

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

IGOR DOS REIS MALAGUTTI

**SEGURANÇA DO TRABALHO NOS LABORATÓRIOS DE ENSINO E
PESQUISA DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - UTFPR-LD**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2018

IGOR DOS REIS MALAGUTTI

**SEGURANÇA DO TRABALHO NOS LABORATÓRIOS DE ENSINO E
PESQUISA DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - UTFPR-LD**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro

Coorientadora: Profa. Dra. Sueli Tavares de Melo Souza

LONDRINA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Segurança do Trabalho nos laboratórios de ensino e pesquisa do curso
de Engenharia Ambiental - UTFPR-LD

por

Igor dos Reis Malagutti

Monografia apresentada no dia 20 de junho de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____
(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Msc. Camila Zoe Correa

Prof. Dra. Sueli Tavares de Melo Souza
(UTFPR)
Coorientador

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marilda e Valdir, pela minha existência neste pequeno planeta azul chamado Terra. Foi incomensurável o seu apoio para minha graduação durante todos estes anos.

À Professora Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro pela orientação, paciência e atenção durante o desenvolvimento deste trabalho, à coorientadora Professora Dra. Sueli Tavares de Melo Souza pelas sugestões que me foram passadas.

Aos brilhantes professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina pelos conhecimentos compartilhados durante a graduação e a todos servidores que trabalham todos os dias para permitir o funcionamento desta instituição.

RESUMO

MALAGUTTI, Igor dos Reis. **Segurança do Trabalho nos laboratórios de ensino e pesquisa do curso de Engenharia Ambiental - UTFPR-LD**. 2018. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

Usuários de laboratórios de ensino e pesquisa em universidades estão expostos a diversos riscos durante a realização de suas atividades. Por isso, é preciso conhecer todos os riscos para propor medidas preventivas de modo a evitar acidentes e garantir a saúde e segurança na realização das atividades. Este estudo teve como objetivo avaliar 19 laboratórios utilizados para aulas práticas do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Londrina, comparando-os com critérios estabelecidos em normas e legislações de Segurança do Trabalho. O uso de ferramentas como a Análise Preliminar de Risco - APR e a Lista de Verificação de Segurança – Checklist, se mostrou eficiente para a identificação das maiores deficiências relacionadas com a sinalização, estrutura física, materiais e equipamentos e proteção contra incêndio encontradas em cada laboratório e permitiu a proposta de medidas de controle. Foram confeccionados mapas de riscos para alertar os usuários sobre as principais fontes de risco, separados por seus critérios de gravidade e probabilidade e as cores respectivas de seus grupos.

Palavras-chave: análise preliminar de risco, lista de verificação, mapa de risco.

ABSTRACT

MALAGUTTI, Igor dos Reis. **Segurança do Trabalho nos laboratórios de ensino e pesquisa do curso de Engenharia Ambiental - UTFPR-LD.** 2018. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

Users of teaching and research laboratories in universities are exposed to several risks during the performance of their activities. Therefore, it is necessary to know all the risks to propose preventive measures in order to avoid accidents and to guarantee the health and safety in the accomplishment of the activities. This study aimed to evaluate 19 laboratories used for practical classes in the Environmental Engineering course of the Federal Technological University of Paraná - Câmpus Londrina, comparing them with criteria established in norms and legislation of Work Safety. The use of tools such as the Preliminary Risk Analysis - APR and the Checklist of Safety - proved to be efficient for the identification of major deficiencies related to the signaling, physical structure, materials and equipment and fire protection found in each laboratory and allowed the proposal of control measures. Risk maps were prepared to alert users to the main sources of risk, separated by their severity and probability criteria and the respective colors of their groups.

