local, foi executada reforma no quarto pavimento do prédio para abrigar sala limpa acrescida das características de laboratório NB3. Destinava-se a ser usada como plataforma tecnológica, conforme demanda de grupos de pesquisa por instalações desta natureza para desenvolvimento de seus projetos. Assim, o Laboratório de Tecnologia Viroológica - LATEV - foi o usuário da área no projeto de desenvolvimento tecnológico de produtos com vírus da hepatite A não-recombinante<sup>26</sup> antes da desmobilização do ambiente programada para fins de correção de problemas projetuais e construtivos detectados durante o uso, bem como readaptação ao uso para comportar, também, futuras manipulações genéticas em contenção biológica nível 3 em função das exigências de infra-estrutura requeridas nas orientações normativas promulgadas pela CTNBio.

Biomanguinhos possui em sua estrutura o Laboratório de Metrologia e Validação - LAMEV, que responde pela certificação interna de seus laboratórios de produção e suporte de acordo com as BPF. Com equipamentos rastreados pelo INMETRO e seguindo normas nacionais e internacionais, todos os processos para funcionamento do NB3 foram habilitados em 2004.

---

<sup>26</sup> O vírus da hepatite A é classificado como de risco 2. Entretanto, sua resistência à temperatura ambiente, fez com que o projeto fosse desenvolvido em nível de contenção NB3.

## **A. Localização e acesso**

### Levantamento de dados

Dos requisitos de localização e acesso, Anexo I, apenas não está atendida a recomendação para que a construção seja afastada do envelope da edificação. Foi observado que, embora afastado de circulação pública e com acesso controlado, a existência de visores na circulação principal do prédio interfere um pouco na privacidade do trabalho, possibilitando eventual distração.

### Percepção do usuário

A parte respondente considera a localização **pouco satisfatória** haja vista que se trata de instalação em prédio adaptado ao uso, sem disponibilidade de pavimento técnico, opinando que a experiência atual faz repensar que, nestas condições, os laboratórios devem ser projetados para ocupar pavimento térreo.

Em que pese as restrições enfatizadas pelo usuário, entende-se que as mesmas referem-se à locação destinada pela instituição para que o espaço disponível tivesse seu uso adaptado para laboratório de contenção biológica, mas no tocante aos requisitos de localização e acesso, considera-se que estão atendidos de forma satisfatória.

## **B. Perímetro de contenção**

### Levantamento de dados

O laboratório é provido de todas as barreiras obrigatórias, conforme modelo de levantamento no Anexo I. Na parede com janela para o exterior foi executada vedação por painel de fibrocimento em sua extensão completa, recobrando-se a janela, conforme entendimento dos próprios usuários. O item referente a tratamento de efluentes antes do lançamento na rede é não aplicável. Quanto às recomendações projetuais de biossegurança, não possui guichê de passagem de materiais para a área de maior contenção.

### Percepção do usuário

A parte respondente considera que as barreiras arquitetônicas são **pouco satisfatórias** por preocupação com a vulnerabilidade do laboratório NB2 adjacente, que possui pressão positiva em relação à circulação. Este recurso foi utilizado para obter o gradiente negativo de pressão necessário para trabalho em ambiente NB3. A solução do problema é apontada pelo usuário como uma das mudanças que almeja, já estando praticamente definida a construção de antecâmara com pressão positiva entre a área NB2 e a circulação principal do pavimento, a ser incorporada na reforma do laboratório.

### **C. Provisão de utilidades e serviços**

#### Levantamento de dados

Tem aderência a 7:9 dos requisitos obrigatórios, deixando de atender apenas a condição de instalação de dispositivo anti-refluxo na instalação hidráulica, observando-se como não aplicável os sifões de drenagem com selo hidráulico uma vez que foi implementado recurso alternativo para coleta das águas servidas do lavabo em bombonas, com tratamento químico preliminar e posterior tratamento físico de descontaminação. Dos itens recomendados, não está atendida a colocação de reatores no exterior da área de contenção, perfazendo aderência na proporção de 4:5.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou que as utilidades e serviços atendem ao uso de forma **satisfatória**, comentando que a substituição dos cilindros de gases comprimidos por linha e a substituição da canalização sanitária dos lavabos por bombonas foram melhorias obtidas mediante intervenção física posterior à obra inicial.

### **D. Requisitos de conforto ambiental**

#### Levantamento de dados

O laboratório foi construído com sistema central de climatização com controle das variáveis de temperatura, umidade e velocidade do ar. Entretanto, houve problema com umidade nas CSB,

tendo como provável nexu o ponto de coleta do ar, localizado em ambiente aquecido e mais úmido. O ar captado, ao entrar em contato com a temperatura de conforto do laboratório, condensa água. As CSB serão substituídas e refeito o projeto de instalação dos novos equipamentos com vistas a captação de ar com qualidade adequada, evitando-se problemas de contaminação microbiológica ambiente.

Neste laboratório, como nas demais instalações NB3, são utilizados materiais pouco absorventes das radiações sonoras, pois as condicionantes de biossegurança requerem o emprego de materiais bem lisos para fins da qualidade de limpeza e higienização. Assim, os motores das CSB, quando ligados, e compressores de freezers, quando acionados, ultrapassam o nível de conforto em relação ao ruído estabelecido nos regulamentos trabalhistas brasileiros.

A iluminação é totalmente artificial, e as CSB são construídas com lâmpadas para iluminar o campo de trabalho, proporcionando condições de manipulação biológica com segurança lumínica.

**Quadro 12 - Cores empregadas no laboratório NB3 de Biomanguinhos**

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Branca	-
Paredes	Pintura	Branca	-
Divisórias	Aço	-	-
Piso	Resina	Verde	-
Esquadrias	Aço	-	-
Bancadas	Aço	-	-
Equipamentos	Aço	-	-
Equipamentos (CSB)	Pintura	Azul	Substituição por aço

As paredes são brancas, assim como o rebaixamento do teto, e o piso verde, cor e tonalidade com reflexão mais próxima ao adequado para pisos no ambiente de trabalho.

As novas CSB serão construídas em aço, sob encomenda, com os painéis frontais estampados para minimizar o efeito fisiológico causado pelo contraste elevado de cores.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 27 - Vista do interior do NB3 de Biomanguinhos**

**Fonte: Foto cedida pelo LAMEV**

#### Percepção do usuário

Este item foi considerado como **satisfatório** pela parte respondente, fazendo ressalva quanto às cadeiras que apresentaram problemas com o uso.

A temperatura e umidade são controladas pelo sistema centralizado de climatização e ventilação, não havendo queixas a respeito. Com iluminação totalmente artificial, não há queixas quanto à quantidade de luz para execução das tarefas. As CSB são providas de lâmpadas para iluminar o campo de trabalho. Não foram feitas queixas quanto ao ruído.

#### **E. Superfícies e revestimentos**

##### Levantamento de dados

Verificou-se que há aderência a todos os itens obrigatórios e recomendados aplicáveis.

Todos os materiais empregados buscam minimizar a formação de partículas em suspensão, rigor usado na construção de salas limpas que preenche de forma muito satisfatória as necessidades de descontaminação de laboratório NB3.

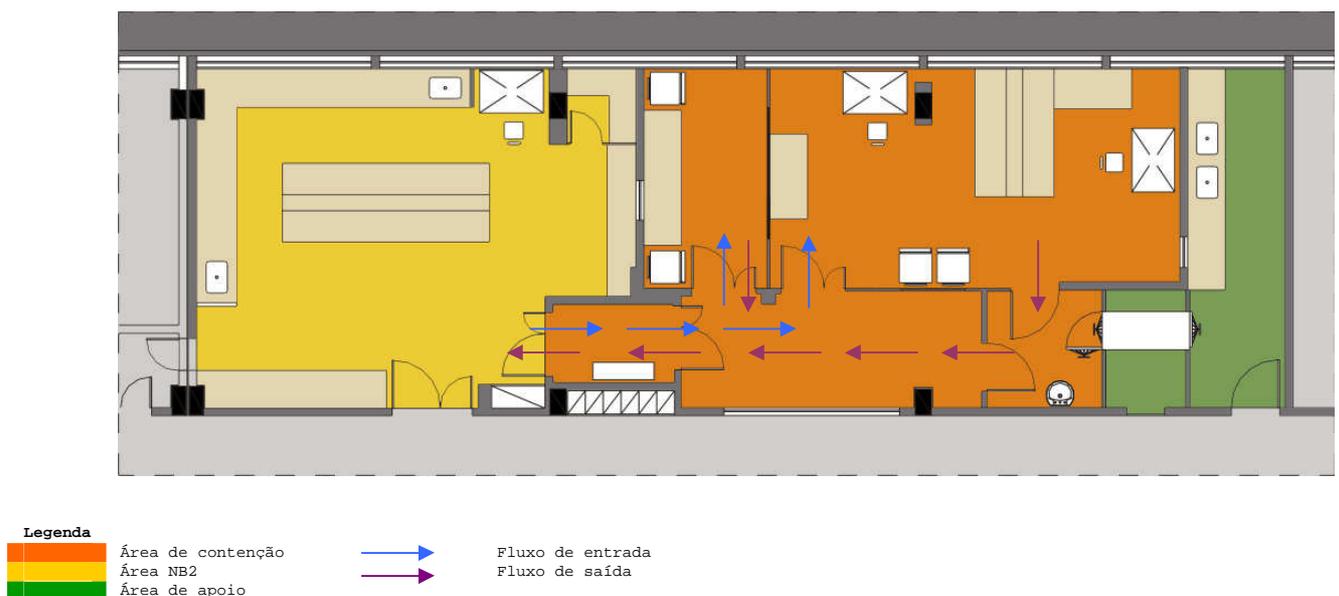
#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou como **satisfatórios** os revestimentos e mobiliários quanto à adequação ao uso, sem comentários adicionais.

#### **F. Estrutura e leiaute**

##### Levantamento de dados

O laboratório NB3 de Biomanguinhos foi concebido tendo como zona de acesso um laboratório NB2, contando com área de apoio para o processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização e com instalação de autoclave dupla-porta. A circulação de pessoas entre as áreas NB2 e NB3 é realizada através de antecâmara de paramentação, sucedida por ambiente de acesso à sala de equipamentos e ao laboratório NB3 propriamente dito, com fluxo de pessoas determinado por portas de entrada e saída. Desta forma, a concepção do laboratório atentou para o gradiente de risco.



**Figura 28 - Setorização do laboratório NB3 de Biomanguinhos**

A sala das CSB é superdimensionada e dividida em dois ambientes pelo mobiliário. Em cada ambiente assim delimitado está instalada uma CSB, posicionadas afastadas das grelhas de ventilação e de portas.

O pé direito é rebaixado em função da dutagem do sistema de ar condicionado central, com altura inferior a 2,4 m. Houve necessidade de moldar nichos para receber as coifas das CSB.

#### Percepção do usuário

A estrutura física e layout foram considerados como **satisfatórios** pela parte respondente. O usuário demonstrou bastante preocupação com o fluxo para circulação na instalação. Observou que os requisitos de biossegurança da instalação podem ser atendidos com acesso único para entrada e saída da área de maior contenção. Entretanto, as BPL exigem fluxos de processo e pessoas bem definidos para evitar quaisquer cruzamentos.

A sala de manipulação foi considerada como grande demais, trazendo, na opinião do usuário, dificuldade de manutenção.

### **G. Ventilação e climatização**

#### Levantamento de dados

Os requisitos recomendados têm 100% de aderência, já os requisitos obrigatórios totalizaram aderência na proporção de 4:6. Os itens de segurança recomendados e não atendidos dizem respeito à falta de intertravamento entre exaustão e admissão do ar, para evitar pressão positiva acidental, e à ausência de sinalização de alerta nos casos de falha na insuflação de ar.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou os sistemas de ventilação e climatização como **satisfatórios**, enfatizando que houve balanceamento e que o problema de umidade havido é pontual nas CSB.

## H. Considerações finais

Os requisitos de projeto exigidos pelas BPL suprem as condições de biossegurança para NB3.

Há engajamento da Comissão de Biossegurança de Biomanguinhos no projeto, trabalhando de forma articulada com o Laboratório de Metrologia e Validação, atuando como instâncias decisórias na concepção dos ambientes.

Algumas das dificuldades de projeto são devidas às características da edificação, que é antiga, foi projetada como hospital, adaptada para abrigar laboratórios e posteriormente reformada para receber o NB3 com características de sala limpa. Tanto o projeto de arquitetura como os projetos de instalações tiveram limitações em seu desenvolvimento, dentre elas a falta de espaço técnico para as casas de máquinas e tratamento de efluentes.

### 4.3.3 Laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

O Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) é uma unidade da Universidade de São Paulo - USP. Em 1970, foi constituído o Departamento de Microbiologia do ICB, mas somente em 1985 foram reunidos fisicamente no Edifício Biomédicas II os laboratórios que se encontravam distribuídos em diversos locais do *campus* da USP, situado na Zona Oeste da cidade de São Paulo, bairro do Butantã.

A maior parte dos edifícios deste *campus* foi construída a partir de meados da década 60, evidenciando-se uma intenção funcionalista na constituição dos seus espaços e na organização das unidades da Universidade, segundo a lógica da arquitetura moderna<sup>27</sup>.

O prédio do Edifício Biomédicas II é uma construção em concreto aparente, com três pavimentos. Segundo seus ocupantes, foi concebido com finalidade de abrigar áreas administrativas e posteriormente adaptado para receber o Departamento de Microbiologia, constituído

---

<sup>27</sup> A principal fonte de pesquisa utilizada foi a página da instituição na internet: <http://www.usp.br/>.

por 19 laboratórios de pesquisa, setor administrativo, centrais de distribuição de material para laboratório, lavagem e esterilização, serviço de informática, biotério para manutenção de animais em experimentação e central de equipamentos multiusuários.

O laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien foi inaugurado em 2003 e ficou conhecido como NB3 *plus* ou NB3+ em alusão ao atendimento de mais requisitos de segurança do que o mínimo exigido para trabalho em contenção com agentes patogênicos da classe de risco 3 e rigor no cumprimento compulsório dos procedimentos de biossegurança estabelecidos.

Com objetivo de abrigar estudos sobre hantavírus, arbovírus e o vírus do Oeste do Nilo (vírus exótico), o laboratório integra a Rede de Diversidade Genética de Vírus - RDGV que tem, dentre seus objetivos, antecipar problemas através da virologia preditiva (FIORAVANTI, 2003).

#### **A. Localização e acesso**

##### Levantamento de dados

Durante avaliação no local, foi constatado que o acesso, na prática, é feito diretamente através de área administrativa uma vez que a circulação interna foi ocupada para atividades desta natureza. Os vazios centrais, resultado do partido original da construção com pátio interno, foram fechados por laje, interligando as circulações periféricas internas e obtendo-se um grande salão usado como área de apoio acadêmico-administrativo. Assim, apesar da aderência a todos os requisitos obrigatórios, verificados segundo o Anexo I, e deixar de atender apenas o requisito recomendado referente a afastamento do envelope da edificação de todas as paredes delimitantes da área de contenção, a localização e acesso não são de todo satisfatórios.

##### Percepção do usuário

No entendimento do usuário a localização do laboratório foi considerada como **pouco satisfatória** por não haver laboratório NB2 adjacente. O acesso se dá diretamente da circulação, uma vez que não foi disponibilizada área suficiente para conceber configuração

espacial mais adequada. A vulnerabilidade da localização foi compensada pela adoção de duas medidas construtivas de segurança: o isolamento da contenção através de envelope interno em concreto celular autoclavado e a instalação de portas com vedação ativa.

## **B. Perímetro de contenção**

### Levantamento de dados

Houve aderência a todos os itens considerados como obrigatórios e como recomendados listados no Anexo I. Por não haver janelas externas, a segurança das mesmas foi considerada como item não aplicável.

### Percepção do usuário

A avaliação pela parte respondente corrobora com a avaliação realizada no local ao considerar como  **muito satisfatórios**  os recursos empregados para se obter garantias de contenção biológica. Na utilização das demais etapas do instrumento de pesquisa, a parte respondente enfatizou os aspectos relevantes para contenção que nortearam a concepção do laboratório, tal como a preferência por não haver janela externa como fator de segurança, a descontaminação através de autoclave de dupla porta e a instalação de guichê de passagem. Entretanto, os componentes externos da autoclave estão localizados dentro da área de contenção, sala separada, quando o ideal é que fossem disponibilizados para acesso externo.

## **C. Provisão de utilidades e serviços**

### Levantamento de dados

Verificou-se que são atendidos na proporção de 6:9 os itens tidos como obrigatórios. Dos itens recomendados não há aderência quanto à localização de reatores na área externa à contenção, provendo-se o local com luminárias autoclaváveis. O sistema de comunicação entre a área de contenção e seu exterior foi redimensionado após incidente no trajeto de saída do laboratório. Com programação de banho compulsório em duas etapas, há descarga de 30 litros de água clorada pelo chuveiro do box depois que a primeira

porta se fecha, única rota de saída possível. A seguir, há descarga de 20 litros de água corrente para enxágüe antes que se possa abrir a próxima porta de saída, acesso à sala de recuperação da indumentária pessoal (Figura 30 - Setorização do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien, p. 146). Por falha da automação, o trabalhador ficou retido e somente após este episódio foi instalado sistema de comunicação das áreas reservadas com o exterior.

#### Percepção do usuário

Para o usuário as utilidades e serviços atendem ao uso de forma **muito satisfatória** depois que foi instalado recurso de comunicação entre as áreas reservadas e a área de suporte. Não foram feitas observações adicionais.

#### **D. Requisitos de conforto ambiental**

##### Levantamento de dados

Através de sistema central de climatização, a temperatura ambiente é regulada para 20°C no intuito de compensar termicamente a exigência de uso de vestimentas que cobrem totalmente o corpo do pesquisador, dos pés à cabeça, com macacões confeccionados em tecido impermeável. O efeito térmico gerado é de desconforto causado por frio.

Verificou-se, mediante avaliação local, que outros fatores contribuem para a sensação de desconforto térmico percebido. Além de alguns equipamentos, todo o mobiliário é confeccionado em aço inox, bem como portas, esquadrias e dutos internos aparentes de admissão e exaustão de ar. As cadeiras em aço transmitem frio por condução e os tecidos das vestimentas de segurança não ajudam no isolamento térmico do corpo. A cor azul que produz efeito de frio, é empregada no piso e estrutura de portas, visores e guichê.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 29 - Vista de atividades no interior do laboratório NB3 do ICB/USP**

Fonte: Foto cedida pelo laboratório

**Quadro 13 - Cores empregadas no laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien**

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Branca	-
Paredes	Pintura	Branca	-
Divisórias	Aço	-	-
Piso	Resina	Azul	-
Esquadrias	Aço	-	-
Esquadrias	Pintura	Azul	Estrutura
Bancadas	Aço	-	-
Equipamentos	Aço	-	-
Equipamentos	Pintura	Cores claras	-

O azul empregado no piso reflete a luz mais do que o recomendado para ambientes de trabalho, situação que se repete com as demais cores empregadas nas paredes e mobiliário, parte

construído em inox. O azul em tom mais forte empregado na estrutura das esquadrias tem reflexão mais adequada à altura do campo visual.

Quanto à iluminação, é toda artificial e a cor branca empregada no teto e paredes beneficia na reflexão da luz no ambiente de trabalho, não havendo queixas sobre o nível de iluminamento necessário para execução das tarefas, com iluminação suplementar nas CSB. Há sala para trabalho em ambiente escurecido para as técnicas que assim o exigem.

O ruído foi mencionado, com sua origem de incômodo localizada nas CSB, uma vez que insufladores e exaustores de ventilação são providos de atenuadores. O nível de ruído produzido está acima 50 dB(A), valor máximo que a legislação toma como adequado para em ambientes para trabalho com exigência intelectual.

O ar interno apresenta boa qualidade microbiológica em função da recente adoção de tratamento por radiação ultravioleta através de dispositivos instalados antes da filtragem HEPA do ar de admissão.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou as condições de conforto ambiental como **pouco satisfatórias**, com muitas queixas quanto a desconforto térmico por frio e alguma reclamação quanto ao nível de ruído causado pelas CSB, porém qualificando-o como inerente às atividades de pesquisa em laboratórios de contenção biológica.

As condições desfavoráveis de conforto térmico e ruído, na opinião da parte respondente, influenciam no tempo de permanência dos pesquisadores no laboratório.

#### **F. Estrutura e leiaute**

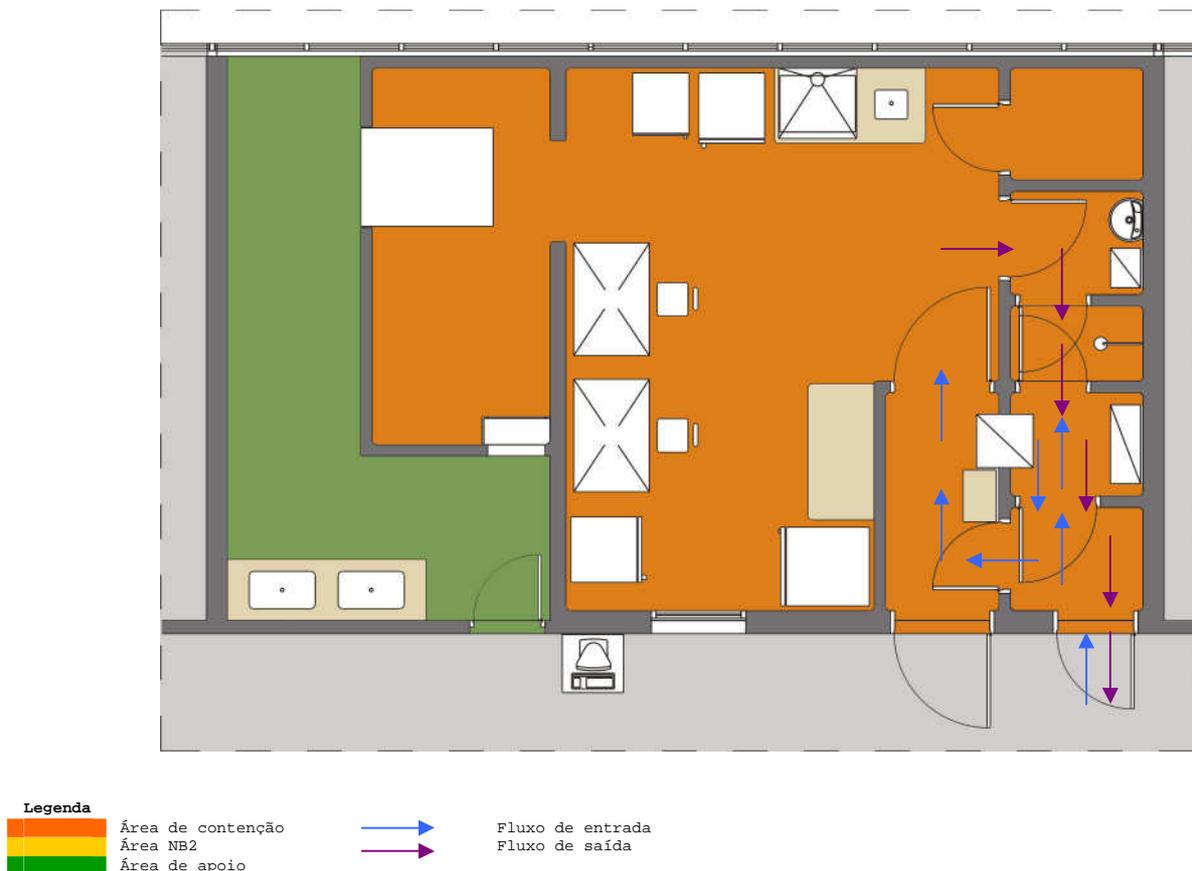
##### Levantamento de dados

A configuração do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien não prevê área como zona de acesso, razão pela qual foi adotado maior rigor na barreira de contenção como, por exemplo, fechamento pneumático de portas. A estrutura obedece a gradiente de risco, com fluxo de pessoas e amostras bem definido. A autoclave está

localizada em sala separada, mas os componentes mecânicos encontram-se instalados dentro da área de contenção embora a área física disponibilizada para construção permitisse arranjo mais favorável.

Concebido de forma a evitar o cruzamento de pessoas ou de materiais, inclusive com a previsão de antecâmara de passagem dimensionada para descontaminação de equipamentos, há área de apoio para o processo de descontaminação-limpeza-preparo-esterilização de materiais. A sala de microscopia é separada dos demais ambientes permitindo maior concentração ao pesquisador ao mesmo tempo em que evita exposições desnecessárias aos agentes de risco manipulados.

A Figura 30 - Setorização do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien apresenta o leiaute da instalação.



**Figura 30 - Setorização do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien**

Os equipamentos e bancadas são organizados de forma periférica na sala principal, em forma retangular. As duas CSB classe IIB2 estão localizadas lado a lado em detrimento de arranjo mais favorável, o qual posicionaria os equipamentos frente a frente para

minimizar possíveis interferências no fluxo de ar. Foi observado que não há interferência de corrente de ar de admissão e exaustão pois as CSB estão afastadas das grelhas de ventilação. O dimensionamento da sala de contenção é compatível para trabalho com duas CSB e arranjo dos demais equipamentos como centrífuga, geladeiras, freezers e bancadas de apoio no mesmo ambiente.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que os requisitos de estrutura e leiaute estão contemplados de forma **muito satisfatória** para trabalho com agentes biológicos de elevado risco ou mesmo risco desconhecido. Durante a aplicação dos demais instrumentos de pesquisa, a parte respondente valorizou as barreiras físicas que contribuem para atingir condições de biossegurança.

Em que pese a satisfação do usuário com a estrutura compacta montada e leiaute arranjado, verifica-se que a parte respondente faria modificações caso as mesmas estivessem ao seu alcance. Algumas não são tangíveis pois, em virtude da exigüidade da área física disponibilizada, salas tiveram suas dimensões ideais prejudicadas como, por exemplo, as antecâmaras de saída, não havendo local adequado para descontaminação dos protetores de cabeça e respiradores. A propósito, segundo o usuário, o ponto fraco da instalação é a falta de um espaço adequado para vestimenta e descontaminação da máscara e capuz de uso compulsório. Outras poderiam ter sido otimizadas, como a instalação dos componentes mecânicos da autoclave no lado externo da área de contenção, melhor aproveitamento da área utilizada para o processo de descontaminação-lavagem-esterilização e preparo, construída em formato de L, dentre outras.

#### **E. Superfícies e revestimentos**

##### Levantamento de dados

Há aderência a todos itens obrigatórios e não atendimento apenas do item recomendado referente à adoção de rebordo nas bancadas para evitar o derramamento de líquidos.

O mobiliário e revestimentos são todos de fácil e higienização. O visor para o exterior do laboratório é em esquadria dupla. O piso, em resina epóxi, apresenta rachaduras localizadas. Sua integridade foi comprometida por não resistir ao choque térmico por condução ao contato com o nitrogênio líquido (-196°C), material empregado na preservação de materiais por criogenia e que geralmente vaza durante o enchimento das bombonas.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou como **satisfatórios** os revestimentos e mobiliários quanto à adequação ao uso. Mas, no entendimento do usuário, a manta vinílica vem sendo empregada em instalações desta natureza com bons resultados e, caso fosse possível, introduziria esta modificação no laboratório em substituição ao epóxi do piso.

Outra modificação que o usuário faria seria utilizar bancadas em resina<sup>28</sup>, material não empregado na concepção do laboratório em vista do custo proibitivo.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 31 - Vista do interior do laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien**  
**Fonte: Foto obtida no local**

---

<sup>28</sup> Referência ao produto Corian®, polímero acrílico com conteúdo mineral.

## G. Ventilação e climatização

### Levantamento de dados

Dos requisitos obrigatórios, somente não é atendido aquele referente à sinalização sonora e visual em caso de falha do ar de admissão, ficando apenas os devidos registros no sistema de automação, resultando em aderência de 5:6 dos itens obrigatórios, com cumprimento de todos itens recomendados.

O laboratório abriga duas CSB classe IIB2 e o sistema foi balanceado. Há, ainda, uma coifa de exaustão de vapores químicos, mas este equipamento não pode ser ativado haja vista sua operação causar turbulência no fluxo unidirecional de ar, comprometendo a manutenção do gradiente de pressão.

### Percepção do usuário

A parte respondente considerou os sistemas de ventilação e climatização como  **muito satisfatórios**.

Esclareceu que, como o laboratório está localizado no último pavimento do prédio, foi possível construir uma casa de máquinas do sistema de ventilação e refrigeração sobre o mesmo, adaptação que se mostrou adequada às necessidades, embora haja dificuldade de acesso que se dá através de escada do tipo marinheiro. Na opinião do usuário, o ideal seria que instalações desta natureza fossem concebidas em prédios que disponham de pavimento técnico, recurso que considera excelente.

## H. Considerações finais

De acordo com o entrevistado, a concepção do laboratório não contou com a participação de profissional em arquitetura e foi idealizada a partir de sua experiência em relação a instalações existentes em outros países, consultando especialistas em sistemas de climatização e ventilação. Posteriormente, a proposta de setorização foi submetida a equipes de engenheiros de renomadas instituições no exterior, de onde adveio a sugestão de acrescentar sala para fumigação de equipamentos de maior porte. As decisões de

projeto, e de pequenas intervenções posteriormente realizadas, são tomadas pelos pesquisadores, que realizam algumas das manutenções e acompanham as manutenções terceirizadas.

#### **4.3.4 Laboratório NB3 de baixo custo - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo**

O laboratório NB3 de baixo custo foi concebido para funcionar no mesmo Edifício Biomédicas II onde está situado o laboratório NB3 Klaus Eberhard Stewien, do Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (vide item 4.3.3, p. 139).

Conforme constatado durante visitação ao local, trata-se de adaptação de um laboratório NB2 já existente, com mínima intervenção física possível, onde está sendo testado sistema de ventilação e refrigeração mais simples, com menor custo de implantação, bem como operação e manutenção menos onerosas. Assim, em contra-posição ao laboratório NB3 clássico, o laboratório de baixo custo é referido como NB3 *light* (HERNANDES, 2007).

Instalado no mesmo pavimento que o laboratório NB3 *plus*, no NB3 *light* são manipulados agentes classe de risco 3 sobre os quais já estão estabelecidos conhecimentos de virulência e respectivos riscos de transmissão de doenças, considerando-se que os procedimentos podem ser realizados com os recursos de equipamentos e instalações físicas ali disponibilizados, suficientes para atender os princípios de biossegurança requeridos.

Este laboratório é piloto para implantação de outros similares no interior do Estado de São Paulo, distribuídos de forma estratégica para responder com maior brevidade às ocorrências de surtos de doenças atribuídas a patógenos emergentes. Foram construídas outras cinco unidades, duas na capital e três no interior, para atendimento de demanda emergencial em vista da necessidade de monitoramento da entrada, no Brasil, do coronavírus humano SARS e na resposta diagnóstica de uma possível pandemia de influenza (HERNANDES, 2007).

## **A. Localização e acesso**

### Levantamento de dados

Os requisitos de localização e acesso obrigatórios estão atendidos na proporção de 8:10, não havendo controle de acesso, que é feito através de chave, com uma cópia distribuída a cada usuário da instalação. O item referente à necessidade de sistema emergencial de abertura de portas é não aplicável uma vez que não há intertravamento e o controle é realizado por medidas protocolares. Os requisitos recomendados são atendidos na proporção de 4:5 por conta da delimitação da área de contenção por parede externa do próprio prédio.

### Percepção do usuário

A parte respondente considera a localização  **muito satisfatória**  haja vista existência de antecâmara com função de zona de acesso ao laboratório NB2 contíguo à área de contenção NB3, frisando que há vantagem pelo fato do conjunto estar localizado no final do salão que também faz as vezes de circulação.

## **B. Perímetro de contenção**

### Levantamento de dados

Dos requisitos obrigatórios, somente aquele que determina a selagem de conduites e instalações não foi atendido. Como não há suprimento hidráulico, conseqüentemente não há tratamento de efluentes. O material sólido é descontaminado através de autoclave de bancada. Não foi instalado guichê de passagem de materiais na barreira de confinamento, requisito recomendado.

### Percepção do usuário

A parte respondente considerou como  **muito satisfatória**  as barreiras providas através do perímetro de contenção. Há, entretanto restrição à existência de janela, mantida de acordo com a paginação da fachada original do prédio, selando-se suas junções pelo lado interno da edificação. De forma enfática, é entendimento do respondente que não deva haver janelas em ambientes para trabalho em

contenção biológica, considerando elemento que pode causar distração.

O usuário ponderou que se tivesse possibilidade instalaria uma autoclave de barreira e, no momento, estão cogitando colocar uma câmara para capturar imagens do interior do NB3 em vista do isolamento do local, sem contato visual.

### **C. Provisão de utilidades e serviços**

#### Levantamento de dados

Dos requisitos obrigatórios, verificou-se a aderência na proporção de 3:9 itens, sendo quatro itens considerados como não aplicáveis e, portanto, dois itens não atendidos, estes últimos referentes à instalação de lava-olhos e existência de sistema de comunicação entre a área de contenção e a área de suporte.

Adaptado em laboratório NB2 existente, a proporção maior de itens não aplicáveis é reveladora do despojamento das utilidades e serviços do laboratório NB3 de baixo custo, no qual estão em funcionamento duas CSB do tipo classe IIA, equipamento que requer menos sofisticação técnica para sua instalação.

Dos itens recomendados, verificou-se que houve aderência na proporção de 2:5, com os cilindros de gases utilizados localizados na área de contenção ao invés de suprimento por linha, não instalação de reatores de lâmpadas fluorescentes pelo exterior da área de contenção, adotando-se luminárias do tipo autoclavável e, inexistência de sistema de transmissão de dados disponível na área de contenção.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que as utilidades e serviços são **poucos satisfatórios**, destacando as restrições hidrossanitárias da edificação.

#### D. Requisitos de conforto ambiental

##### Levantamento de dados

O laboratório é refrigerado através de condicionadores do tipo *split*, e com renovação de ar por insuflação e exaustão mecânica e tratamento do ar de saída e de entrada. A temperatura interna está regulada para trabalhar em  $22 \pm 2^\circ \text{C}$ .

A cor azul foi aplicada no mobiliário e no piso, branco nas paredes, teto e divisórias e os equipamentos são em tons claros.

**Quadro 14 - Cores empregadas no laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP**

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Branca	-
Paredes	Pintura	Branca	-
Divisórias	Pintura	Branca	-
Piso	Manta vinílica	Azul	-
Esquadrias	Laminado	Cinza azulado	Portas
Bancadas	Resina	Branca	-
Equipamentos	Pintura	Cores claras	-
Mobiliário	Laminado	Azul	-

Os tons de azul empregados no piso e mobiliário e o cinza azulado do revestimento das portas têm índice de reflexão bem próximo do adequado aos ambientes de trabalho. Entretanto o azul do piso, por ser mais escuro deixa de atender o critério de biossegurança que recomenda a aplicação de cores clara para facilitar a identificação de sujidades.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 32 - Tomada do interior do laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP**

**Fonte: Foto obtida no local**

A iluminação é feita de forma natural, através da janela à direita dos postos de trabalho na CSB, e artificial, com iluminação suplementar da superfície de trabalho.

Os motores das CSB provocam ruído acima do limite estabelecido para conforto acústico em laboratório.

#### Percepção do usuário

Este item foi dado como **satisfatório** pela parte respondente.

Não há queixa quanto à temperatura do ambiente, conforto visual e lumínico.

Quanto ao ruído, a parte respondente informou que o funcionamento das CSB causa desconforto acústico.

#### **E. Superfícies e revestimentos**

##### Levantamento de dados

Verificou-se que há aderência a todos os itens obrigatórios, e proporção de 3:6 de atendimento aos itens recomendados. Tanto

bancadas como prateleiras não são providas de rebordo e os tampos das bancadas apreseem arestas vivas.

Os materiais empregados são adequados à freqüente descontaminação química.

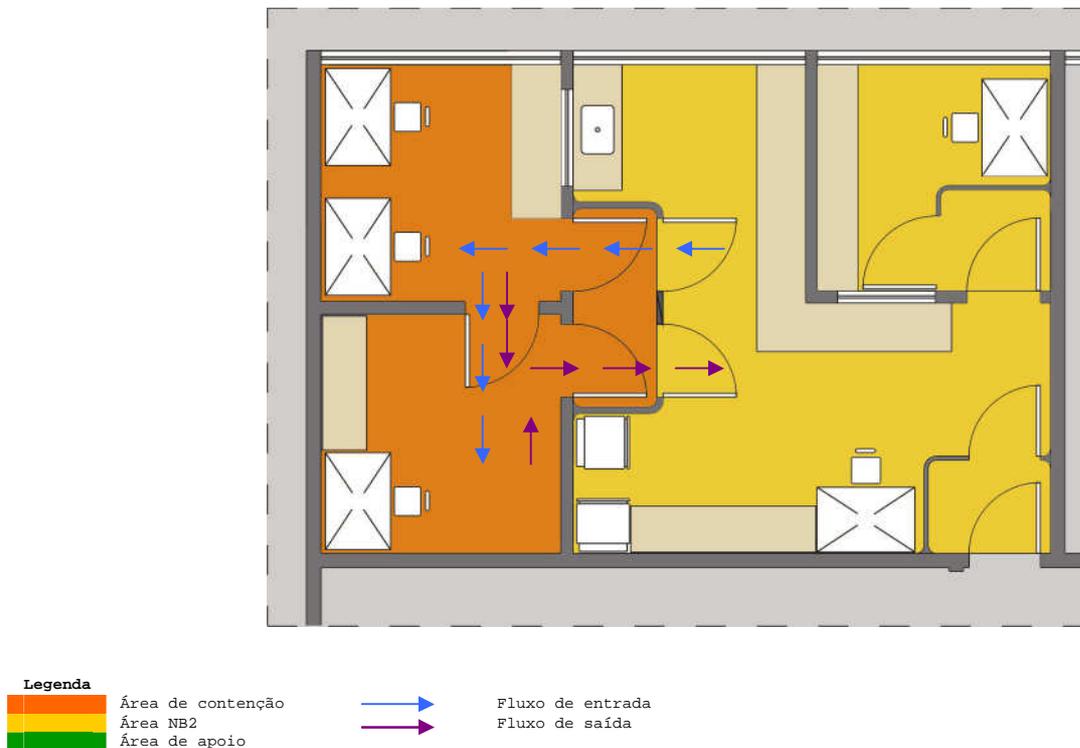
#### Percepção do usuário

A parte respondente considerou como  **muito satisfatórios**  os revestimentos e mobiliários.

#### **F. Estrutura e leiaute**

##### Levantamento de dados

O laboratório NB3 de baixo custo foi concebido como adaptação de instalações NB2, parte delas mantidas como laboratório adjacente de apoio, incluindo-se sala para cultura de células. De forma retangular, a área de contenção ocupa pouco mais de 17 m<sup>2</sup> e é internamente subdividida em dois ambientes de igual tamanho: sala com um posto de trabalho em CSB e sala com dois postos de trabalho em CSB, dispostas lado a lado.