Keywords: preliminary risk analysis, checklist, risk map.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Evolução do número de acidentes do trabalho no Brasil.	20
Figura 2: Classificação dos riscos ambientais quanto a sua cor e grupo.	24
Figura 3: Localização da área de estudo	29
Figura 4: Medidor de Estresse Térmico Portátil TGD-300 Instrutherm.....	36
Figura 5: Medidor de nível de pressão sonora DEC-430 Instrutherm	36
Figura 6: Medidor de CO ₂ e U.R% digital portátil Homis 269	36
Figura 7: Medidor de intensidade de Lux digital LD-200 Instrutherm	36
Figura 8: Fluxograma para o processo de elaboração dos mapas de riscos	38
Figura 9: Fluxograma para procedimento segundo dados da lista de verificação de segurança (Checklist).....	42
Figura 10: Representação gráfica dos riscos	43
Figura 11: Representação de riscos de mesma gravidade	43
Figura 12: Representação para denotar risco físico em todo o ambiente	44
Figura 13: Disposição dos laboratórios avaliados no Câmpus	45
Figura 14: Resultado da checklist, laboratório K008	46
Figura 15: Resultado da checklist, laboratório K009	47
Figura 16: Resultado da checklist, laboratório K010	47
Figura 17: Mufla e equipamentos sobre bancada	48
Figura 18: Elementos do laboratório de química, sinalização e organização.....	48
Figura 19: Produtos químicos sobre a bancada	49
Figura 20: Capela com recipiente para descarte de ácidos	50
Figura 21: Posicionamento inadequado de equipamento no interior da capela	50
Figura 22: Posição ideal para equipamentos no interior da capela.....	50
Figura 23: Resultado da checklist, laboratório A307	52
Figura 24: Bancada com pias para lavagem de vidrarias.....	53
Figura 25: Resultado da checklist, laboratório A308	53
Figura 26: Instalação elétrica adaptada de forma insegura.....	54
Figura 27: Tomadas elétricas sem identificação de voltagem.....	54
Figura 28: Capela vazia	55
Figura 29: Autoclave para esterilizações.....	55
Figura 30: Resultado da checklist, laboratório B301	56
Figura 31: Módulos de aulas práticas presentes no laboratório	57

Figura 32: Capela desativada e equipamentos armazenados em seu interior	57
Figura 33: Bancada com equipamentos utilizados na disciplina	58
Figura 34: Organização das mesas dos alunos	58
Figura 35: Resultado da checklist, laboratório S001	60
Figura 36: Obstrução de extintor de incêndio e chuveiro de segurança.....	60
Figura 37: Obstrução de extintor de incêndio.....	60
Figura 38: Produtos químicos armazenados no chão e acúmulo de materiais	61
Figura 39: Desgaste por infiltração de chuva e escoamento sobre conduíte eletrificado	61
Figura 40: Resultado da checklist, laboratório S002	61
Figura 41: Obstrução de câmara da capela e do extintor.....	62
Figura 42: Extintor com baixa pressão para funcionamento	62
Figura 43: Resultado da checklist, laboratório S003	62
Figura 44: Conduíte fixado em local de movimentação de pessoas	63
Figura 45: Ponto de fixação de conduíte elétrico sobre o nível do pavimento	63
Figura 46: Estufa externa para atividades de compostagem	65
Figura 47: Ferramentas para revolvimento de leiras e organização da estufa.....	65
Figura 48: Mesas para secagem de solo em estufa.....	66
Figura 49: Estufa casa de vegetação	66
Figura 50: Avaliação quantitativa de iluminância dos laboratórios	68
Figura 51: Avaliação quantitativa da concentração de dióxido de carbono	69
Figura 52: Avaliação quantitativa do ruído	70
Figura 53: Avaliação quantitativa do IBUTG para os laboratórios	71
Figura 54: Avaliação quantitativa da Umidade Relativa	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Laboratórios de uso exclusivo do curso de Engenharia Ambiental na UTFPR Londrina	30
Tabela 2: Laboratórios de uso comum dos cursos da UTFPR Londrina	30
Tabela 3: Parâmetros quantitativos analisados conforme a legislação vigente.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelo de APR para identificação dos riscos ambientais	26
Quadro 2: Limites de tolerância para exposição ao calor.....	33
Quadro 3: Caracterização do trabalho realizado conforme a atividade.....	33
Quadro 4: Limites de tolerância a exposição de ruídos contínuos ou intermitentes..	34
Quadro 5: Modelo de APR para avaliação do ambiente	37
Quadro 6: Resultado do produto para a classificação do risco	37
Quadro 7: Normas regulamentadoras para o preenchimento do Checklist.....	39
Quadro 8: Modelo de checklist para o levantamento de dados.....	39
Quadro 9: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Química (Bloco K).....	51
Quadro 10: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Microbiologia e Ecologia Teórica e Aplicada (Bloco A)	55
Quadro 11: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratório de Energia (Bloco B).....	57
Quadro 12: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Física (Bloco K).....	58
Quadro 13: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios do bloco S ...	64
Quadro 14: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Estufas	66
Quadro 15: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Informática (Bloco K).....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APR	Análise Preliminar de Risco
CEFET-PR	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná
CIE	International Commission of Illumination
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CO₂	Dióxido de Carbono
dB	Decibéis
DIRPLAD	Diretoria de Planejamento e Administração
DNT	Departamento Nacional do Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duplat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
G	Gravidade
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	International Organization for Standardization
LD	Londrina
Lux	Iluminância
m²	Metro quadrado
MOI	Modelo Operário Italiano
N.A	Não aplicável
NBR	Norma Brasileira
nº	Número
NR	Norma Regulamentadora
°C	Graus Celsius
P	Probabilidade
POP	Procedimento Operacional Padrão
ppm	Partes por milhão

SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia e em Medicina do Trabalho
Tbn	Termômetro de Bulbo Natural
Tbs	Termômetro de Bulbo Seco
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
Tg	Termômetro de Globo
U.R.	Umidade Relativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO DE MEIO AMBIENTE NO BRASIL.....	17
3.2 ENGENHARIA AMBIENTAL NA UTFPR-LD	17
3.3 SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS	18
3.4 SEGURANÇA DO TRABALHO	19
3.4.1 Acidentes de trabalho	21
3.5 RISCOS AMBIENTAIS	22
3.6 LIMITE DE TOLERÂNCIA	24
3.7 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO – APR.....	25
3.8 LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST)	26
3.9 MAPAS DE RISCO.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 ÁREA DE ESTUDO	29
4.2 COLETA DE DADOS.....	31
4.2.1 Estrutura física	31
4.2.2 Atividades realizadas	31
4.2.3 Avaliação Quantitativa	32
4.2.4 Análise Preliminar de Risco - APR.....	36
4.2.5 Lista de verificação - Checklist	39
4.3 MAPAS DE RISCO.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA.....	45
5.1.1 Laboratórios de Química (Bloco K).....	45
5.1.2 Laboratórios de Microbiologia e Ecologia Teórica e Aplicada (Bloco A)....	52
5.1.3 Laboratório de Energia (Bloco B).....	56
5.1.4 Laboratórios de Física (Bloco K).....	58
5.1.5 Laboratórios do Bloco S e Estufas.....	59

5.1.6 Laboratórios de Informática (Bloco K).....	67
5.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	67
5.2.1 Iluminância.....	67
5.2.2 CO ₂	68
5.2.3 Ruído	69
5.2.4 IBUTG	70
5.2.5 Umidade Relativa.....	71
5.3 MAPAS DE RISCO	72
6. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1. INTRODUÇÃO

A transformação do meio ambiente está diretamente relacionada as atividades de engenharia, seja pelas necessidades da urbanização, da fabricação de produtos, da geração de energia elétrica, do aumento da produtividade agrícola ou da melhoria das condições de vida das populações. Quando não há qualquer tipo de controle destas atividades, as consequências para o meio ambiente podem ser terríveis e irreparáveis (MOTA, 2006).

Devido ao progresso tecnológico mundial acelerado a partir da revolução industrial, a capacidade da humanidade em controlar a matéria através das leis da física e de consumir recursos naturais trouxe uma mudança na maneira de como as engenharias interagem com o meio ambiente. Os profissionais de engenharia passaram a considerar os princípios de causa e efeito no meio ambiente em seus projetos, antecipando os impactos ambientais e propondo estratégias de prevenção e mitigação. Da mudança das relações de engenharia e meio ambiente, surge a profissão da Engenharia Ambiental (CALIJURI E CUNHA, 2013).

Como todo curso de engenharia é fortemente fundamentado nas ciências básicas e na aplicação de conceitos - o curso de Engenharia Ambiental segue este modelo através do uso de laboratórios para práticas de ensino garantindo desta forma uma formação mais sólida, pois é preciso estabelecer relações entre a teoria e a prática, através de observações de fenômenos e sistemas. Devido à variedade de tarefas realizadas nestes ambientes e o número de máquinas, produtos químicos e equipamentos utilizados, os laboratórios apresentam situações causadoras de risco, que podem ser avaliadas pelo olhar da segurança do trabalho.