**Figura 33 - Setorização do laboratório NB3 de baixo custo ICB/USP**

Foram providas duas portas na antecâmara de acesso à área de contenção, definindo-se, desta forma, fluxo para entrada e saída de pessoas apesar das limitadas dimensões que resultaram em ambiente com menos de 2,5 m<sup>2</sup>. A antecâmara é utilizada para paramentação de vestimentas de segurança por sobre a roupa de uso do trabalhador. As salas para manipulação de patógenos são interligadas por porta e têm formato quadrado com dimensões de 2,9 m por 2,9 m cada, medidas que se revelam mínimas para abrigar duas CSB em funcionamento simultâneo. As bancadas têm profundidade de 60 cm, inadequada para o porte dos equipamentos que sustenta.

A configuração atende ao gradiente de risco, não havendo área de apoio para o processo de descontaminação, realizado em autoclave de bancada instalada na área de contenção. Não há antecâmara de descontaminação para equipamentos.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que as instalações são bastante compactas, entendendo que este tipo de estrutura e leiaute são **muito satisfatórios**.

### **G. Ventilação e climatização**

#### Levantamento de dados

Denominado como laboratório NB3 *light*, a instalação foi construída para trabalho em condições adequadas com agentes classe 3, com o objetivo de atender os requisitos de biossegurança a baixo custo. Um dos sistemas que foram simplificados é a ventilação e climatização, reduzindo o investimento para construção e os gastos na operação do laboratório. A pressão é mantida negativa em relação ao ambiente externo por exaustão e admissão de ar exterior, alcançando-se o equilíbrio desejado através de variador de multi-freqüência sincronizado com as aberturas das portas. As CSB existentes são do tipo classe IIA, não interferindo na manutenção da pressão negativa na área de contenção. Um sensor de diferencial de pressão, instalado no ambiente entre a área de contenção e o ambiente externo, envia sinal para controladora (HERNANDES, 2007).

O ar é tratado por radiação ultravioleta antes da admissão no ambiente de contenção para fins de melhoria de sua qualidade microbiológica. A refrigeração do ar é feita antes da admissão no ambiente de contenção por aparelho de ar refrigerado tipo *split*.

Os requisitos obrigatórios têm total aderência, ressaltando-se que 70% do ar é recirculado para o mesmo ambiente após tratamento por filtragem e que os manômetros estão instalados na antecâmara de acesso ao NB2, portanto afastados da área de contenção. Dos itens recomendados não é atendido apenas aquele referente à proteção anti-refluxo na insuflação de ar.

#### Percepção do usuário

A parte respondente entende que as condições de ventilação e refrigeração são  **muito satisfatórias**, atendendo a proposta de concepção de uso deste tipo de instalação NB3.

#### **H. Considerações finais**

A proposta de construção de laboratórios de baixo custo surge como resultado alternativo à experiência em laboratório onde os procedimentos de biossegurança foram estabelecidos de forma rigorosa, com tais rigores transformando-se em determinantes de projeto (vide item 4.3.3, p.139).

Já a concepção dos laboratórios NB3 de baixo custo foi mediada a partir do reconhecimento e antecipação dos riscos. As instalações foram adequadas aos procedimentos de biossegurança necessários para as manipulações biológicas. Assim, os meios de contenção empregados nas barreiras primárias e secundárias atendem aos objetivos delineados, com a ressalva do usuário de que a adesão a todos os requisitos de biossegurança não implica, necessariamente, num projeto que melhor responda às finalidades do laboratório.

Entretanto, trata-se de adaptação feita em um laboratório NB2 existente e a reforma foi executada procurando preservar o que fosse possível da instalação original. Tais limitações impactaram o projeto de forma que o laboratório deixou a desejar quanto ao leiaute e estrutura. Vale ressaltar que as decisões de projeto foram

tomadas pelo pesquisador titular, apoiado por engenheiros que dominam os sistemas de ventilação, climatização e automação.

#### **4.3.5 Laboratório de AIDS e Imunologia Molecular - Instituto Oswaldo Cruz**

Instituição centenária, o IOC foi criado para produzir vacinas no combate à peste<sup>29</sup>. Diversificou suas ações durante sua trajetória ao longo de 107 anos de existência e hoje atua nas áreas de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação e na prestação de serviços de referência para diagnóstico de doenças infecciosas e genéticas e controle de vetores, contando com comissões internas responsáveis pela biossegurança, qualidade e gestão ambiental e mantendo acervo biológico organizado em coleções científicas de importância nacional e internacional. Também forma recursos humanos através da atuação na educação profissional e de pós-graduação em programas *lato sensu* e *stricto sensu*.

Instalado em vários prédios do *campus* de Manguinhos da Fiocruz, Rio de Janeiro, conta com 66 laboratórios de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação, dedicados ao estudo e à geração de produtos e insumos para diversas doenças.

Parte de suas instalações está localizada no Pavilhão Leônidas Deane, edificação tida como uma das últimas grandes realizações arquitetônicas na década de 50 do *campus* de Manguinhos. Prédio projetado como hospital pelo arquiteto Ramiro Pereira, sua construção foi iniciada em 1956 e implantada incorretamente. Segundo Oliveira et al. (2003, p. 142), foi concebido com volumes de proporções pouco elaboradas e desarmônicas e suas dimensões são incompatíveis com a localização no alto de uma colina. Sua primeira inauguração aconteceu nos anos 70, sofrendo, posteriormente, diversas intervenções.

A última grande reforma do prédio foi concluída em 2000 e conduzida com a finalidade de abrigar laboratórios de pesquisa biológica do IOC, dentre os quais o Laboratório de AIDS e Imunologia

---

<sup>29</sup> A principal fonte de pesquisa utilizada foi a página institucional na internet: <http://www.ioc.fiocruz.br>.

Molecular que realiza pesquisas, desenvolvimento tecnológico e presta serviços de referência em HIV-AIDS. Tais obras iniciaram em 1996 e não previam a dependência NB3, cuja inclusão foi solicitada durante o transcorrer dos serviços. Como narra Cirrota (2004), a readequação de projeto num prédio em reforma e de concepção antiquada resultou em imensas dificuldades de projeto e em falhas na execução da obra. Dentre as adaptações físicas necessárias, Cirrota (2004, p. 76) destaca a construção da casa de máquinas do sistema de ventilação e refrigeração como anexo à lateral do Pavilhão Leônidas Deane, desde o térreo até o 4º pavimento, que, por seu volume e posicionamento, "transformou-se em aberração arquitetônica". A instalação NB3 entrou em funcionamento em 2001.

#### **A. Localização e acesso**

##### Levantamento de dados

Os requisitos tidos como obrigatórios, segundo o Anexo I, foram atendidos. Entretanto, a abertura das portas de antecâmaras é controlada por medidas protocolares porque o sistema de intertravamento eletro-mecânico foi desligado voluntariamente após incidentes pelos quais houve retenção de trabalhadores dentro da área de contenção. Não foi atendido nenhum dos itens recomendados.

##### Percepção do usuário

A parte respondente considera a localização e acesso do laboratório como **muito satisfatórios**, referindo-se como "ideal" a locação ao final do pavimento, precedido de ante-sala provida de tranca e que faz às vezes de zona de acesso aos dois laboratórios NB3 instalados no 4º pavimento do Pavilhão Leônidas Deane.

#### **B. Perímetro de contenção**

##### Levantamento de dados

Os requisitos obrigatórios são atendidos, destacando-se que a descontaminação dos resíduos sólidos é feita em autoclave que permanece dentro da área de contenção. As janelas existentes são em vidro simples, vedadas com silicone e obedecem à paginação do

prédio, mas foram duplicadas internamente. Entretanto, apresentam problemas de infiltração, comuns às demais janelas do prédio, com crescimento de fungos por umidade absorvida do exterior, condição não aceitável em instalações deste porte. Após intervenção física recente houve redução na formação de mofos no local. O item obrigatório referente ao tratamento de efluentes foi constatado como não aplicável pois não há disponibilidade de instalação hidráulica. Os itens recomendados não estão atendidos.

#### Percepção do usuário

A parte respondente entende como **satisfatórias** as barreiras arquitetônicas previstas para fins de contenção biológica. A recomendação não atendida para instalação de guichê de passagem de materiais não foi considerada durante a concepção do projeto, e a parte respondente apontou como item que faz bastante falta.

### **C. Provisão de utilidades e serviços**

#### Levantamento de dados

O laboratório maior foi concebido para comportar quatro CSB, atualmente abrigando duas cabines classe IIB2 e uma cabine classe IIA. Já o menor, foi concebido para abrigar uma cabine classe IIB2 e, no entanto, já há instalado outro equipamento do tipo IIA. Verifica-se que há aderência a cinco dos requisitos obrigatórios, proporção de 5:9, sendo os demais considerados como não aplicáveis. Os requisitos recomendados referentes à localização dos cilindros de gases e de instalação dos reatores de lâmpadas fluorescentes no exterior da área de contenção não são atendidos, bem como não há rede de transmissão de dados disponível, resultando numa aderência de 2:5 itens recomendados atendidos.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que as utilidades e serviços são **pouco satisfatórios**. Destacou, quanto aos requisitos recomendados, que os cilindros de gases estão instalados dentro da área de contenção, enquanto seria mais adequado existir linha de suprimento, e que não há rede de lógica. À época do projeto, o usuário

considerava que não era necessária a proposta feita pela equipe de concepção da instalação, pois dentro da área de contenção não deve haver computadores para uso administrativo. Hoje, estão para receber equipamentos que trabalham em rede e será necessária adaptação no local. Também mencionou que o interfone precisou ser deslocado de lugar em vista da acomodação dos equipamentos e a instalação da fiação está parcialmente aparente quando deveria ser totalmente embutida.

#### **D. Requisitos de conforto ambiental**

##### Levantamento de dados

Há sistema central climatizado, mas o balanço térmico nos períodos mais quentes do ano está comprometido levando a desconforto por calor, sensação agravada pelo uso obrigatório de vestimentas de proteção por sobre as roupas de uso comum.

Foi apurado junto à equipe de validação das CSB que as cabines classe IIB2 estão instaladas com 100% de captação de ar ambiente para seu funcionamento e, desta forma, o ar condicionado à temperatura de conforto é exaurido para o exterior em número de trocas que não são compensadas termicamente pelo ar admitido na insuflação. Tecnicamente, foi proposto um ajuste para captura externa parcial de ar de funcionamento das CSB, solução considerada inviável pelo usuário, em vista da pesquisa biológica. Segundo os pesquisadores, há receio de que a temperatura de trabalho dentro da CSB, com captura de ar exterior, poderia atingir níveis que comprometeriam a integridade das amostras pois, no presente caso, os agentes patogênicos seriam suscetíveis às temperaturas mais quentes do ambiente externo.

No laboratório maior há três CSB e freezer com motor de duplo estágio instalados, havendo efeito aditivo de ruído. O ruído provocado pelo funcionamento de equipamentos típicos de laboratório, como as CSB, está acima da faixa determinada na legislação para trabalho com exigência intelectual, não ultrapassando o limite estabelecido como danoso ao aparelho auditivo. A expressão matemática para cálculo do efeito aditivo de ruído é em escala

logarítmica e, mesmo com equipamentos funcionando simultaneamente, a pressão sonora esperada não atingiria o nível danoso, destacando-se que as divisórias instaladas a meia altura para separar as CSB em boxes também exercem efeito atenuante do ruído.

**Quadro 15 - Cores empregadas no laboratório NB3 do IOC para trabalho com HIV**

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Creme	-
Paredes	Pintura	Creme	-
Divisórias	Laminado	Cinza claro	Meia altura
Piso	Resina	Creme	-
Esquadrias	Metal	Branca	Portas
Bancadas	Laminado	Cinza claro	-
Equipamentos	Pintura	Cores claras	-
Mobiliário	Laminado	Cinza claro	-

Há iluminação natural através de janela protegida com película atenuante da radiação solar e iluminação artificial, com iluminação suplementar no campo de trabalho em CSB.

Nas superfícies construtivas predominam acabamentos em tons cremes, cor com índice de reflexão apropriado para paredes de locais de trabalho. As divisórias, bancadas e mobiliário são revestidos em materiais de cores claras, resultando em contraste fraco (valores entre 0,05 e 0,20), adequado para trabalho, não provocando esforço visual. A condição de conforto visual poderia ser otimizada com emprego de cor com maior grau de reflexão no teto e menor grau de reflexão no piso.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 34 - Área de contenção do Laboratório de  
AIDS e Imunologia Molecular do IOC  
Fonte: Foto cedida pelo laboratório**

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que o laboratório possui condições de conforto ambiental **muito satisfatórias**.

Entretanto, relatou queixas quanto à temperatura do ambiente nos períodos mais quentes do ano por insuficiência do sistema de refrigeração.

Quanto ao ruído, a parte respondente informou que o funcionamento das CSB causa desconforto acústico mas, com o passar do tempo, acostumou-se ao nível de pressão sonora, considerando que a fala de terceiros causa mais perturbação à concentração do que o ruído dos motores de equipamentos. Entretanto, ressaltou que as conversas ocorrem com as equipes que trabalham nos postos principais, junto às CSB, e são suficientemente atenuadas, no seu entendimento, pelas divisórias em meia altura colocadas separando os equipamentos.

Não há queixas quanto à iluminação e não foi relatado desconforto visual. Ao longo da aplicação do instrumento de

pesquisa, a parte respondente destacou que a vista para a copa das árvores através de janela é condição bastante positiva para conforto ambiental.

**F. Estrutura e leiaute**

Levantamento de dados

A configuração das instalações NB3 do Laboratório de AIDS e Imunologia Molecular foram concebidas tendo ante-sala como zona de acesso e a estrutura obedece ao gradiente de risco biológico, contemplando antecâmara para entrada nas áreas de contenção, não havendo laboratório NB2 e sala para o processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização contíguos.



**Figura 35 - Setorização do laboratório NB3 para pesquisa em AIDS do IOC**

A estrutura foi concebida para trabalho com até quatro CSB, na sala maior, atualmente comportando três equipamentos, e uma CSB na sala menor, estando instalados dois equipamentos.

Bancadas e equipamentos foram dispostos, inicialmente, de forma periférica nas salas de contenção. Entretanto, as dimensões exíguas dos ambientes, principalmente da sala que comporta atualmente três CSB em funcionamento, não eram suficientes para receber todos os demais equipamentos necessários ao desenvolvimento das pesquisas biológicas em andamento, sejam eles apoiados em bancada ou diretamente no piso. Desta forma, foram feitas adaptações do arranjo de mobiliário ao uso e instaladas bancadas adicionais na sala maior de forma peninsular e insular. Como resultado, a circulação ficou reduzida a medidas entre 0,80 e 1,00 m ao longo das bancadas, inviabilizando a passagem de pessoas quando houver outro trabalhador em atividade posicionado, tanto nas bancadas como nas CSB, tornando-se um fator de risco adicional. As CSB foram projetadas para não sofrer interferência das correntes de insuflação de ar, movimentação de portas ou pessoas. Verifica-se que, com a ocupação adensada, só restam protegidas as cabines localizadas ao fundo de ambos laboratórios. As antecâmaras de paramentação são bastante pequenas.

#### Percepção do usuário

Nos dizeres da parte respondente, o trânsito interno é "difícil" em função do número de equipamentos instalados e da operação simultânea de mais de um posto de trabalho de CSB para manipulação biológica. Ressaltou que o desenvolvimento da tecnologia faz com que, cada vez mais, se agregue equipamentos ao laboratório. Também considerou que as antecâmaras são exíguas em área, não acomodando a contento os jalecos, estantes de apoio para material e paramentação e vasilhames de descarte de roupas usadas. Valorizou a separação das CSB em "bacias" pela colocação de divisórias a meia altura, o que melhora as condições de concentração em vista de outras equipes trabalhando simultaneamente, lado a lado. Apesar de todas observações restritivas, obtidas ao longo da aplicação do instrumento de pesquisa, a parte respondente considera que os requisitos de estrutura e layout estão contemplados de forma **satisfatória**, valorizando a estrutura compacta em ambientes para trabalho em contenção.

Se pudesse realizar modificações no laboratório, ampliaria a área de contenção destinada aos equipamentos, mantendo compacta a área destinada à manipulação patogênica nas CSB. A configuração proposta pelo usuário é uma variante do laboratório tipo suíte, pois, na sua proposição, as CSB seriam segregadas apenas por divisórias a meia altura ao invés de serem instaladas em salas estanques.

## **E. Superfícies e revestimentos**

### Levantamento de dados

Constatou-se algumas ressalvas quanto aos materiais empregados. O nitrogênio líquido ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) para preservação de amostras sob criogenia, em bombonas, é com frequência derramado acidentalmente, danificando o piso porque a resina epóxi empregada teve sua integridade comprometida com o choque térmico. As bancadas têm estrutura em metal pintado, material que corrói pela ação química das substâncias de limpeza comumente empregadas na desinfecção biológica. Também as divisórias são estruturadas em metal passível à corrosão química, formando, além disso, sulcos que dificultam a limpeza.

O problema de infiltração externa na janela, mencionado anteriormente, foi parcialmente resolvido com a instalação de soleira em mármore, material permeável considerado como revestimento não apropriado ao uso em laboratórios.

Assim, os itens obrigatórios foram atendidos na proporção de 3:5 e os itens recomendados na proporção de 2:6. O item recomendado não atendido é referente à não existência de rebordo para evitar derramamento de líquidos nas bancadas. Outros três itens foram identificados como não aplicáveis.

### Percepção do usuário

O usuário considerou que superfícies e revestimentos oferecem **satisfatória** segurança ao uso. Observou, também, que está na expectativa do resultado que será alcançado com o uso de manta vinílica aplicada em outras instalações da Instituição para então

decidir sobre intervenção para substituição do piso epóxi. Revelou que a pintura epóxi da parede também rompeu quando foi perfurada para colocação de equipamento. Esclareceu que o problema de infiltração externa na janela, que considera resolvido em 90%, foi solucionado sob sua orientação, ou seja, sem participação profissional de arquiteto, para colocação de painel interno de vidro fixo por sobreposição e soleira de mármore.

## **F. Ventilação e climatização**

### Levantamento de dados

Segundo dados apurados, o sistema de ventilação e climatização atende aos requisitos obrigatórios na proporção de 3:6, não havendo sinalização visual e sonora na área de contenção para alertar sobre falha no sistema de admissão de ar, inexistência de intertravamento do sistema de ventilação e porque os dutos externos ao perímetro de contenção não são selados. Já os requisitos recomendados são atendidos na proporção de 2:5, não havendo manômetros nas proximidades da área de contenção para visualização dos diferenciais de pressão, instalação dos filtros HEPA de exaustão afastados do perímetro de contenção haja vista o distanciamento da casa de máquinas do local do laboratório e sistema de admissão de ar desprotegido por mecanismo anti-refluxo. Quanto a este último quesito, foi informado que o filtro HEPA de insuflação foi retirado na tentativa de otimizar o equilíbrio térmico ante as queixas de desconforto por calor nos períodos mais quentes.

Foi apurado junto à equipe de validação das CSB que as mesmas funcionam com tomada de ar 100% externo, cabendo ao usuário controlar manualmente a exaustão através de botoeira que interrompe a exaustão do ar ambiente pelas grelhas do sistema dutado, passando a ser exaurido pelas CSB. Este procedimento foi regulado para funcionamento com apenas uma das CSB em operação e, quando do funcionamento simultâneo dos equipamentos classe IIB2 da sala de contenção, há desequilíbrio na vazão de ar, com conseqüente desequilíbrio térmico nos dias mais quentes, e comprometimento parcial do desempenho das CSB.

### Percepção do usuário

A parte respondente entende que o sistema de ventilação e climatização é **pouco satisfatório**, concentrando suas queixas na dificuldade institucional de garantia da manutenção do sistema e no desconforto térmico nos períodos mais quentes do ano.

### **H. Considerações finais**

O laboratório concebido está sub-dimensionado em relação às atividades que são desenvolvidas no local. As antecâmaras são exíguas em relação ao movimento do laboratório, não havendo espaço suficiente para acomodar as vestimentas de segurança de todos os usuários.

A área disponibilizada não comporta os equipamentos necessários para as pesquisas que são ali realizadas. Esta situação levou os usuários a fazerem adaptações no ambiente, provendo-o com bancadas de apoio de forma a criar circulações que, por sua vez, têm dimensões insuficientes.

O uso intenso provoca desgaste dos revestimentos e a recuperação dos problemas, bem como a correção daqueles detectados durante o uso, é feita com algum grau de improviso, embora com elogiosa boa vontade, por equipes próprias da instituição que não têm conhecimento dos requisitos de biossegurança. Assim, houve a introdução de materiais que não são apropriados ao uso em laboratórios como, por exemplo, o mármore.

A questão do sistema de ventilação e refrigeração vem sendo administrada com soluções paliativas, como a retirada dos filtros HEPA do fluxo de ar de insuflação na tentativa de equacionar o desequilíbrio térmico, ao passo que a casa de máquinas permanece sem estrutura para receber manutenção preventiva desejada.

Ressalte-se que, para uso do laboratório, são seguidos procedimentos rigorosos de biossegurança, estabelecidos a partir dos riscos associados ao agente perigoso manipulado no local. É em função dos riscos que algumas medidas de contenção física, por

exemplo, podem ser relaxadas, como neste caso, pois o agente biológico não causa transmissão de doença por via aérea.

Verifica-se, ainda, que este foi o único dos laboratórios pesquisados em que o usuário valorizou expressamente o fato de haver janela exterior, considerando a mesma como item de conforto visual ao proporcionar vista da copa das árvores, não mencionando que represente um risco ou que cause distração. Observe-se que este laboratório, situado no 5º pavimento do prédio, não tem contato visual com outro ambiente interno.

#### **4.3.6 Laboratório de Referência Nacional para Rickettsioses e Regional para Hantavirose - Instituto Oswaldo Cruz**

Os serviços de referências têm como missão apoiar as ações do Ministério da Saúde e seus pares no âmbito da vigilância epidemiológica, prevenção e controle das doenças de interesse para a saúde pública. Além das atividades laboratoriais especializadas e de alta complexidade, prestam consultoria e assessoramento nas suas respectivas áreas de atuação, bem como promovem a formação de recursos humanos para a Rede Oficial de Laboratórios de Saúde Pública e instituições públicas<sup>30</sup>.

Assim, o Laboratório de Referência Nacional para Rickettsioses e Regional para Hantavirose realiza pesquisa, desenvolvimento tecnológico, inovação e formação de recursos humanos relacionados a hantavirose e rickettsioses, colaborando com o conhecimento destas zoonoses, no Brasil, e com a vigilância epidemiológica em seu território.

Situado no Pavilhão Rocha Lima, prédio de uso compartilhado entre IOC e Biomanguinhos (vide item 4.3.2, p.131), as instalações que entraram em funcionamento em 2003 serão transferidas, provavelmente ainda em 2008, para novo edifício, também situado no *campus* de Manguinhos da Fiocruz, Rio de Janeiro.

---

<sup>30</sup> A principal fonte de pesquisa utilizada foi a página institucional na internet: <http://www.ioc.fiocruz.br>.

Como laboratório de referência, está em fase de habilitação pela CGLAB, adotando-se como critério a norma NIT-DICLA-083 do INMETRO.

#### **A. Localização e acesso**

##### Levantamento de dados

Somente um dos requisitos obrigatórios avaliados, segundo os instrumentos apresentados no Anexo I, deixou de ser atendido. Assim, constatou-se que não há sistema emergencial de abertura das portas da antecâmara, as quais são dotadas de dispositivo eletro-mecânico de intertravamento. Em contrapartida, somente um dos requisitos recomendados foi atendido, não havendo separação de áreas no vestiário para paramentação da equipe, a antecâmara não é provida de chuveiro e a área de contenção é delimitada por paredes que demarcam o envelope do edifício e afastada da casa de máquinas do sistema de ventilação.

##### Percepção do usuário

O usuário considera como **satisfatório**, valorizando a localização do laboratório ao afirmar que, neste aspecto, foi uma "construção privilegiada" por estar isolado da circulação e com acesso muito restrito. O controle de acesso por meio eletro-eletrônico foi desligado e substituído por rigoroso controle protocolar. O motivo do desligamento foi a condição de instabilidade da instalação elétrica que fazia alarmar o sistema de controle de acesso, muito sensível.

#### **B. Perímetro de contenção**

##### Levantamento de dados

Os itens obrigatórios são atendidos, sendo não aplicável a exigência de tratamento de efluentes sanitários por não haver disponibilidade de instalação hidráulica, bem como não há disponibilidade de janela no laboratório. A parede com janela existente foi vedada, internamente, com painel em gesso acartonado na extensão do NB3 e do NB2, sendo que neste último ambiente foi

providenciado visor externo na parte superior. Os itens recomendados são atendidos.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que o perímetro de contenção está estruturado de forma **satisfatória**. Ressaltou que "não é só construção" mas também uma questão de treinamento de equipe e conhecimento dos riscos.

### **C. Provisão de utilidades e serviços**

#### Levantamento de dados

Os itens obrigatórios são atendidos na proporção de 4:9, considerando-se, dentre os não aplicáveis, aqueles referentes à segurança das instalações hidrossanitárias uma vez que não há provisão de água em virtude da impossibilidade de tratar os efluentes pois o local não dispõe de espaço técnico. A comunicação entre a área de contenção e a área de apoio é obtida somente pelo contato visual através de visor, considerando-se este item como não atendido.

#### Percepção do usuário

Pela percepção do usuário, as utilidades e serviços chegam ao laboratório de forma **satisfatória**, destacando que questionou a existência de chuveiro de emergência que fora instalado no interior da contenção uma vez que, no seu entendimento, disseminaria o agente biológico caso fosse utilizado. O pedido de adequação foi atendido e as provisões de utilidades e serviços atendem às necessidades do laboratório.

### **D. Requisitos de conforto ambiental**

#### Levantamento de dados

A instalação é provida de sistema central de ventilação e climatização, com parâmetros controlados de temperatura, umidade e velocidade do ar.

O nível de ruído emitido pelas CSB é acima do preconizado pelas determinações trabalhistas, gerando situação de desconforto acústico.

A iluminação na área de contenção é artificial, com iluminação suplementar nos postos de manipulação biológica (CSB).

Quanto às cores empregadas, há composição entre branco e verde em diferentes tonalidades, com índice de reflexão um pouco acima do recomendado para ambientes de trabalho. Entretanto, o contraste na altura do campo visual entre os tons de verde e o branco das paredes está na faixa fraca (0,05 - 0,20), propiciando conforto visual.

O verde é cor que tem efeito entre frio a neutro e, psicologicamente, é muito tranqüilizante.

**Quadro 16 - Cores empregadas no laboratório NB3 do IOC para trabalho com hantavírus**

Local	Material	Cor	Observação
Teto	Pintura	Branca	-
Paredes	Pintura	Branca	-
Divisórias	Laminado	Verde	-
Piso	Resina	Verde	-
Esquadrias	Laminado	Verde	Portas
Bancadas	Aço	-	Na área de contenção
Bancadas	Laminado	Verde claro	Nas áreas de apoio
Equipamentos	Pintura	Cores claras	-
Mobiliário	Laminado	Verde claro	-

#### Percepção do usuário

A parte respondente entende que as instalações são **pouco satisfatórias** quanto a conforto.

Apresentou queixa quanto ao nível de ruído, identificando a casa de máquinas do ar condicionado como a principal fonte causadora de incômodo. Inicialmente deveria ser alocada em outra dependência

do prédio mas foi necessário trazê-la para dentro da área, cedida pelos demais ocupantes do edifício para comportar a instalação.

Também a temperatura foi motivo de queixa quanto a desconforto térmico por frio, relacionando este efeito à dificuldade de ajuste do sistema para temperatura de conforto sem prejuízo da temperatura técnica. Há problemas com a manutenção.

(FOTO DISPONÍVEL APENAS NA VERSÃO IMPRESSA)

**Figura 36 - Interior do laboratório NB3 para pesquisa em rickettsioses do IOC**

**Fonte: Foto obtida no local**

Segundo o usuário, a falta de janela externa na extensão do NB2 de apoio torna o ambiente desconfortável, como se todos estivessem "dentro de uma caixa" onde "não se vê absolutamente nada". O fato de não haver janela no NB3 não foi considerado um problema de conforto, pois naquele ambiente o tempo de permanência é reduzido.

Entretanto, considera que o laboratório é de "bonito aspecto" por causa da cor empregada, que "é muito confortável". Ressaltou que, se pudesse realizar modificações no laboratório, manteria a cor porque ela traz leveza e harmoniza o ambiente.

## **E. superfícies e revestimentos**

### Levantamento de dados

Todos os requisitos obrigatórios foram atendidos. Entretanto, observou-se que tanto o piso como uma das paredes apresenta fissuras e rachaduras no revestimento epóxi. Este fato decorre da radiação

solar no plano da fachada, pois a dilatação causa as rachaduras em ambiente que deveria ter todas as superfícies lisas e sem reentrâncias.

Quanto aos requisitos recomendados, é atendido somente o item referente ao acabamento arredondado de tampos.

#### Percepção do usuário

Segundo o usuário, as bancadas são muito boas. Entretanto, com o passar do tempo surgiram as rachaduras no piso e paredes, condição não compatível com a segurança exigida. Em vista disto, no entendimento da parte respondente, os revestimentos são **pouco satisfatórios**.

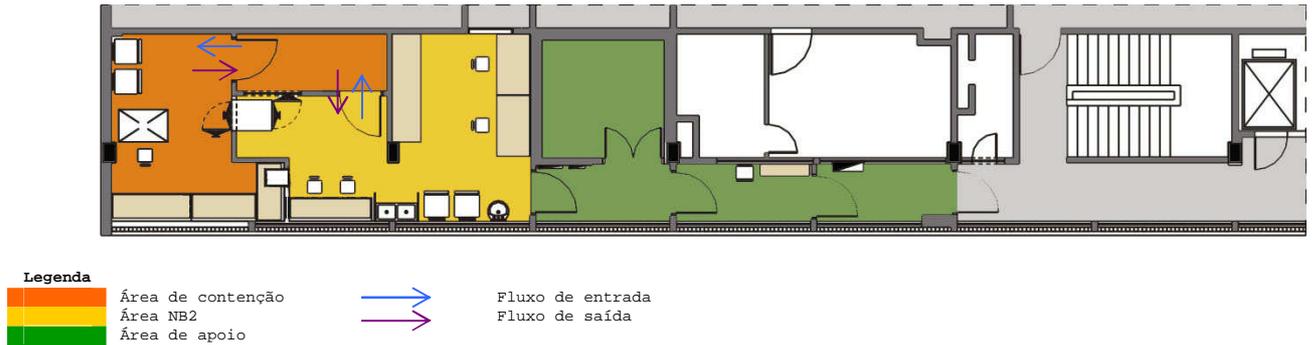
#### **F. Estrutura e leiaute**

##### Levantamento de dados

O Laboratório de Rickettsioses e Hantavírus tem a configuração de NB3 com NB2 de acesso e foi estruturado atendendo gradiente de risco biológico.

A instalação ocupa uma área de cerca de 60 m<sup>2</sup>, sendo 20 m<sup>2</sup> para o laboratório NB3, 26 m<sup>2</sup> de área de apoio (NB2 e escritórios) e 14 m<sup>2</sup> de ante-salas. Segundo apurado por Vieira (2004a), as ante-salas foram criadas como contingência de aproveitamento da área, localizada no final do pavimento e com acesso único através de um longo corredor com cerca de 1,50 m de largura. A solução de arquitetura procurou tirar partido dessa configuração espacial, criando três ante-salas no corredor de acesso. Na primeira está localizado o quadro elétrico de toda a instalação, na segunda um guarda-volumes para objetos pessoais do corpo técnico e, através da terceira ante-sala, o acesso à casa de máquinas do sistema de ar condicionado e ventilação (aproximadamente 8 m<sup>2</sup>).

A sala de contenção NB3 tem dimensões mais do que suficientes para comportar as duas CSB previstas no projeto. Por falta de uso, a cabine classe III foi posteriormente retirada, com o objetivo de liberar a área para instalação de bancada de apoio.



**Figura 37 - Setorização do laboratório NB3 para pesquisa em rickettsioses do IOC**

### Percepção do usuário

O usuário ponderou que a estrutura e leiaute foram objeto de adequação à área concedida e que "dentro dos limites, ficou um espaço muito legal".

Entretanto, avalia que a área física disponibilizada é pequena demais, resultando em estrutura física **insatisfatória**, concentrando suas queixas no dimensionamento da instalação em função das atividades que desempenham como laboratório de referência em duas patologias.

Assim, se tivesse oportunidade de realizar mudanças no laboratório, ampliaria as instalações de forma a ocupar espaços de outros setores do prédio, inclusive removendo a casa de máquinas do sistema central de ventilação, resolvendo, também, o problema de ruído. Com o ganho em área seria possível acrescentar uma sala para o processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização e criar fluxo independente para entrada e saída da contenção. Na proposta de ampliar o espaço laboratorial, transferiria os escritórios para ambiente fora da área laboratorial.

## **G. Ventilação e climatização**

### Levantamento de dados

Os requisitos obrigatórios são atendidos na proporção de 4:6, não estando contemplados sistema de alarme visual ou sonoro para alertar sobre eventual falha na admissão de ar e não há

intertravamento entre a admissão e exaustão para evitar que o ambiente de contenção seja pressurizado acidentalmente.

Quanto aos requisitos recomendados, verificou-se que estão atendidos na proporção de 3:5. A casa de máquinas do sistema de ventilação é afastada da área de contenção e, conseqüentemente, o filtro HEPA de exaustão foi instalado distante da parte NB3 propriamente dita. O outro item não atendido é referente à instalação de filtro HEPA na admissão de ar, que existia mas foi retirado em função de saturação constante devido à qualidade do ar na região, com bacia atmosférica muito poluída.

#### Percepção do usuário

A parte respondente considera que o sistema de ventilação como **pouco satisfatório**. Há um histórico de problemas de manutenção que levou à adoção de medidas como a retirada da filtragem do ar de insuflação. A sala de contenção NB3 permanece com pressão negativa e as primeiras manipulações com amostras potencialmente contaminadas são desenvolvidas na cabine classe IIB2 existente. Entretanto, técnicas mais perigosas não são mais realizadas neste local. Na percepção do usuário "a questão é mais de manutenção, com certeza".

O usuário informou que, se pudesse, mudaria a locação do laboratório porque a poluição atmosférica a que hoje está submetido causa impacto negativo na instalação.

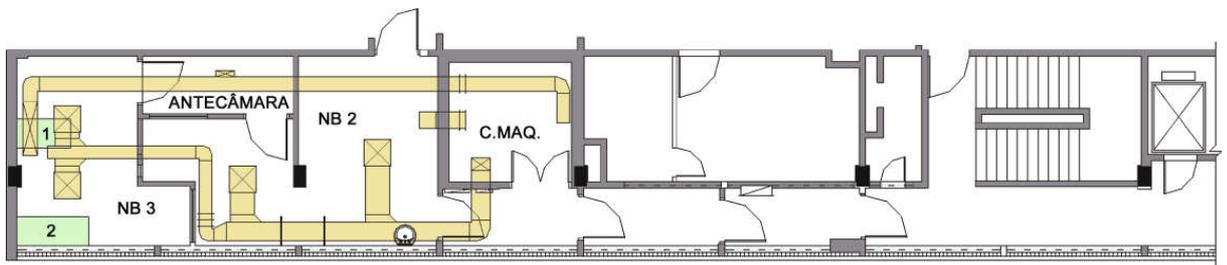
#### **H. Considerações finais**

Este laboratório apresentou problemas construtivos pois durante a execução da obra não foi respeitado o posicionamento projetado da CSB e os dutos do sistema de condicionamento e tratamento do ar foram instalados de tal modo que ficaram sobrepostos ao espaço destinado ao equipamento, inviabilizando sua correta instalação. A falha de execução do projeto impediu a instalação da CSB classe IIB2 uma vez que o espaço necessário à coifa da cabine, parte do equipamento que é interligada aos dutos de exaustão, estava ocupado pelos dutos do sistema de condicionamento do ar e ventilação do laboratório (VIEIRA, 2004a).

Além disso, o rebaixo do teto do laboratório também foi executado em altura inferior ao inicialmente projetado, havendo necessidade de intervenção pontual para garantir a adequada instalação e correta operação da CSB.

A posição das grelhas de insuflamento e calhas de iluminação também foram alteradas quando da execução dos dutos, em desacordo com os projetos originais. Estas incompatibilidades criadas no decorrer da obra levaram à necessidade de elaboração de projetos para correção das falhas. Com isso, foi elaborado novo leiaute de arquitetura, principalmente no que se refere às bancadas de trabalho. O projeto de iluminação teve que ser refeito e as luminárias reposicionadas em função da nova disposição de bancadas, grelhas de insuflamento e exaustão do sistema de condicionamento do ar, as quais foram deslocadas. Ao final das intervenções, todo o sistema de ventilação teve de ser rebalanceado, restabelecendo o gradiente de pressão entre os laboratórios NB 2 e NB 3 para eficácia do sistema de contenção.

A Figuras 38 e 39 ilustram, respectivamente, as falhas de execução e as intervenções do projeto de condicionamento e ventilação do laboratório NB 3 que impactaram decisivamente no projeto de segurança biológica originalmente concebido na fase de antecipação e reconhecimento dos riscos, desenvolvido por equipe multidisciplinar coordenada por arquiteto.



**Figura 38 - Projeto de ventilação executado sem compatibilização**

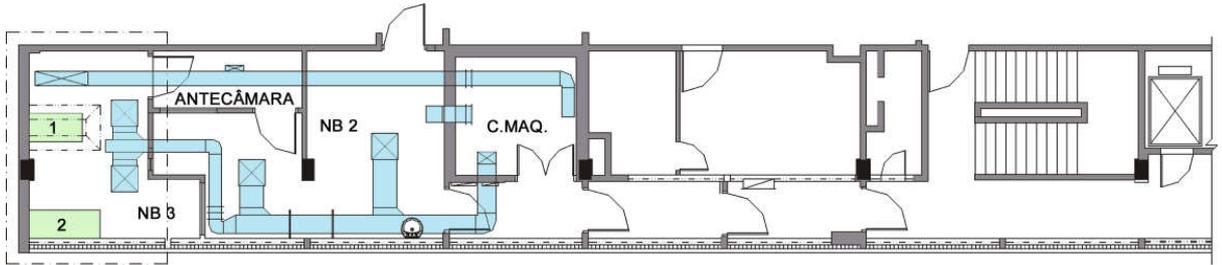


Figura 39 - Projeto de intervenção para correção

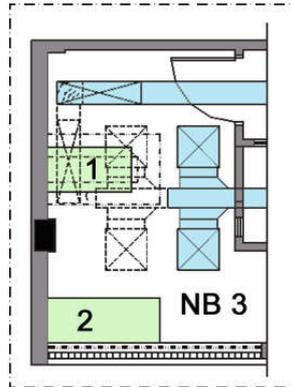


Figura 40 - Sobreposição das figuras 38 e 39

Os problemas de manutenção persistiram e, de forma paliativa, posteriormente foram feitas intervenções no funcionamento do sistema de ventilação.