O controle destes riscos é feito através de leis, normas e decretos, de forma a garantir a saúde e a segurança de todos os envolvidos nas tarefas. Aliado aos aspectos legais, há também o fator da educação, que possibilita o indivíduo assimilar práticas de prevenção garantindo o controle efetivo de situações causadoras de danos à saúde e ao meio ambiente (LUNETTA; HOFSTEIN, 2004; RANGEL et al., 2014).

Diversas técnicas estabelecidas pela segurança do trabalho podem ser utilizadas para o controle eficiente dos riscos existentes nos ambientes de trabalho. O ideal é a escolha de uma série de ferramentas para se obter uma descrição sucinta

dos ambientes estudados, evitando com isso situações adversas que acarretam prejuízos aos indivíduos e às organizações (MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Diante do exposto acima, este trabalho abordou a segurança do trabalho nos laboratórios de ensino e pesquisa utilizados pelo curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Câmpus Londrina.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar as condições de saúde e segurança do trabalho nos laboratórios de ensino e pesquisa do curso de Engenharia Ambiental do Câmpus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a condição atual dos laboratórios pelo aspecto da segurança do trabalho;
- Avaliar as principais atividades realizadas;
- Coletar dados qualitativos e quantitativos, utilizando a Análise Preliminar de Risco – APR e a Lista de Verificação de Segurança – *Checklist*;
- Elaborar o mapa de riscos para os ambientes avaliados e propor medidas de controle e melhorias de modo a garantir saúde e a segurança dos usuários.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO DE MEIO AMBIENTE NO BRASIL

Conforme descreve Reis et al., (2005), a evolução dos cursos superiores em meio ambiente no Brasil iniciou-se a partir da abordagem do tema em diversas disciplinas, distribuídas entre vários cursos de graduação nos anos 1970 a 1980, principalmente devido à preocupação ambiental e consequências adversas de acidentes ambientais no âmbito social e econômico.

Nos anos 90 a disponibilidade de cursos superiores em meio ambiente aumentou drasticamente, sobretudo devido as:

Legislações federais e estaduais cada vez mais rígidas, a crescente pressão da sociedade por empreendimentos mais sustentáveis e a necessidade das grandes empresas de possuírem Sistemas de Gestão Ambiental para conseguirem novos mercados (REIS et al., 2005 pg. 6).

Nos dias atuais, os problemas ambientais são complexos e não mais confinados a um único aspecto. A Engenharia Ambiental se destaca neste ponto justamente pela formação do Engenheiro Ambiental ser mais ampla. O profissional tem sua formação bem fundamentada em aspectos físicos, químicos e biológicos, abrangendo desde a ciência básica até tecnologias desenvolvidas especificamente para aplicações no meio ambiente e em processos naturais (CALIJURI; CUNHA, 2013; MIHELIC; AUER, 1998).

A área de atuação da Engenharia Ambiental foi criada pela Portaria 1.693 de 5 de dezembro de 1994 (ANEAM, 2013). Na matriz do curso existem as seguintes disciplinas: geologia, climatologia, hidrologia, ecologia geral e aplicada, hidráulica, cartografia, recursos naturais, poluição ambiental, impactos ambientais, sistemas de tratamento de água e de resíduos, legislação e direito ambiental, saúde ambiental, planejamento ambiental e sistemas hidráulicos e sanitários e também a biologia entra na formação básica do Engenheiro Ambiental (BRASIL, 1994).

3.2 ENGENHARIA AMBIENTAL NA UTFPR-LD

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR foi criada a partir do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR, através da Lei

11.284 de 07 de outubro de 2005. Esta transformação permitiu à instituição a criação de programas de cursos superiores, a emissão de diplomas de terceiro grau e o aumento do envolvimento com órgãos de pesquisas (CANZIANI, 2017).

O curso de Engenharia Ambiental começou a funcionar na UTFPR - LD no ano de 2008, com o objetivo de formar profissionais de engenharia preparados para atuar na área do meio ambiente com conhecimentos do ambiente físico, biológico e antrópico e capacitados para a utilização de instrumentos, técnicas e metodologias que permitem a conservação do meio ambiente relacionadas as intervenções humanas. Além de uma formação sólida bem definida para acompanhar a evolução tecnológica, e aliada ao aspecto humanista e gerencial, o curso possui forte ênfase nas atividades práticas que preparam o profissional para a carreira através de aulas de laboratórios, aplicações e simulações propostas durante a graduação (UTFPR, 2012).