Devido a problemas quanto à exigüidade de área física, a CSB classe III alocada no projeto original foi retirada da instalação.

Atualmente, o laboratório opera basicamente com atividades que tem exigência de nível 2 de biossegurança enquanto aguarda mudança para novo prédio onde estão sendo instaladas plataformas NB3 multiusuários.

#### 4.4 Resultados da pesquisa por sugestão visual

A aplicação dos instrumentos de sugestão visual foi constituída de painel com fotos de laboratórios e com modelos de leiautes de instalações, Anexo I.

Permitiu que os usuários entrevistados, através de comportamento lúdico, pudessem fazer ilações com a situação que vivenciam em função do lugar - o laboratório - desprovidos do formalismo da entrevista semi-estruturada. Pode-se contrapor o real com o imaginário e o disponível com o desejado.

Na esfera da subjetividade, ficou manifesta a sensação de enclausuramento vivenciada por pesquisadores, seus receios e inseguranças.

Confirmou-se a opinião da maioria<sup>31</sup> dos entrevistados de que ambientes para trabalho em contenção não devam ter janelas para o exterior pois a concentração durante as manipulações biológicas assim o exigem. Entretanto, consideram que há necessidade de contato visual com os ambientes adjacentes. Mas mesmo este contato, através de visores, deve ser mediado entre a segurança que proporciona e a sensação desagradável de ser observado.

Também há preocupação expressa com os locais reservados, as antecâmaras, que são dotadas de dispositivos para intertravamento. Nos casos em que não são provisionadas botoeiras de emergência, há possibilidade concreta de trabalhadores ficarem retidos. Assim, os interfones de comunicação, entre outros dispositivos de alarme para acionamento manual, são necessários.

Outro aspecto valorizado foi o planejamento cromático dos ambientes e a influência que exerce sobre os ocupantes das instalações. Destaque-se que as opiniões foram manifestadas tanto pelos usuários que consideram este quesito como uma demanda em vista de seus ambientes de trabalho apresentarem desconforto pelas cores usadas nos revestimentos como também por aqueles que afirmaram satisfeitos com seus laboratórios.

No âmbito da funcionalidade, pode-se reconstituir o modelo de instalação que, em linhas gerais, melhor preencheria as necessidades para desenvolvimento das tarefas pertinentes às atividades de pesquisa.

Assim, a configuração de instalação mais adequada é de laboratório que tenha o ambiente de contenção dimensionado de forma otimizada para abrigar as CSB e demais equipamentos de pesquisa, despojado em relação a mobiliário e sem área excedente. Como apoio,

---

<sup>31</sup> Observe-se que, dos usuários ouvidos, somente um foi espontaneamente favorável à existência de janela externa na contenção. Ressalve-se que, neste caso a área NB3 não dispunha de contato visual com outra dependência da instalação. Desta forma, a sensação de enclausuramento foi compensada pela vista externa - [...] "a minha janela é melhor porque se avista a copa das árvores" [...] segundo o entrevistado.

deveria ser provido de laboratório NB2 como zona de acesso. O trânsito de pessoas entre as áreas NB2 e NB3 deve respeitar fluxo com entrada e saída distintas, sem cruzamento e com antecâmaras dimensionadas de forma a comportar a indumentária de segurança, bem como facilitar a entrada e saída de equipamentos de maior porte pela disposição perpendicular de portas. Para fluxo de materiais, a instalação deve ser provida de guichê de passagem e de autoclave de barreira entre a contenção e sala de apoio para o processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização. A preocupação com o sistema de ventilação também foi mencionada pois, na percepção do usuário, nenhum leiaute será bom o suficiente sem que se considere o real valor do projeto de ventilação como fator de segurança pessoal e ambiental.

Durante a aplicação do instrumento de sugestão visual também houve relatos sobre impasses entre projetistas e usuários durante a concepção dos ambientes pesquisados. Embora pontuais, são sugestivos das dificuldades a serem superadas no processo de projeto posto que a presunção do conhecimento, tanto de projetistas como de usuários, precisa ser dirimida com esforços de ambas as partes. A biossegurança, como disciplina, pode fazer às vezes de linguagem comum.

#### **4.5 A visão do projetista**

Em complementação à pesquisa, procurou-se conhecer o entendimento do projetista sobre como as diretrizes de biossegurança interferem no desenvolvimento do projeto de arquitetura de laboratórios NB3.

Através de levantamento realizado junto às instituições e aos usuários, verificou-se que dos seis laboratórios que compuseram a amostra da pesquisa, dois foram totalmente concebidos pelo próprio usuário, com a participação de engenheiro especializado em sistemas de ventilação e refrigeração. O projetista de um dos laboratórios já se retirou da atividade. Em outro dos casos estudados, não souberam identificar o autor do projeto de arquitetura, mas como a instalação estava em fase de desmobilização para reforma, foi indicado o nome do projetista encarregado de conceber a intervenção. Das duas

unidades restantes, obteve-se as credenciais de cinco arquitetos que participaram dos respectivos projetos.

Assim, foram contatados, além do pesquisador e do engenheiro referenciados acima, seis arquitetos com experiência em projetos de laboratórios NB3, convidando-os para breve depoimento sobre esta experiência, esclarecendo que se tratava de trabalho acadêmico.

Dos seis projetistas, quatro confirmaram o interesse em participar do trabalho. A eles foi feita a pergunta:

Na sua opinião, de que maneira as diretrizes de biossegurança interferem no desenvolvimento do projeto de arquitetura de laboratórios NB3? Justifique.

Na prática, o interesse demonstrado em participar da enquete não se confirmou e só se obteve resposta, até o fechamento deste trabalho, de um dos projetistas consultados.

Na opinião do projetista respondente, profissional com mais de 25 anos de experiência na área de saúde, o projeto de arquitetura de laboratório deve ser desenhado visando propiciar as condições adequadas para que se execute de maneira correta procedimentos e atividades aos quais se destina. Assim, enfatiza que o projeto espacial deve prever as barreiras de contenção como forma de evitar qualquer contaminação acidental ou advinda de fluxos mal planejados. Quando não há o cuidado de deixar estanques as áreas não contaminadas em relação às potencialmente contaminadas, tem-se o chamado fluxo cruzado. Este se torna um ponto crítico no projeto, dificultando o procedimento adequado no processo de trabalho.

Prosseguindo, afirma que as diretrizes de biossegurança balizam todo o processo de trabalho de um laboratório. As diretrizes contêm os procedimentos e os métodos de segurança utilizados na manipulação de materiais infecciosos. Assim, contribuem para a redução da exposição dos trabalhadores, de terceiros e do ambiente em geral aos agentes potencialmente perigosos.

Em função do uso a que se destinam laboratórios NB3, "torna-se mister que os projetistas conheçam minuciosamente todas as barreiras de contenção que devem ser atribuídas ao projeto".

Concluindo seu ponto de vista, o projetista pondera que as diretrizes de biossegurança devem servir como o documento norteador de todo o projeto e que, ao atendê-las, o projeto terá incorporado todas as barreiras e espaços necessários para que os procedimentos sejam realizados com maior segurança.

Este parecer corrobora o levantamento realizado por Lapa et al. (2007), segundo o qual a disciplina de biossegurança foi considerada como relevante na especialização de profissionais com formação em arquitetura que pretendem se dedicar ao projeto de ambientes destinados à saúde em geral, constituindo-se em variável que contribui para "compreensão das necessidades que permeiam a concepção de tais espaços arquitetônicos".

#### **4.6 Discussão dos resultados: a percepção do usuário e a avaliação de desempenho**

A amostra de laboratórios pesquisados no trabalho de campo corresponde a cerca de 20% do universo identificado no Anexo II.

Se por um lado o número de laboratórios avaliados acarretou volumosa descrição sobre os ambientes pesquisados (p. 118-179), este número é bem representativo de seu universo, possibilitando inferir com segurança os resultados alcançados sobre o estado-da-arte dos laboratórios NB3 em uso no Brasil.

Já os métodos empregados mostraram-se importantes para obtenção dos resultados finais e permitiram confrontar as observações realizadas com a percepção do usuário.

No questionário perguntou-se qual o nível de satisfação do usuário em relação ao desempenho da instalação sob diferentes aspectos, com comentários livres. Na prática, tais comentários fluíram durante a aplicação da parte subjetiva do instrumento de pesquisa com indução de sensações e percepções livres obtidas através da observação de imagens. Tomou-se o cuidado de não se preparar questionário muito extenso de forma a não cansar a parte respondente e não levá-la ao desinteresse pela pesquisa.

Os dados das respostas à entrevista semi-estruturada, parte fechada do questionário, foram tabulados conforme demonstrado no Quadro 17 - Tabulação do questionário fechado. Os dados foram tratados de forma a se obter a moda, que em estatística é uma medida de posição e, segundo Costa Neto (2002), indica a região das máximas freqüências. Para cada pergunta foram somadas as respostas referentes ao nível de satisfação do usuário dos seis laboratórios, destacando-se em negrito a moda assim obtida.

**Quadro 17 - Tabulação do questionário fechado**

QUESITO	I	PS	S	MS
1. Considerando os requisitos de segurança, como você avalia o laboratório quanto à sua localização e acesso?		2	<b>2</b>	2
2. Como você avalia a instalação quanto às barreiras arquitetônicas necessárias para garantir a contenção biológica?		2	<b>3</b>	1
3. As linhas de utilidade e instalações (gases, hidráulica, esgoto) são supridas em quantidade suficiente e localização adequada?		2	<b>3</b>	1
4. Como você avalia as condições de conforto (iluminação, temperatura, ruído, ergonomia etc) do ambiente para a atividade de pesquisa biológica?	1	<b>2</b>	2	1
5. Como a estrutura física e o dimensionamento do laboratório atendem às necessidades de trabalho?	1		<b>3</b>	2
6. Os materiais de acabamento empregados oferecem segurança ao uso?		1	<b>4</b>	1
7. De que maneira o sistema de ventilação e refrigeração está adequado ao trabalho em contenção?		<b>3</b>	1	2

I- Insatisfatório PS- Pouco Satisfatório S- Satisfatório MS- Muito Satisfatório

O resultado obtido em resposta à primeira pergunta foi tri-modal e perfeitamente distribuído com igual número de ocorrências para pouco satisfatório, satisfatório e muito satisfatório. Assim, tomou-se este resultado como uma classe modal, determinando-se que a moda é o ponto satisfatório.

Já à quarta pergunta, sobre as condições de conforto ambiental dos laboratórios, obteve-se resultado bi-modal, também perfeitamente distribuído, entre pouco satisfatório e satisfatório. Nestes casos, Ornstein e Roméro (1992, p. 72) recomendam como uma das alternativas voltar a campo para entrevistas específicas "no sentido de dirimir dúvidas eventuais". Ora, o questionário foi aplicado de forma semi-estruturada e, assim, já se dispunha, previamente ao fechamento do mapa estatístico, das considerações dos usuários a respeito das instalações, como também observação destas condições *in loco*. Assim, entende-se que a percepção dos usuários quanto às condições de conforto dos laboratórios de contenção tem tendência para pouco satisfatórias, ponto que se determinou como moda.

A seguir, será apresentada a discussão dos resultados propriamente dita.

### **Localização e acesso**

Confrontando-se a percepção do usuário com os requisitos de localização e acesso examinados *in loco* ou obtidos de forma secundária, verifica-se que há consistência entre o nível de satisfação do usuário e o atendimento das diretrizes de biossegurança.

As diretrizes de biossegurança que foram assumidas como obrigatórias (Capítulo II) são, de forma geral, muito bem atendidas em todos os casos, excetuando-se às situações encontradas onde as portas de antecâmaras com intertravamento eletro-mecânico não dispõem de sistema emergencial para abertura manual, situação que traz insegurança aos usuários pela iminência de ficarem retidos.

Já quanto às diretrizes de biossegurança recomendadas, a aderência foi menos significativa. Houve manifestação expressa quanto à necessidade de laboratório NB2 de apoio contíguo ao laboratório NB3, como também foi enfatizada a importância de haver independência de entrada e saída da contenção de maneira a evitar o cruzamento de fluxos.

Já a recomendação para que as áreas de contenção tenham as paredes limítrofes afastadas do envelope externo da edificação, condição não atendida em nenhum dos laboratórios pesquisados, não foi valorizada por nenhum usuário. Esta providência está mais relacionada à biossegurança e questões ligadas ao bioterrorismo, comportamento que parece não suscitar preocupação no Brasil. Entretanto a localização do laboratório dentro do edifício é muito valorizada. Quanto mais afastado da circulação de público, tanto melhor pois o usuário se sente mais seguro face à responsabilidade com a gestão de agentes patogênicos perigosos.

### **Perímetro de contenção**

Na percepção do usuário, as diretrizes de biossegurança providas através das barreiras construtivas entre o interior da contenção e o seu entorno são satisfatórias.

Pelo levantamento realizado, os perímetros de contenção atendem, de fato, às diretrizes tidas como obrigatórias (Capítulo II). Constatou-se um único caso com maior vulnerabilidade, não percebida pelo usuário.

Outro ponto que chama atenção é a questão de janela para o exterior que, no entendimento de 5:6 usuários não deve ser provida em ambientes NB3, mas não por uma questão de contenção biológica. A polêmica que surgiu nesta pesquisa é sobre até que ponto a existência de janela deixa de ser um elemento de conforto visual e passa a afetar a concentração do cientista em trabalho de elevado risco. Encontra-se esta mesma questão colocada na arquitetura hospitalar onde, observou Sampaio (2005, p.186), em centros cirúrgicos a "janela, segundo os que não a consideram importante, pode atrapalhar o profissional dispersando-o durante um procedimento que exija muita concentração, fornece uma qualidade de luz não adequada e pode causar excesso de calor...".

Sobre os requisitos de biossegurança recomendados, constatou-se que os usuários de laboratórios que não têm comunicação com a área de apoio através de guichê de passagem, metade da amostra, providenciariam este recurso se tivessem oportunidade.

### **Provisão de utilidades e serviços**

As diretrizes de biossegurança elencadas como obrigatórias (Capítulo II) são providas de forma satisfatória, na opinião dos usuários de instalações NB3.

Entretanto, segundo o levantamento feito, tem-se abolido o uso de água corrente nos ambientes em contenção por falta de espaço técnico para instalação de barreiras para tratamento de efluentes pois os laboratórios são construídos como adaptação em prédios já existentes.

Já quanto aos requisitos recomendados, também pela falta de espaço técnico superior, em nenhum dos laboratórios pesquisados os reatores de lâmpadas fluorescentes estão localizados no lado externo à contenção para fins de otimização da manutenção.

Constatou-se, ainda, baixa aderência de projetistas em prover as instalações de rede lógica. Com os avanços tecnológicos os laboratórios começam a receber aparatos eletrônicos que demandam estes recursos, surgindo necessidade de intervenção física nestes ambientes para que possam ser instalados.

### **Requisitos de conforto ambiental**

Os requisitos de conforto ambiental são estabelecidos pela NR 17, norma regulamentadora do Ministério do Trabalho sobre Ergonomia (Capítulo II), que classifica o ambiente de laboratório como local de trabalho onde são executadas atividades que exigem solicitação intelectual e atenção constantes, estabelecendo parâmetros de conforto para temperatura, umidade, nível de pressão sonora e nível de iluminação. Para fins de avaliação da qualidade do ambiente, foram considerados, também, aspectos de conforto visual.

As repetidas situações de desconforto registradas pelos usuários de todos os laboratórios levou ao entendimento que os ambientes pesquisados são pouco satisfatórios em relação aos requisitos de conforto ambiental.

Conforme mencionado anteriormente, nenhum dos laboratórios pesquisados vetou que se adentrasse o recinto de contenção. Mas os usuários têm um posicionamento muito firme em relação à visita dos ambientes, que, entretanto, não se pode classificar como resistência. É uma questão de territorialidade, padrão de comportamento baseado no controle do espaço físico que envolve a defesa do seu trabalho. São cuidados que se procurou respeitar em vista das seguintes circunstâncias favoráveis ao desenrolar da pesquisa: é possível confrontar o nível de conforto percebido pelo usuário através de informações secundárias, todos os laboratórios visitados têm visores para observação e foi permitido fotografar os recintos, independentemente de alguns usuários cederem fotos de seus acervos.

Os ambientes para trabalho em contenção são todos artificialmente climatizados e ventilados, imposição da própria contenção. As atividades de pesquisa biológica exigem paramentação de segurança, que, em função dos riscos ou do grau de pureza do ar exigido, podem ser vestimentas e acessórios utilizados por sobre as roupas comuns ou então vestuário completo recobrendo o pesquisador dos pés a cabeça. Assim, foram registradas queixas de desconforto térmico tanto por frio ou como por calor, relacionadas com a dificuldade de ajustar a temperatura do ambiente, cujos controles são automatizados. O conforto térmico é recorrente motivo de insatisfação no ambiente de trabalho e segundo constatado por Leaman e Bordass (1998) afeta a produtividade, apontando que o processo de projeto deva ser otimizado. No caso de laboratórios NB3, precisa ser considerada a influência que as roupas especiais de trabalho exercem na obtenção da condição de conforto. Também se registrou que, em alguns casos, os usuários relacionam os problemas de climatização à deficiência de manutenção.

Quanto ao ruído, as queixas de desconforto acústico são procedentes, estando comprovado que equipamentos tais como CSB funcionam com nível de pressão sonora acima do critério de conforto

estabelecido para trabalho em laboratório (MACEDO;LAPA, 2007)<sup>32</sup>. Por sua vez, são empregados materiais refletores em superfícies de piso, paredes e teto, ampliando o tempo de reverberação no interior do laboratório, contribuindo para aumento do nível de ruído. Recomenda-se, desta forma, gestão junto aos fabricantes de equipamentos para que se desenvolvam estudos com vistas a segregar o ruído na fonte. Outra recomendação é que se desenvolvam estudos para mascaramento sonoro, conforme apontam Macedo e Lapa (2007), com também desenvolvimento de materiais absorventes sonoros de fácil limpeza. Nos casos de ruídos advindos de casa de máquinas do sistema de ventilação, o problema acústico deve ser solucionado no projeto, não se admitindo que seja desconsiderado tal cuidado.

Não houve relato de desconforto lumínico, entretanto um resultado da pesquisa, que de certa forma causou surpresa, é a manifestação dos usuários quanto ao conforto visual.

As áreas de contenção não são muito espaçosas, devendo apenas comportar os equipamentos necessários para desenvolvimento das técnicas e área de circulação. Geralmente são desprovidas de janela para o exterior e o acesso só é facultado aos pesquisadores diretamente envolvidos no trabalho em contenção. Desta forma, são espaços que podem causar a sensação de enclausuramento, não se devendo confundir com espaços confinados posto que estes últimos, tecnicamente, não são áreas projetadas para ocupação humana, têm ventilação insuficiente para remover contaminantes, bem como não dispõem de controle da concentração de oxigênio presente no ambiente (BRASIL, 2006b). É recomendado que haja contato visual entre a área de contenção e as áreas de apoio adjacentes, mas tal recomendação ocorre no sentido de se observar os usuários da contenção, o que pode ser feito de maneira remota através de monitoração. Deve-se lembrar, ainda, que pesquisadores trabalham com indumentária que recobrem todas as partes do corpo, o que pode corroborar na sensação de enclausuramento percebida.

---

<sup>32</sup> As autoras ressaltam que os níveis de ruído podem ser inferiores aos limites legais e, ainda assim, extremamente incômodos já que a percepção sonora está ligada a fatores objetivos e subjetivos.