Estas atividades práticas são fundamentais para consolidar a teoria e permitem o uso de instrumentos, discussões e análises de problemas, que possibilitam o debate de diversas situações abordadas através do aspecto científico. Os experimentos demonstram fenômenos e possibilitam a formação de hipóteses e a análise de dados, que juntas contribuem para a formação do conhecimento necessário, no aprimoramento das habilidades de observação e no manuseio dos diversos equipamentos dos laboratórios (RANGEL et al., 2014; LEITE; SILVA; VAZ, 2005).

Segundo Rangel et al., (2014), para instituições que oferecem cursos superiores de engenharia no Brasil, aulas práticas são obrigatórias. Estas aulas devem ser ministradas com segurança, seguindo diversas normas e procedimentos que garantam a “qualidade do ensino e qualidade de vida e do meio ambiente” (RANGEL et al, 2014).

3.3 SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS

Rangel et al., 2014 descreve

“Os laboratórios universitários são ambientes de trabalho particulares em função de seus objetivos, que são voltados para o ensino, pesquisa e extensão. Nestes ambientes laboratoriais estão presentes máquinas, equipamentos e produtos químicos, considerados fatores de risco em potencial. A implementação de normas e procedimentos de segurança para

as práticas de ensino em laboratórios de engenharia é medida de grande importância, contribuindo para minimizar ou eliminar os riscos que envolvem as atividades laboratoriais, comprometendo a qualidade do ensino, a saúde e o meio ambiente” (RANGEL et al, 2014).

Em um estudo pioneiro internacional, apresentado por Zolandz e Gibson, 2013, envolvendo os Estados Unidos, Reino Unido, China, Japão e mais alguns países da Europa, foram questionados 2.400 pesquisadores a respeito da percepção da segurança em seus laboratórios. O estudo surgiu a partir de uma iniciativa dos Estados Unidos após a morte de uma assistente de laboratório de 23 anos, em um acidente que ocorreu na Universidade da Califórnia em Los Angeles.

Conforme o resultado do estudo, alguns dos participantes alegam que os ferimentos fazem parte da rotina de trabalho, e em um dos casos houve um acidente com ácido sulfúrico derramado sobre o rosto e as mãos de um pesquisador, cujos custos de tratamento dermatológico ficaram em torno de 3.000 dólares. Cerca de 30% dos entrevistados responderam já terem presenciado algum tipo de lesão grave no laboratório, enquanto que mais de 25% dos pesquisadores júniores entrevistados sofreram lesões e não as reportaram para seus supervisores. O estudo ainda identificou que apesar da maioria dos pesquisadores acreditar que seu ambiente de trabalho era seguro, aproximadamente 50% destes haviam sofrido algum tipo de lesão durante as atividades nos laboratórios (ZOLANDZ; GIBSON, 2013).

3.4 SEGURANÇA DO TRABALHO

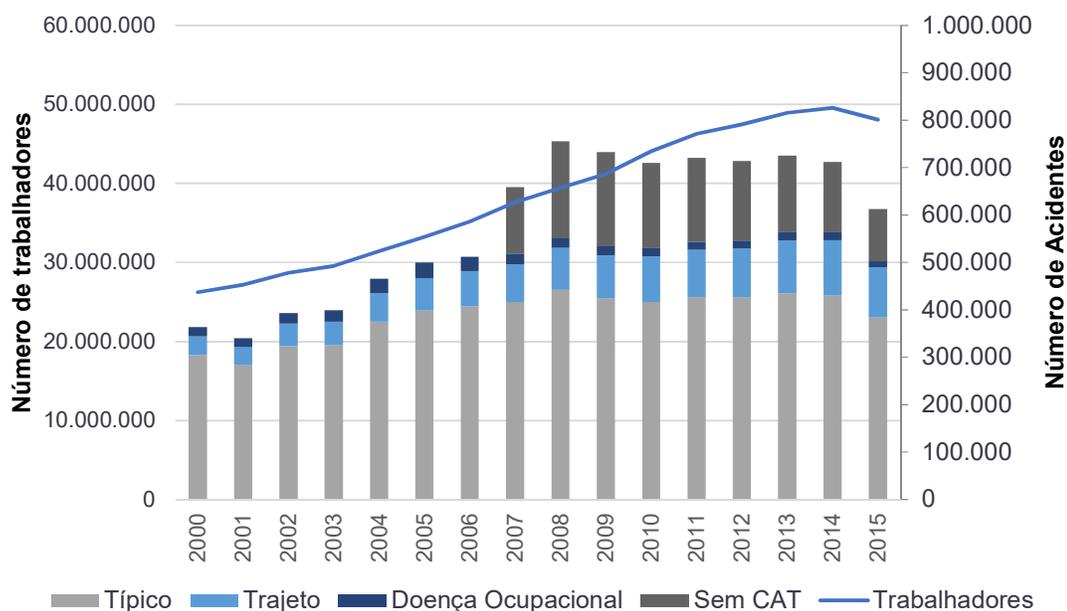
A Segurança do Trabalho pode ser definida