Trabalhando em ambientes fechados, a maioria dos usuários percebe que o uso das cores nos acabamentos das instalações traz um diferencial nos espaços de laboratórios. De fato, foi constatado que, em alguns casos, o planejamento cromático foi negligenciado, deixando-se de agregar condições de conforto aos ambientes. Entretanto, deve-se frisar que também foi registrado caso em que o usuário destacou que o estresse da rotina de pesquisa é, de certa forma, compensado pela sensação de conforto, elogiando a sensação de aconchego trazida pela escolha das cores utilizadas no ambiente que ocupa.

É, também, motivo de queixa relativa a conforto visual o brilho do aço inox, material bastante empregado devido às suas características mas que pode ofuscar a visão.

O planejamento cromático, acústico e térmico destacam-se como margens de incerteza em projetos de laboratórios NB3 uma vez que podem tornar o ambiente mais agradável e beneficiar a produtividade.

### **Estrutura física e leiaute**

Dos seis laboratórios pesquisados, encontrou-se um do tipo suíte, três com NB2 como zona de acesso, um com ante-sala como zona de acesso e um com acesso diretamente da circulação principal, fragilidade compensada com barreiras adicionais de segurança tais como vedação ativa de portas.

Na percepção dos usuários, os laboratórios estão estruturados e desenhados de forma satisfatória.

Entretanto, o resultado do conjunto dos instrumentos aplicados aponta que a estrutura e o leiaute desejados pelos usuários é de laboratório que tenha configuração espacial provida de mais funcionalidade. Assim, além da sala de contenção NB3 com dimensões otimizadas, os usuários relataram sobre a necessidade de fluxos distintos para entrada e saída de pessoal, laboratório NB2 de apoio provido de guichê de passagem de materiais, autoclave dupla porta como barreira entre a área de contenção e sala dedicada ao processo de descontaminação-lavagem-preparo-esterilização, ante-câmaras

dimensionadas para abrigar a indumentária de segurança de maneira adequada e estrutura apoiada por pavimentos técnicos.

Portanto, entende-se que a funcionalidade dos laboratórios pode ser implementada dotando-os de estrutura e leiaute mais bem adequados às necessidades de pesquisa.

Como resultado tem-se que o nível de satisfação manifesto pelo usuário é maior do que o encontrado na pesquisa pela aplicação da entrevista semi-estruturada. Infere-se que esta diferença a maior deva ser creditada ao reconhecimento que, dentro das limitações impostas, o usuário reconhece que o projetista fez o melhor possível. É oportuno lembrar que a maioria dos laboratórios está localizada em prédios originalmente concebidos para outro uso, foram reformados para abrigarem laboratórios e, posteriormente, adaptados para receber os laboratórios de contenção. Também não se pode deixar de observar que o pesquisador que "projetou" seu laboratório é mais tolerante com as limitações impostas do que os demais usuários.

### **Superfícies e revestimentos**

Neste item, a percepção dos usuários está mais equalizada e superfícies e revestimentos foram apontados como satisfatórios. Observou-se que os requisitos obrigatórios sobre superfícies e revestimentos (Capítulo II) foram os que tiveram maior aderência em toda a pesquisa e, com algumas exceções, atendem de forma muito satisfatória.

Como resultado da pesquisa, apenas sugere-se que pisos em resina epóxi e pintura em epóxi sejam empregados somente nos casos em que haja exigência quanto à classe de limpeza visto que este material é sensível ao choque térmico ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) com nitrogênio líquido.

Os requisitos recomendados tiveram expressiva ocorrência de itens não aplicáveis, todos referentes às características do mobiliário, praticamente inexistentes uma vez que o ambiente requer despojamento.

## Ventilação e climatização

A percepção do usuário é de pouca satisfação com o sistema de ventilação, reveladora da falta de confiança numa das principais barreiras de contenção em laboratórios NB3. Esta insegurança está relacionada à deficiência dos projetos, problemas de manutenção, não aplicação de critério para escolha do sítio (PESSOA, 2006), mas também à falta de informação do usuário sobre o comportamento do sistema durante o uso do laboratório, que só poderia ser obtida através da disponibilidade de informações como manômetros na entrada da contenção e sinalização de alarme em caso de comprometimento do sistema, acessórios não disponibilizados na maioria dos casos. Como destacam Leaman e Bordass (1998), os controles podem ser manuais ou automatizados. Segundo os autores, talvez os projetistas sejam tão seduzidos pelas promessas da tecnologia que relembram seu efetivo desempenho. O desconforto térmico, por frio ou calor, também contribui para a pouca satisfação percebida pelo usuário.

A percepção dos usuários é compatível com o resultado apurado através da observação secundária. Apesar da relativa aderência do sistema aos requisitos de biossegurança verificados, na prática os sistemas de ventilação estão comprometidos em seu funcionamento. Evidencia-se, desta maneira, que o projeto de laboratórios para trabalho em contenção biológica, como processo, é bastante fragmentado e deveria ser objeto de maior atenção por parte dos arquitetos com a atribuição de coordenação de projetos. Em situações em que a própria segurança possa ser ameaçada, a ventilação e refrigeração devem ter papel mais relevante no processo de projeto de laboratórios NB3 pois trata-se, sem dúvida, do principal meio de se obter segurança individual e ambiental, refletindo-se, ainda, na qualidade do resultado das pesquisas.



## Conclusão

Em resposta ao conjunto de hipóteses apresentado na Introdução deste trabalho, os resultados da investigação que foi desenvolvida serão desdobrados a seguir como formulação da tese.

H1: Através da interpretação do conceito de biossegurança é possível estabelecer diretrizes de projeto para laboratórios NB3.

H2: A qualidade de instalações NB3, como sistema ambiental construído, pode ser aferida através da avaliação de desempenho de laboratórios.

H3: A avaliação de desempenho de laboratórios NB3 deve ser pautada por parâmetros de biossegurança.

H4: Nem todas as decisões de arquitetura para projetos de laboratórios NB3 são condicionadas pelas diretrizes de biossegurança.

O referencial teórico sobre arquitetura de laboratórios foi desenvolvido por consulta ao arcabouço normativo no âmbito do Ministério da Saúde e do Ministério do Trabalho e por pesquisa bibliográfica em literatura especializada sobre projeto de laboratórios.

Verificou-se que não há regulamentação específica para projeto de laboratórios<sup>33</sup>, devendo-se atender ao regulamento técnico geral para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde elaborado pela ANVISA.

Tal regulamento técnico é suficientemente flexível para permitir liberdade de ação aos projetistas, propiciando pensar o projeto com segurança e confiabilidade.

---

<sup>33</sup> Há regulamentação específica ao trabalho com material geneticamente modificado, que não foi abordado neste estudo.

No escopo do regulamento da ANVISA, o projeto de laboratórios é pautado em diretrizes de biossegurança internacionalmente aceitas, que foram abordadas no Capítulo I - Do paradigma pasteuriano ao conceito de biossegurança: a demanda por soluções espaciais e no Capítulo II - Arquitetura de laboratórios NB3.

Segundo as diretrizes de biossegurança, as instalações físicas destinadas às manipulações patogênicas devem ser planejadas a partir da idéia de contenção biológica e do emprego de barreiras construtivas, que devem ser implementadas a partir da avaliação de risco ao trabalhador e ao ambiente.

Já as regulamentações do Ministério do Trabalho são calcadas em critérios de prevenção contra a exposição aos riscos, sejam eles biológicos, físicos, químicos, ergonômicos ou mecânicos.

Também o Ministério do Trabalho regulamenta as condições ambientais com vistas à adequação dos locais de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado, estabelecendo parâmetros para conforto térmico, lumínico e acústico, dentre outros, utilizando como referência as normas da ABNT.

**Desfaz-se, assim, o mito segundo o qual as "normas de biossegurança" fazem com que os padrões se repitam em projetos de laboratório. O entendimento das diretrizes de biossegurança não é fator restritivo ao processo de projeto.** Trata-se de oportunidade para realizá-lo à luz da segurança individual dos ocupantes de laboratórios, da segurança ambiental e da garantia da qualidade dos resultados das atividades que serão desenvolvidas nos empreendimentos.

Infelizmente não se pode consubstanciar este resultado da pesquisa com o ponto de vista dos projetistas em virtude do diminuto índice de retorno de arquitetos à sondagem de opinião. Entretanto, é oportuno lembrar o alerta do Ministério do Trabalho (2002, p.59) sobre os limites de uma norma:

[...] não aponta soluções para todas as situações precisas encontradas na prática. A solução dos problemas só é possível pelo esforço conjunto de todos os interessados. É imprescindível também o acompanhamento das pesquisas que têm sido feitas mais recentemente e a consulta a manuais especializados e normas de outros países.

A pesquisa de campo para realização da APO nos laboratórios confrontou a opinião dos usuários com a aderência aos requisitos construtivos de biossegurança, avaliando também as condições de conforto ambiental.

É importante frisar que um dos objetivos desta tese foi testar se parâmetros de biossegurança devem pautar a avaliação de desempenho de laboratórios NB3. Assim, o que se esteve explorando foi a possibilidade de usar a ferramenta para avaliar a qualidade do sistema ambiental construído. Não se teve por objetivo comparar laboratórios entre si. Também não foi objeto da discussão estabelecer se dado laboratório pode ser, ou não, classificado como NB3 posto que esta condição precisa, necessariamente, ser mediada pela avaliação do risco envolvido em cada caso. Lembra-se, ainda, que o atendimento das condições de biossegurança são fruto de equação onde, além de barreiras secundárias, há que se considerar a disponibilidade de barreiras primárias e os procedimentos protocolares.

Confirmou-se que é necessário pautar a avaliação de desempenho de laboratórios NB3 pelos requisitos de biossegurança, condição necessária, porém não suficiente, para atestar a qualidade do ambiente construído. Desta forma, fica comprovado que nem todas as decisões de arquitetura para projetos de laboratórios são condicionadas pelas diretrizes de biossegurança.

Dentre os requisitos analisados, observou-se que o item referente a **Superfícies e revestimentos** é aquele que tem melhor desempenho quando comparado com o preconizado nas diretrizes de biossegurança.

Já o item que trata da **Ventilação e climatização** revelou-se como o de desempenho mais frágil, refletindo-se na sensação de insegurança por parte de alguns pesquisadores. Os problemas detectados variam desde sítio inadequado para locação do laboratório, passando por deficiência de projeto, descontinuidade de manutenção etc.

O resultado da pesquisa também permitiu estabelecer que o estado-da-arte dos laboratórios NB3 em uso no Brasil. A maioria dos laboratórios de contenção está localizada em prédios originalmente concebidos para outras finalidades, posteriormente adaptados para abrigar laboratórios e, por fim, parcialmente reformados para receber as instalações NB3.

Em vista disto, a **Estrutura e leiaute** são condicionados ao espaço disponibilizado, não oferecendo configuração mais adequada ao trabalho dos laboratórios pesquisados, mas, em outro extremo, foram encontrados casos de espaços mal aproveitados. Da mesma forma, são afetadas as barreiras arquitetônicas e de instalações referentes a **Localização e acesso, Perímetro de contenção e Provisão de utilidades e serviços**.

Os **Requisitos de conforto ambiental**, de modo geral, não atendem às recomendações do Ministério do Trabalho quanto a ruído e temperatura de conforto. O nível de ruído emitido pelos motores e exaustores dos equipamentos causa desconforto acústico. Os sistemas centralizados de climatização, além dos problemas já mencionados, são automatizados e de difícil regulação para temperatura de conforto, principalmente em vista das necessidades de paramentação, havendo queixas de desconforto tanto por frio como por calor. Um dos pesquisadores entrevistados observou que o tempo de permanência dentro da área de contenção é delimitado pelas situações de desconforto acústico e térmico. A pesquisa também revelou que os ambientes de laboratório, por suas características de contenção, requerem condições de conforto visual, que são reconhecidas por pesquisadores tanto no que se refere ao planejamento cromático das instalações bem como pela possibilidade de contato visual com as áreas adjacentes, havendo restrições a janelas em empenas externas.

Por fim, pode-se apurar que o processo de projeto de laboratórios de contenção em uso no país tem sido mediado pelos aspectos de biossegurança, mas com abordagens diferenciadas.

Segundo averiguado na pesquisa de campo, há projetos que foram desenvolvidos com forte orientação da literatura sobre biossegurança, pautando-se pelo cumprimento das diretrizes tidas como obrigatórias em detrimento da avaliação de risco, contando com pouca participação dos usuários.

Em outra vertente, constatou-se casos de projetos também calcados, com rigor, na literatura sobre biossegurança, valendo-se, ainda, da experiência vivenciada por usuários obtida em outros países, caso em que o arquiteto só participou na representação gráfica de plantas já concebidas pelo próprio usuário.

Numa terceira linha, percebe-se que está em formação uma cultura própria de concepção de projetos de laboratórios, com equipes multidisciplinares e participação de usuários, centrada na avaliação de riscos que, por sua vez, é fundamentada no conceito de biossegurança.

Entretanto, o projeto de laboratórios em contenção ainda se desenrola como se fosse constituído de etapas discretas, sem a prática de processo contínuo, com conseqüentes falhas na operação, uso e manutenção das instalações, o que compromete seus desempenhos.

Por sua vez, estes laboratórios precisam atender critérios de desempenho pautados num compromisso estabelecido por regras internacionalmente aceitas, uma linguagem universal pela qual se busca um entendimento comum centrado na gestão da qualidade.

Quando se trata de laboratórios para manipulação de agentes patogênicos, o alcance dos requisitos de qualidade não pode prescindir do atendimento dos princípios de biossegurança.

A qualidade do projeto é condição primeira para se obter o adequado desempenho do bem construído. Assim, o ato de projetar deve ser incorporado ao conjunto de atividades ligadas ao empreendimento.

Organismos internacionais como a OMS e a OPAS demandam que os laboratórios de referência tenham compromisso formal com sistemas de gestão da qualidade. Seguindo a mesma lógica, também no Brasil os laboratórios de referência, em suas respectivas áreas de atuação, precisam atender critérios de competência atentando para requisitos gerenciais e requisitos técnicos para fins de certificação.

Dentre os requisitos técnicos, está previsto que as instalações devam ter acomodações e condições ambientais compatíveis com a natureza de seus trabalhos e, desta forma, é mister que os requisitos de biossegurança

sejam considerados nos seus processos e na sua gestão, inclusive quanto ao espaço construído.

Encerra-se esta tese sobre desempenho de laboratórios em contenção biológica após pesquisa teórico-prática, que não pretendeu esgotar o tema, com as palavras de um dos cientistas entrevistados no transcorrer do trabalho:

[...] São coisas que têm que ter um início muito bem fundamentado, com multiprofissionais, com arquiteto, com pessoal de biossegurança, químico, todos, incluindo o usuário. Mas, além disto, a própria vivência... Será que tudo isto que a gente vivenciou está sendo considerado nos outros (laboratórios) que estão sendo construídos? Será que isto valeu? Então você chega à conclusão que a história, o benefício, ele é desperdiçado. O exercício do outro não é bônus numa vivência de futuro. Esta perda é muito ruim.[...]

Espera-se que esta pesquisa possa auxiliar de forma positiva no processo de projeto de futuras instalações, desejando-se que se some aos poucos trabalhos acadêmicos até agora realizados de forma a se consolidar, no país, o exercício de uma arquitetura voltada para laboratórios.

Assim, sugere-se que outros estudos sejam realizados, tendo como objeto laboratórios de contenção biológica e ambientes afins.

Face aos resultados obtidos com a pesquisa, mostra-se como fértil campo para exploração e futura prospecção acadêmicas questões como os sistemas de ventilação e refrigeração e respectiva harmonização com o projeto de arquitetura.

Identificou-se, também a possibilidade de se desenvolver trabalhos que visem aprofundar o processo de projeto pela mediação da variável biossegurança, disciplina multidisciplinar, e as peculiaridades que permeiam as etapas que antecedem a construção de laboratórios.

A avaliação pós-ocupação emerge com dois pontos a serem aprofundados. Por um lado, a avaliação pós-ocupação de caráter técnico-econômico para obtenção de índices econômicos em relação à produção e ao uso dos ambientes de forma a se obter parâmetros de eficiência tais como custo versus benefício e custo das intervenções necessárias para otimização de desempenho no decorrer do uso, lembrando-se que a pesquisa detectou que

parte significativa dos projetos é desenvolvida para re-uso de edifícios, com adaptação de espaços não apropriados à finalidade, impondo dificuldades aos projetistas, desafiados a praticar verdadeiro malabarismo arquitetônico.

E, também, a avaliação pós-ocupação pelo viés comportamental, considerando que o risco, inerente aos processos de trabalhos desenvolvidos em laboratórios que manipulam agentes biológicos perigosos, tem sua percepção associada a fatores subjetivos que podem impactar, direta e indiretamente, as decisões arquitetônicas.

Entende-se que a falta de tradição local neste campo de estudo é reflexo dos baixos investimentos públicos e privados em Ciência e Tecnologia no Brasil, não demandando, conseqüentemente, avanços na construção de laboratórios.

Desta forma, acredita-se que a realização deste trabalho possa firmar conceitos sobre o projeto de espaços destinados a abrigar a pesquisa sob contenção biológica - os laboratórios NB3 - com qualidade.

Por fim, espera-se que este estudo inédito, onde se aplicou parâmetros de biossegurança na avaliação de desempenho de laboratórios para trabalho em contenção biológica, somado aos poucos trabalhos acadêmicos já desenvolvidos no âmbito dos programas de pós-graduação *stricto sensu* em Arquitetura da UFRJ e da UNB, em Engenharia de Produção da COPPE da UFRJ e em Interunidades em Biotecnologia da USP, venha a contribuir para a consolidação da Arquitetura de laboratórios no Brasil como aliada do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia no país.



## Referências bibliográficas

- ABNT. **Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento**, NBR 10.152. Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. **Iluminância de interiores**, NBR 5413. Rio de Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. NBR 13.531. **Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas**. Rio de Janeiro, 1995.
- \_\_\_\_\_. NBR ISO IEC 17025. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2001.
- ANVISA. RDC 210 - Regulamento técnico das boas práticas para fabricação de medicamentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 ago. 2003.
- \_\_\_\_\_. **Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde - RDC 50 e suas atualizações**. Brasília, 2002.
- ASHRAE. **Indoor environmental health**. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals. Cap. 9, 1997.
- AZEREDO, L.F.N. **Análise do planejamento arquitetônico e das instalações e laboratórios públicos de contenção nível 3 ressaltando a biossegurança**. Brasília: Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade de Brasília, 2004.
- BORDASS, B.; LEAMAN, A. **Phase 5: Occupancy - post-occupancy evaluation**. In: Assessing building performance. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- BORDIN, L.; SCHMITT, C. M. **Caracterização da prática de projeto: a realidade do mercado na cidade de Porto Alegre (RS)**. In: III Workshop Brasileiro de Gestão de Processo de Projeto de Edifícios, Belo Horizonte, MG, 2003.
- BENCHIMOL, J.L. **Manguinhos do sonho à vida - a ciência na Belle Époque**. Rio de Janeiro: COC/FIOCRUZ, 1990.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Biossegurança em laboratório biomédicos e de microbiologia**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2000.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde, Portaria Nº 2.031/GM de 23 de setembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 set. 2004.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde, Portaria Nº 70/SVS de 23 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 dez. 2004. [Republicada em fevereiro de 2005 em vista de incorreção no original].

- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 jul. 1978, suplemento.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 7 Programa de controle médico e saúde ocupacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez. 1994.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 9 Programa de prevenção de riscos ambientais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 dez. 1995.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 32 Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 nov. 2005.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 33 Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2006.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 17 Ergonomia. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jun. 2007.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 jul. 2007.
- BURKE, W. et al. **Is generic really the answer? Post-occupancy assessments reveal how users really work in labs**. In: Laboratory design, NOV. 2007. Disponível em: <http://www.labdesignnews.com/LaboratoryDesign/Archive.asp>. Acesso em: jan. 2008.
- CANADA (Ministre de la Santé). **Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire**. 3 ed, 2004. Disponível em: [www.phac-aspc.gc.ca/ols-bsl/lbg-ldmbl/index\\_f.html](http://www.phac-aspc.gc.ca/ols-bsl/lbg-ldmbl/index_f.html). Acesso em: 10 fev. 2005.
- CARVALHO, A.P.A. **A arquitetura e o direito à saúde**. Portal Clicsaude. Disponível em: [http://www.clicsaude.com.br/pub/materiaview.asp?cod\\_materia=68](http://www.clicsaude.com.br/pub/materiaview.asp?cod_materia=68). Acesso em: 8 jul. 2006.
- \_\_\_\_\_. **Especialistas e especializações**. Editorial do Portal Clicsaude. Disponível em: [http://www.clicsaude.com.br/pub/materiaview.asp?cod\\_materia=133](http://www.clicsaude.com.br/pub/materiaview.asp?cod_materia=133). Acesso em: 8 jul. 2006.
- CASTELLS, E.; HEINECK, L.F.M. **A aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica - uma revisão crítica**. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, 2001.
- CIRROTA, P. **Considerações projetuais na tecnologia de salas limpas: estudo de caso na Fundação Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

- CRANE, J.T.; RILEY, J.F. **Design issues in the comprehensive BSL2 and BSL3 laboratory**. In: RICHMOND, J.Y. (Org.), *Designing a modern microbiological/biomedical laboratory: lab design process & technology*. Washington: American Public Health Association, 1997.
- \_\_\_\_\_. **Projeto para laboratórios nível de biossegurança 3 (NB3)**. Segurança em laboratórios biomédicos. Manual dos instrutores. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde do MS, 2004.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ed. 2002.
- CUNHA, L.C.R. **A cor no ambiente hospitalar**. Anais do I Congresso Nacional Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar. IV Seminário de Engenharia Clínica. Salvador, 2004.
- DEL BRENNNA, G.R. **O Rio de Janeiro de Pereira Passos: uma cidade em questão II**. Rio de Janeiro: Index, 1985.
- DIAS, L.M.A. **Integrando para qualificar**. In: *Revista Proteção*. Novo Hamburgo: MPF Publicações Ltda, n. 146, ano XVII, fev., 2004.
- FABRICK, J. **Planning laboratory layouts**. In: Richmond, J.Y. (org.), *Designing a modern microbiological/biomedical laboratory: lab design process & technology*. Washington: American Public Health Association, 1997.
- FIORAVANTI, C. **Fortalezas antivírus: Laboratórios de alta segurança dão autonomia ao país na pesquisa de doenças emergentes**. Disponível em: [http://www.universia.com.br/html/materia/materia\\_ceed.html](http://www.universia.com.br/html/materia/materia_ceed.html) - 18/11/2003. Acesso em: 3 dez. 2007.
- FREITAS, C.M. **Avaliação dos riscos dos transgênicos orientada pelo princípio da precaução**. In: *Bioética e Biorrisco - Abordagem Transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.
- FONSECA, A.; ABDALLA, G. **A Resolução RDC nº 50 e suas interferências no processo de projeto**. In: *IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Produção e I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Produção*. Porto Alegre, 2005.
- FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). **Comissão Técnica de Biossegurança. Procedimentos para manipulação de microrganismos patogênicos e/ou recombinantes na FIOCRUZ**. Rio de Janeiro, 2005.
- GAILLARDIN, M. **Le risque chimique - ventilation**. Paris: INSERM, 1993.
- GOMES, M.C.P. **Luz e Cor: elementos para o conforto do ambiente hospitalar**. Hospital Lourenço Jorge: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.
- GRIFFIN, B. **Laboratory design guide**. Oxford: Architectural Press, 3 ed., 2005.
- GRILO, L.M.; MELHADO, S.B. **Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios**. In: *III Workshop Brasileiro de Gestão de Processo de Projeto de Edifícios*. Belo Horizonte, 2003.

- HERNANDES, F.J.C. **Projeto e construção de laboratórios de biossegurança NB3 light de baixo custo**. São Paulo: Qualificação de dissertação (Mestrado em Interunidades em Biotecnologia), Universidade de São Paulo, 2007.
- HIRATA, M.H. **O laboratório e seus riscos**. In: Manual de Biossegurança. São Paulo: Manolo, 2002.
- HIRATA, R.D. **Biossegurança em laboratórios de ensino e da área de saúde**. In: Manual de Biossegurança. São Paulo: Manolo, 2002.
- HORA, J. **Prevenção e controle de riscos em máquinas, equipamentos e instalações**. Apostila do curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, mimeo. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 1995.
- HOUAISS, A. **Dicionário da língua portuguesa**. Disponível em: <http://houaiss.uol.com.br/busca.jhtm>. Acesso em: 27 mar.2006.
- INMETRO. NIT-DICLA-083. **Critérios gerais para competência de laboratórios clínicos**. Rio de Janeiro, 2001.
- \_\_\_\_\_. NIT-DICLA-028. **Critérios para o credenciamento de laboratórios de ensaios segundo os princípios BPL - Boas Práticas de Laboratório**. Rio de Janeiro, 2003.
- KAMEI, C.G.; FRANCO, L.S. **Projeto para produção - uma discussão sobre os fluxos e processos de projeto**. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, 2001.
- KRAUSE, R.M. **The origin of plagues: old and new**. Science, 257(5073): 1073-8, Aug. 1992.
- LANA, M.P.C.V.; ANDERY, P.R.P. **Integração projeto-produção: um novo paradigma cultural**. In: Workshop Nacional de Gestão do Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, 2001.
- LANGLEY, C. **Occupational health and safety**. In: GRIFFIN, B. Laboratory design guide. Oxford: Architectural Press, 3 ed., 2005.
- LAPA, R.C. **Radioproteção, biossegurança e qualidade no processo de projeto de laboratórios biomédicos**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- LAPA, R. et al. **Biossegurança como disciplina no curso de Pós-graduação em Arquitetura de ambientes de saúde da UFRJ: capacitação em biossegurança para arquitetos e engenheiros**. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Biossegurança. Ouro Preto: 2007.
- LEAMAN, A.; BORDASS, B. **PROBE 15: Productivity - the killer variables**. Building Services Journal, jun. 1998.
- LONGHI, C.M.; GOBBO, F.G e SALGADO, M.S. **Aplicação do Q.F.D. aos resultados de uma A.P.O.: proposta para a elaboração das diretrizes de projeto para uma edificação hospitalar**. São Paulo: Seminário Internacional NUTAU 2000: tecnologia e desenvolvimento, 2000.

- LORD, L. et al. **Biosafety level 3 laboratory design**. In: RICHMOND, Jonathan Y. (ed.), Anthology of biosafety: VII biosafety level 3. Mundelein: American Biological Safety Association, 2004.
- MACEDO, M.R.V e LAPA, R.C. **O controle de ruído em laboratórios e áreas de saúde: um elemento-chave para a prática de biossegurança**. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Biossegurança. Ouro Preto: 2007.
- MASTROENI, M.F. **Introdução à biossegurança**. In: MASTROENI, M.F., Biossegurança aplicada a laboratórios e serviços de saúde. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.
- MELHADO, S.B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. São Paulo: Boletim Técnico da Escola Politécnica Paulista. BT/PCC/139, 1995.
- MELHADO, S.B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. São Paulo: Tese (Livre-Docência), Escola politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Novos desafios para a evolução do processo de projeto de edificações**. In: V Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Florianópolis: SC, 2005.
- MELHADO, S.B.; FABRÍCIO, M.M. **Recomendações para a formação de profissionais de arquitetura e engenharia para a atuação no projeto de edifícios**. In: Anais da I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e 10°. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC, 2004.
- MINAYO, M.C.S. **Trabalho de campo: contexto e observação**. In: Minayo, M.C.S. (org), Pesquisa social: teoria método e criatividade. Petrópolis: Editora Vozes, 25 ed., 2007.
- \_\_\_\_\_. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 10 ed. 2007.
- Ministério da Saúde. **Elaboração de projetos de engenharia para laboratórios NB3: especificações e relatórios**. Brasília, Projeto VIGISUS, 2003.
- Ministério do Trabalho. **Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora N° 17**. Brasília, 2 ed., 2002.
- MIQUELIN, L.C. **Anatomia dos edifícios hospitalares**. São Paulo: Cedas, 1992.
- MIRANDA, C.R.T. **Condições para funcionamento de cabines de contenção biológica**. Trabalho desenvolvido para a CTBio/Fiocruz, manual de biossegurança. Mimeo. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2004.
- MORGAN, G. **Imagens da organização**. São Paulo: Atlas, 1996.
- MOURA, L.A.M. **Qualidade e gestão ambiental**. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 3 ed., 2002.
- MYSSIOR, L.C. **Processo de projeto orientado aos macrocomplexos de serviços na construção civil**. In: III Workshop Brasileiro de Gestão de Processo de Projeto de Edifícios, Belo Horizonte, 2003.

- NAVARRO, M. et al. **Doenças emergentes, reemergentes, saúde e ambiente.** In: Saúde e ambiente sustentável: desatando nós. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2002.
- OLIVEIRA, B.T. (Coord.) **Um lugar para a ciência: a formação do campus de Mangueiras.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.
- ORNSTEIN, S.W; ROMÉRO, M. **A avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído.** São Paulo: Studio Nobel Ltda, 1992.
- PENNA, T.C.V. **Métodos de desinfecção e esterilização.** In: MASTROENI, M.F., Biossegurança aplicada a laboratórios e serviços de saúde. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.
- PEREIRA, F.O.R.; SOUZA, M.B. **Iluminação.** Apostila da Disciplina Conforto Ambiental - Iluminação dos Cursos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Construção Civil. Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2000.
- PESSOA, M.C.; LAPA, R.C. **Bioinstalações. In: Bioética e Biorrisco - Abordagem Transdisciplinar.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.
- PESSOA, M.C. **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 de Produção). COPPE, UFRJ, 2006.
- PIAZZO, M.A. **O que foi a peste negra? Aspectos médicos.** In: Revista Janus. Maringá: Departamento de História da Universidade Estadual de Maringá, Ano I, n.2, 1997.
- PREISER, W.F.E.; VISCHER, J.C. **The evolution of building performance evaluation: an introduction.** In: Assessing building performance. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- PREISER, W.F.E; SCHRAMM U. **A conceptual framework for building performance evaluation.** In: PREISER, W.F.E. e VISCHER, J.C. Assessing building performance. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- RAMSEY, S.A.; ROBERTS, G.D. **The microbiologica/biomedical laboratory design process: owner's responsibility.** In: RICHMOND, J.Y. (ed.), Anthology of biosafety: VII biosafety level 3. Mundelein: American Biological Safety Association, 2004.
- RAPPARINI, C.; CARDO, D.M. **Principais doenças infecciosas diagnosticadas em profissionais de saúde.** In: MASTROENI, M.F., Biossegurança aplicada a laboratórios e serviços de saúde. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.
- REGAZZI FILHO, C.L. **Sistema de gestão ambiental.** In: FGV Management - curso de MBA em gestão ambiental. Rio de Janeiro, 2001.
- REIS, T.; LAY, M.C. **As técnicas de APO como instrumento de análise ergonômica do ambiente construído.** Curso ministrado durante o III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Gramado, ANTAC, 1995.

- ROMANO, F.V. et. al. **A importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações**. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, 2001.
- ROMERO, J.C.R. **La polémica ISO 18000**. Disponível em: [www.ecofield.com.ar/archivo/a-012.htm](http://www.ecofield.com.ar/archivo/a-012.htm). Acesso em: mai. 2004.
- RICHMOND, J.Y.; HOWARD, W. **Designing and building a laboratory : the core project**. In: RICHMOND, J.Y. (Org.), Designing a modern microbiological/biomedical laboratory: lab design process & technology. Washington: American Public Health Association, 1997.
- SALGADO, M.S. **Gestão da qualidade e administração de equipes**. Apostila do curso de Mestrado em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.
- \_\_\_\_\_. **Produção Arquitetônica e Interdisciplinaridade: uma discussão sobre o processo do projeto e a ISO 9001/2000**. In: Anais da I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e 10°. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Gestão do processo de projeto na construção do edifício**. Apostila da disciplina de Gestão do processo de projeto na construção do edifício do curso de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- SAMPAIO, A.V.C.F. **Arquitetura hospitalar: projetos ambientalmente sustentáveis, conforto e qualidade** - proposta de um instrumento de avaliação. São Paulo: Tese (Doutorado em estruturas ambientais urbanas).FAU, Universidade de São Paulo, 2005.
- SANOFF, H. **School building assessment methods**. Washington: National Clearinghouse for Educational Facilities, 2001. Disponível em: <http://www.edfacilities.org/pubs/sanoffassess.pdf>. Acesso em: mai. 2007.
- SÃO PAULO. **Laboratório da USP vai abrigar supervírus**. São Paulo: Portal do Governo do Estado de SP, 2003. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/sis/leimprensa.php?id=43537>. Último acesso em: 11 mai. 2006.
- SEDUIKYTE, L.; BLIUDZIUS, R. **Indoor air quality management**. Environmental research, engineering and management [Kaunas], 1(23): 21-30, 2003.
- SEGAWA, H. **Arquiteturas no Brasil 1900-1990**. São Paulo: Edusp, 2. ed., 1999.
- SGS (Société Générale de Surveillance). **As mudanças na ISO 9001:2008**. Disponível em [http://www.br.sgs.com/pt\\_br/theproof\\_br-home/theproof\\_br/as\\_mudancas\\_na\\_iso\\_9001\\_2008\\_theproof\\_br.htm](http://www.br.sgs.com/pt_br/theproof_br-home/theproof_br/as_mudancas_na_iso_9001_2008_theproof_br.htm). Acesso em: 05 jan. 2008.
- SILVA, A.B.M; ROSENBERG, F.J. **Gestão da qualidade e biossegurança**. In: Caderno de Estudos Avançados do Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, 2006.

- SILVA, C.N. **Processo de projeto de hospitais**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, K.P. **Considerações preliminares e a gênese do hospital moderno: Tenon e o incêndio do Hôtel-Dieu de Paris**. In: A idéia de função para a arquitetura: o hospital e o século XVIII. *Arquitextos*, especial 052, fev., 2001. Disponível em [www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp052.asp) . Acesso em: 08 ago. 2005.
- \_\_\_\_\_. **A gênese do hospital moderno: saberes, práticas médicas e o hospital**. In: A idéia de função para a arquitetura: o hospital e o século XVIII. *Arquitextos*, especial 060, mar., 2001. Disponível em [www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp060.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp060.asp). Acesso em: 08 ago. 2005.
- SIMONS, J. **Risques biologiques: prévention en laboratoire de recherche**. Paris: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, 1991.
- TEIXEIRA, M. P. et al. **A integração de cor e luz, como elementos de sustentabilidade, no projeto arquitetônico bioclimático**. In: Congresso Brasileiro de Arquitetos. Rio de Janeiro, 2006.
- TEIXEIRA, P. e VALLE, S. (Org.). **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1996.
- \_\_\_\_\_. **Riscos biológicos em laboratórios**. In: Bioética e Biorrisco: Abordagem Transdisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.
- UBALDO, H. (Org.) **Gestão de saúde e segurança do trabalho – NR4**. Apostila do curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, mimeo. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2002.
- UJVARI, S.C. **A História e suas epidemias: a convivência do homem com os microorganismos**. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio: Editora Senac São Paulo, 2003.
- VALLE, B.; BICHO, G. G. **ISO/IEC 17025: A Nova Norma para Laboratórios de Ensaio e Calibração**. In: Revista Metrologia Instrumentação – Laboratórios & Controle de Processos, Ano I, nº 5, abril de 2001. Disponível em: <http://anvisa.gov.br/divulga/artigos/metrologia.htm>. Acesso em: out. 2007.
- VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.
- VIEIRA, V.M. et al. **Avaliação de desempenho de laboratórios biomédicos sob a ótica da biossegurança**. In: Anais do Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: NUTAU, 2004.

- VIEIRA, V.M. **O papel da ventilação no projeto de laboratórios NB3:** estudo de caso. Rio de Janeiro: Trabalho final da disciplina FAT 803 - Ventilação e Qualidade do Ar do curso de doutorado em arquitetura da FAU/UFRJ, Mimeo, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Riscos químicos e gerenciamento de resíduos.** In: Binsfeld, Pedro Canísio (org), Biossegurança em biotecnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- VIEIRA, V.M. e LAPA, R.C. **Riscos em laboratórios: prevenção e controle.** In: Caderno de Estudos Avançados do Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, v.3, n.1, 2006.
- WATCH, D. **Building type basics for research laboratories.** New York: John Wiley and Sons, 2001.
- WHO (World Health Organization). **Laboratory biosafety manual.** Genebra, 3 ed., 2004.



# Bibliografia

- ABNT. **Instalações centrais de ar condicionado para conforto - parâmetros básicos de projeto**, NBR 6401. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.
- \_\_\_\_\_. **Gestão da qualidade no laboratório clínico**, NBR 14.500. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Laboratório clínico - requisitos de segurança**, NBR 14.785. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAD) - Requisitos para projeto e execução das instalações**, NBR 7256. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASHBROOK Peter C.; RENFREW, Malcolm M.(Ed.). **Safety laboratories: principles and practices for design and remodeling**.Chelsea: Lewis Publishers,1991.
- ASHRAE. **Indoor environmental health**. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals. Cap. 9, 1997.
- BERTULANI, C.A. **Luz e Cor**.In: Projeto de Física à distância. Disponível em <http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>. Acesso em: mai. 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1970/GM de 25 de outubro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 out. 2001. [Revogada pela Portaria nº 2944/GM de 20 de novembro de 2006].
- \_\_\_\_\_. Ministério de Ciência & Tecnologia. Resolução Normativa nº 2 de 27/11/06 da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Brasília: **Diário Oficial da União**, Brasília, 2006.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Classificação de risco dos agentes biológicos**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.
- CAMPOS, C. **São Paulo pela lente da higiene**. São Paulo: Editora Rima, 2002.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Circulo do Livro, 1982 (original).
- COOPER, L.C. **Laboratory design handbook**. Boca Raton: CRC Press, 1994.

- DEL RIO, V. (Org.). **Arquitetura: Pesquisa & Projeto**. São Paulo: ProEditores/Rio de Janeiro: FAU-UFRJ, 1998.
- DEMO, P. **Metodologia Científica em Ciências Sociais**. (3ed.) São Paulo: Atlas, 1995.
- EUREKA, W. e RYAN, N. **QFD - Perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade**. Rio de Janeiro: Qualimart, 1992.
- GALVÃO, J.L.V. **Luminotécnica**. Apostila do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Rio de Janeiro: CEFET, 2001.
- GE. **Glossário**. Disponível em: <http://www.gelampadas.com.br>. Acesso em: mai. 2006.
- FOUCAULT, M. **Naissance de la clinique**. Paris: Presses Universitaires, 1997.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 4 ed, 2002.
- GRIST, N.R. **Laboratory Biosafety Manual**. São Paulo: Livraria Santos Editora, 1995.
- LATOURE, B; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos** [tradução Ângela Ramalho Vianna]. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LEMONS, Carlos A.C. **O que é arquitetura**. São Paulo: Brasiliense, 7 ed., 1994.
- LIMA, N.T.; MARCHAND, M.H. (Org). **Louis Pasteur & Oswaldo Cruz: inovação e tradição em saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz/Fundação BNP Paribas, 2005.
- LONGHI, C.M. et al. **Aplicação do QFD aos resultados de uma APO: proposta para a elaboração das diretrizes de projeto para uma edificação hospitalar**. São Paulo: Seminário Internacional NUTAU 2000: tecnologia e desenvolvimento, 2000.
- MARTINS, R.A. **Tradição e inovação na microbiologia: Lemaire e os miasmas**. In: ALVES, I.M.; GARCIA, E.M. Anais do VI Seminário de História da Ciência e da Tecnologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 1997.
- MELHADO, S.B. **Qualidade e avaliação de desempenho no processo de projeto**. In: Anais do Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2004.
- ORNSTEIN, S. **Desempenho do ambiente construído, interdisciplinaridade e arquitetura**. São Paulo: FAUUSP, 1995.

- PESSOA, M. C. **A qualidade do projeto e sua influência na produção e uso da edificação: estudo de caso dos laboratórios de pesquisas biomédicas da FIOCRUZ**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Rio de Janeiro, PROARQ/UFRJ, 1999.
- PREISER, W.F.E. **Continuous quality improvement through post-occupancy evaluation feedback**. Journal of Corporate Real Estate. Vol. 5, number 1. p. 42-56. United States, 2002.
- REGAZZI, C.L et al. **ISO 9000 como instrumento de competitividade: a experiência brasileira**. Rio de Janeiro: CNI, 1996.
- SALGADO, M.S. **Metodologia para seleção de sistemas construtivos destinados à produção de habitações populares**. Rio de Janeiro: (Doutorado em Engenharia de Produção). COPPE, UFRJ, 1996.
- SANOFF, H. **Visual research methods in design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- \_\_\_\_\_. **Integrating Programming, Evaluation and Participation in Design - A Theory Z Approach**. Raleigh: Henry Sanoff, 1992.
- TENUTA FILHO, A. **Ações de biossegurança no contexto da gestão da qualidade**. In: Manual de biossegurança, por HIRATA, M.H.; MANCINI FILHO, J. (Org.). São Paulo: Manole, 2002.
- TOBAR, F.; YALOUR, M.R. **Como fazer teses em saúde pública? Conselhos e idéias para formular projetos e redigir teses e informes de pesquisas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2004.
- VIEIRA, M.V.; SALGADO, M.S. **Ensaio sobre a importância da gestão integrada e biossegurança em projetos de laboratórios de pesquisa**. In: IV Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Rio de Janeiro, RJ, 2004.
- WERNECK, L.F. **Gestão da qualidade ambiental em edificações**. In: III Workshop Brasileiro de Gestão de Processo de Projeto de Edifícios, Belo Horizonte, MG, 2003.
- WHO, World Health Organization. **Managing biorisks in laboratory environments - WHO meeting**. Lyon, France, 2005.
- WIKIPEDIA. **Teoria das cores**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>. Acesso em: mai. 2006.



# Anexo I

Caderno de pesquisa de campo



## Curso de Doutorado em Arquitetura

Caro pesquisador,

Este caderno contém ferramentas a serem aplicadas com o objetivo de identificar características positivas e negativas de ambientes laboratoriais para trabalho em contenção biológica e é parte integrante da pesquisa de campo de tese sobre arquitetura de laboratórios NB3.

A Parte I refere-se à arquitetura de laboratórios NB3 e foi estruturada a partir de requisitos para concepção física levantados em pesquisa bibliográfica. Os critérios identificados são: localização e acesso à instalação, perímetro de contenção, provisão de utilidades e serviços, requisitos de conforto ambiental, incluindo aqueles regulatórios no país; superfícies e revestimentos, estrutura e leiaute do laboratório, ventilação e climatização. Esta parte será preenchida por mim, valendo-se de visita *in loco* para obtenção de parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade do ar, nível de pressão sonora e nível de iluminação, se não houver restrição de qualquer natureza para acesso à instalação, utilizando-se também as plantas dos projetos de arquitetura e engenharia do laboratório para obtenção de dados.

Solicita-se que o usuário da instalação responda à Parte II, dividida em quatro tópicos.

O primeiro consiste de sete perguntas referentes ao desempenho da instalação construída, a serem respondidas de forma objetiva, com comentários livres.

O segundo tópico consiste na apresentação de imagens pré-selecionadas de ambientes com funções semelhantes aos existentes no objeto de estudo em questão a título de sugestão visual, podendo incluir também imagens de ambientes não existentes, mas considerados desejáveis. Solicita-se que o usuário comente livremente as imagens que escolher, reconhecendo, a partir das imagens selecionadas, atributos positivos e atributos negativos com o intuito de identificar características ou elementos dos espaços que possam fornecer diretrizes a serem incorporadas ao projeto de arquitetura.

No terceiro tópico são apresentados leiautes de instalações para laboratório NB3 para que o usuário faça considerações livres sobre o projeto arquitetônico e condições de biossegurança oferecidas.

Concluindo a colaboração do usuário, solicita-se que ele se manifeste propondo mudanças na infra-estrutura física do seu laboratório.

A pesquisa de campo contempla, ainda, uma parte dirigida, através de pergunta aberta, ao arquiteto que projetou a instalação, sondando-se sobre as restrições à concepção arquitetônica em função das exigências de biossegurança requeridas para trabalho em laboratórios NB3.

Sua colaboração é muito importante!

Obrigada,

Valéria Michielin Vieira

Arquitetura de Laboratórios NB 3  
Instrumento de pesquisa

Parte I - Verificação *in loco* das instalações

LOCALIZAÇÃO E ACESSO				
	S	N	N/A	N/D
1. Laboratório afastado de áreas de circulação pública				
2. Acesso limitado a pessoal autorizado				
3. Acesso provido de sinalização de segurança				
4. Aberturas planejadas para permitir a passagem de equipamentos				
5. Portas de acesso providas de tranca				
6. Portas de acesso providas de sistema de controle				
7. Escritórios fora da área de contenção				
8. Antecâmara para acesso à área de contenção				
9. Intertravamento das portas da antecâmara, aceitando-se soluções visuais, sonoras ou protocolares				
10. Sistema emergencial de abertura manual das portas da antecâmara nos casos em que for adotado intertravamento				
11. Vestiário para paramentação da equipe com separação de áreas (não contaminada e contaminada)				
12. Chuveiro na antecâmara				
13. Áreas de contenção localizada nas proximidades dos sistemas mecânicos para fins de minimizar os riscos de contaminação das instalações				
14. Áreas de contenção afastadas das paredes do envelope externo da edificação				
15. Laboratório de apoio adjacente à área de contenção				

PERÍMETRO DE CONTENÇÃO				
	S	N	N/A	N/D
1. Autoclave dupla porta instalada, preferencialmente, com os componentes mecânicos no lado externo à área de contenção para facilitar o acesso de manutenção, ou autoclave simples no interior da contenção.				
2. Previsão, na barreira de confinamento, de guichê de passagem para os materiais que não podem ser descontaminados por calor sob pressão e necessitam de descontaminação química.				
3. Tratamento de efluentes antes de lançamento na rede de tratamento.				
4. Junções vedadas no nível do perímetro de contenção.				
5. Conduites e instalações selados.				
6. Janelas, caso existentes, seladas e construídas com vidro de segurança.				
7. Visores de observação instalados na barreira de contenção.				

UTILIDADES E SERVIÇOS				
	S	N	N/A	N/D
1. Previsão de lavatório (ou outros meios químicos) para descontaminação das mãos na proximidade da saída do laboratório.				
2. Lavatórios munidos de torneiras acionadas sem o uso das mãos.				
3. Lava-olhos.				
4. Previsão de instalação das CSB.				
5. Instalação hidráulica com dispositivo anti-refluxo e registro localizados próximos da barreira de contenção.				
6. Sifões de drenagem com selo hidráulico.				
7. Cilindros de gases comprimidos situados no exterior do laboratório.				
8. Linha de vácuo substituída por bomba portátil.				
9. Iluminação de emergência.				
10. Energia de emergência para os circuitos de iluminação, CSB, ventilação e equipamentos essenciais.				
11. Disjuntores localizados no exterior da área de contenção.				
12. Reatores de lâmpadas fluorescentes localizados no exterior da área de contenção.				
13. Sistema de comunicação entre a área de contenção e a área de suporte.				
14. Sistema de transmissão de dados entre a área de confinamento e o exterior.				

CONFORTO AMBIENTAL	
	Medição/observação
1. Temperatura efetiva (temperatura ambiente)	
2. Velocidade do ar	
3. Umidade	
4. Nível de ruído	
5. Nível de iluminação	
6. Qualidade do ar	
7. Cores - reflexão e contraste	

SUPERFÍCIES E REVESTIMENTOS				
	S	N	N/A	N/D
1. Superfícies de portas, portais e mobiliário não absorventes.				
2. Superfícies de trabalho resistentes a corantes, umidade, produtos químicos, calor e à formação mecânica de sulcos por impactos mecânicos típicos de laboratório.				
3. Superfícies contínuas, sem saliências e reentrâncias (é aceitável que as juntas entre paredes e juntas de piso sejam vedadas/soldadas).				
4. Continuidade entre piso e paredes, preferencialmente com acabamento arredondado.				
5. Revestimentos Laváveis e resistentes aos produtos químicos utilizados.				
6. Bancadas com rebordo para evitar derramamentos de líquidos e, ainda, sistema de drenagem.				
7. Tampos, gavetas, maçanetas, etc com acabamento arredondado.				
8. Frontispícios de bancadas próximas às paredes selados na junção com a mesma.				
9. Prateleiras para guarda de reagentes químicos providas de borda.				
10. Gavetas providas de limitador de curso.				
11. Portas do mobiliário sem fechamento autônomo.				
12. Especificação	Revestimentos			
Piso				
Paredes				
Teto				
Portas				
Janelas				
Mobiliário e equipamentos				

ESTRUTURA E LEIAUTE	
	Observação
1. Gradiente de risco	
2. Configuração da estrutura (incluir figura)	
3. Dimensões da área de contenção (número de CSB)	
4. Posicionamento das CSB	
5. Leiaute (periférico, península, ilha, misto)	

VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO				
	S	N	N/A	N/D
1. Tomada de ar 100% externa.				
2. Fluxo de ar unidirecional através da aplicação de diferencial de pressão segundo gradiente de risco.				
3. Visualização dos diferenciais de pressão através de manômetros.				
4. Sinalização visual e sonora na área de contenção e adjacências para alertar falha no sistema de ventilação (admissão de ar).				
5. Dutos de admissão de ar protegidos por mecanismo anti-refluxo através de damper automático ou pela instalação de filtro HEPA.				
6. Intertravamento do sistema de ventilação (admissão e exaustão) para evitar pressão positiva acidental no ambiente de contenção.				
7. Ar de exaustão filtrado por filtro HEPA. Este critério é recomendado, mas não obrigatório, nos caso em que a infecção individual não ocorre por inalação.				
8. Independência do sistema de exaustão do ar da área de contenção.				
9. Acesso aos sistemas de ventilação (casa de máquinas e filtros) pelo exterior da área de contenção para fins de manutenção e reparo.				
10. Dispositivos anti-refluxo e filtros HEPA instalados o mais próximo possível do perímetro de contenção.				
11. Dutos de exaustão, externos ao perímetro de contenção, selados.				



## 2.2 Sugestão visual

Observe o painel<sup>34</sup> e escolha, dentre as fotos apresentadas, aquelas imagens que sugerem aspectos positivos ou aspectos negativos para trabalho em pesquisa biológica. As observações a fazer podem ser em relação à ambiência dos locais, materiais de acabamento, mobiliário, equipamentos, cores, sensação de segurança ou conforto, etc. Os comentários podem ser verbalizados ou escritos.

2.3 Observe atentamente os arranjos<sup>35</sup> apresentados, referentes a instalações de laboratórios NB3, e faça considerações sobre o projeto arquitetônico e condições de biossegurança oferecidas. Os comentários são livres e podem ser verbalizados ou escritos.

2.4 Se você tivesse a oportunidade de modificar o laboratório, quais mudanças proporia?

---

<sup>34</sup> O painel foi apresentado aos entrevistados no formato A3.

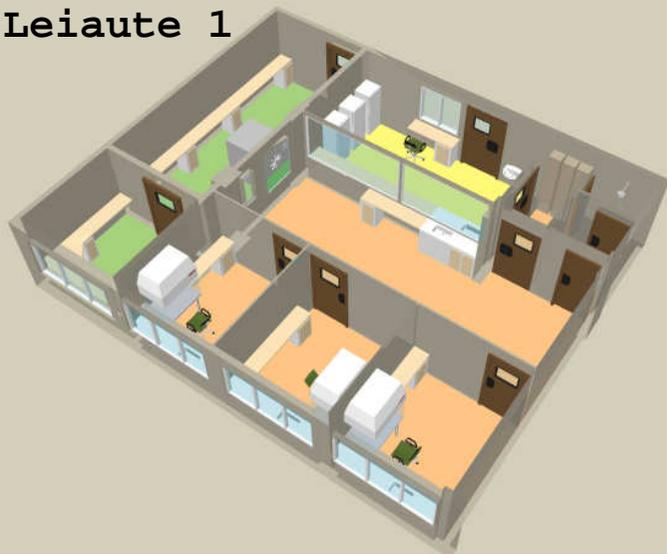
<sup>35</sup> O conjunto de arranjos foi apresentado aos entrevistados no formato A3.

# Instrumento de sugestão visual



Projeto arquitetônico e condições de biossegurança oferecidas

Leiaute 1



Leiaute 2



Leiaute 3



Leiaute 4



Arquitetura de Laboratórios NB 3  
Instrumento de Pesquisa

Parte III - Projetista

3. Na sua opinião, de que maneira as diretrizes de biossegurança interferem no desenvolvimento do projeto de arquitetura de laboratórios NB3? Justifique.



## Anexo II

Laboratórios NB3 no Brasil

# Laboratórios NB3 no Brasil

	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
1	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Hantavírus	Porto Alegre/RS
2	Instituto Pasteur Secretaria Estadual de Saúde	Rhabdovirus (produção de insumos)	São Paulo/SP
3	Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães FIOCRUZ	Yersinia pestis, hantavírus e Micobacterium tuberculosis	Recife/PE
4	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	Brasília/DF
5	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	Fortaleza/CE
6	Instituto Adolfo Lutz Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	São Paulo/SP
7	Centro de Pesquisa Gonçalo Moniz FIOCRUZ	HIV e Micobacterium tuberculosis	Salvador/BA
8	Fundação de Medicina Tropical Secretaria Estadual de Saúde	Hantavírus e arbovírus	Manaus/AM
9	Instituto Octávio Magalhães - FUNED Secretaria Estadual de Saúde	Arbovírus e rickettsias	Belo Horizonte/MG
10	Centro de Pesquisa em Medicina Tropical Secretaria Estadual de Saúde	Arbovírus (em obras)	Porto Velho/RO
11	Instituto Evandro Chagas Secretaria de Vigilância em Saúde	Arbovírus (produção de insumos) (em obras)	Ananindeua/PA
12	Centro de Referência Professor Hélio Fraga	Micobacterium tuberculosis (em obras)	Rio de Janeiro/RJ
13	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	Retrovírus e antraz	Rio de Janeiro/RJ
	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
14	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	Hantavírus e rickettsias	Rio de Janeiro/RJ

	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
15	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	HIV	Rio de Janeiro/RJ
16	BIOMANGUINHOS FIOCRUZ	Desenvolvimento de vacinas	Rio de Janeiro/RJ
17	UFPE	Micobacterium tuberculosis	Recife/PE
18	Laboratório Nacional Agropecuário	Influenza animal	Campinas/SP
19	Laboratório de Referência Animal Ministério da Agricultura	Aftosa	Pedro Leopoldo/MG
20	NB3 ICB/USP		São Paulo/SP
21	NB3 Baixo custo ICB/USP	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
22	NB3 de baixo custo Instituto Adolfo Lutz	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
23	NB3 de baixo custo	Vírus respiratórios	São José do Rio Preto/SP
24	NB3 de baixo custo	Vírus respiratórios	Botucatu/SP
25	NB3 de baixo custo Instituto de Medicina Tropical USP	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
26	NB3 de baixo custo Faculdade de Medicina/USP	Vírus respiratórios	Ribeirão Preto/SP
27	Hospital São Paulo - UNIFESP	Infecções respiratórias	São Paulo/SP
28	Hospital Universitário Clementino Fraga Filho UFRJ	Micobacterium tuberculosis (em obras)	Rio de Janeiro/RJ
29	Unifesp	Retrovírus	São Paulo/SP
30	Instituto Adolpho Lutz	Rickettsioses	São Paulo/SP
31	NB3 de baixo custo Ministério da Agricultura	Influenza aviária	Recife/PE

# Laboratórios NB3 no Brasil

	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
1	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Hantavírus	Porto Alegre/RS
2	Instituto Pasteur Secretaria Estadual de Saúde	Rhabdovirus (produção de insumos)	São Paulo/SP
3	Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães FIOCRUZ	Yersinia pestis, hantavírus e Micobacterium tuberculosis	Recife/PE
4	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	Brasília/DF
5	LACEN Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	Fortaleza/CE
6	Instituto Adolfo Lutz Secretaria Estadual de Saúde	Micobacterium tuberculosis	São Paulo/SP
7	Centro de Pesquisa Gonçalo Moniz FIOCRUZ	HIV e Micobacterium tuberculosis	Salvador/BA
8	Fundação de Medicina Tropical Secretaria Estadual de Saúde	Hantavírus e arbovírus	Manaus/AM
9	Instituto Octávio Magalhães - FUNED Secretaria Estadual de Saúde	Arbovírus e rickettsias	Belo Horizonte/MG
10	Centro de Pesquisa em Medicina Tropical Secretaria Estadual de Saúde	Arbovírus (em obras)	Porto Velho/RO
11	Instituto Evandro Chagas Secretaria de Vigilância em Saúde	Arbovírus (produção de insumos) (em obras)	Ananindeua/PA
12	Centro de Referência Professor Hélio Fraga	Micobacterium tuberculosis (em obras)	Rio de Janeiro/RJ
13	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	Retrovírus e antraz	Rio de Janeiro/RJ
	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
14	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	Hantavírus e rickettsias	Rio de Janeiro/RJ

	<b>Unidade</b>	<b>Finalidade das pesquisas</b>	<b>Localização</b>
15	Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ	HIV	Rio de Janeiro/RJ
16	BIOMANGUINHOS FIOCRUZ	Desenvolvimento de vacinas	Rio de Janeiro/RJ
17	UFPE	Micobacterium tuberculosis	Recife/PE
18	Laboratório Nacional Agropecuário	Influenza animal	Campinas/SP
19	Laboratório de Referência Animal Ministério da Agricultura	Aftosa	Pedro Leopoldo/MG
20	NB3 ICB/USP		São Paulo/SP
21	NB3 Baixo custo ICB/USP	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
22	NB3 de baixo custo Instituto Adolfo Lutz	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
23	NB3 de baixo custo	Vírus respiratórios	São José do Rio Preto/SP
24	NB3 de baixo custo	Vírus respiratórios	Botucatu/SP
25	NB3 de baixo custo Instituto de Medicina Tropical USP	Vírus respiratórios	São Paulo/SP
26	NB3 de baixo custo Faculdade de Medicina/USP	Vírus respiratórios	Ribeirão Preto/SP
27	Hospital São Paulo - UNIFESP	Infecções respiratórias	São Paulo/SP
28	Hospital Universitário Clementino Fraga Filho UFRJ	Micobacterium tuberculosis (em obras)	Rio de Janeiro/RJ
29	Unifesp	Retroviroses	São Paulo/SP
30	Instituto Adolpho Lutz	Rickettsioses	São Paulo/SP
31	NB3 de baixo custo Ministério da Agricultura	Influenza aviária	Recife/PE