como uma série de medidas técnicas, administrativas, médicas e, sobretudo, educacionais e comportamentais, empregadas a fim de prevenir acidentes, e eliminar condições e procedimentos inseguros no ambiente de trabalho (FERREIRA; PEIXOTO, 2012).

O Brasil evoluiu na prevenção de acidentes a partir destas medidas. No final da década de 1970 o número de trabalhadores registrados era 17.637.127 e o número médio de acidentes anual era 1.575.566. Estes números representaram um período onde mais de 10% dos trabalhadores brasileiros sofriam algum tipo de acidente. As décadas passaram e no final dos anos 1990 o número de trabalhadores saltou para os 24.993.265, porém com um número de acidentes anuais médio de 470.210, o que representou uma queda da proporção de 10% de acidentes em períodos anteriores

para menos de 2% na virada do século. Em 2013 o número de trabalhadores registrados era 48.696.533 com o número médio anual de acidentes nos 715.500. Houve um aumento no número de acidentes, porém devido a disponibilidade de novos postos de trabalho e as medidas prevencionistas, essa proporção ainda foi reduzida para a marca dos 1.5% (ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO, 2017). A Figura 1 mostra através de um gráfico a evolução do número de acidentes.

Figura 1: Evolução do número de acidentes do trabalho no Brasil.



Fonte: Anuário Brasileiro de Proteção, 2017

No Brasil, a primeira lei que introduziu a ideia do acidente de trabalho foi o Decreto Legislativo 3.724 de 15 de janeiro de 1919. Anos mais tarde, foi criado o Departamento Nacional do Trabalho (DNT), através do Decreto 19.667, de 4 de fevereiro de 1931. Este decreto atribuía a organização, higiene e segurança do trabalho como responsabilidade do DNT, o qual foi incorporado ao do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1919, 1931; KORNIS, sem data).

Segundo Toledo, 2008 apud Rangel et al., 2014 somente a partir da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) pelo Decreto 5.452 de 01 de janeiro de 1943 que as legislações relacionadas a previdência social, organização sindical, justiça e segurança do trabalho foram reunidas. Na sequência sugeriram as Normas Regulamentadoras – NR's, aprovadas pela Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978 (BRASIL, 1943, 1978; RANGEL et al., 2014).

Atualmente existem 36 NR's. Todas estas normas dispõem sobre temas relativos a segurança do trabalho nas mais diversas áreas de atuação profissional no Brasil (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2015).

Segundo dispõe a NR 1, estabelecida pela Portaria 3.214, de 08 de junho de 1978, atualizada pela Portaria 84 de 04 de março de 2009, as NR devem ser observadas por empresas públicas e privadas, bem como órgãos públicos de administração direta e indireta. As NR's se aplicam em empresas ou entidades que necessitem de serviços de profissionais avulsos, as quais devem observar as disposições de segurança estabelecidas por estas normas.

Esta disposição contida na NR 1 não limita as empresas a cumprirem outras disposições estabelecidas relativas a segurança do trabalho, pois existem regulamentações oriundas de Estados ou Municípios, ou advindas de convenções e acordos coletivo de trabalho (BRASIL, 1978).

Por fim, para a prevenção de acidentes ocorridos nos ambientes de trabalho, foi desenvolvido todo um aporte legal que visa garantir o direito à saúde e a segurança dos trabalhadores. Esse aporte é feito através de Leis, Portarias, Decretos e Normas Regulamentadoras (RANGEL et al., 2014).

3.4.1 Acidentes de trabalho

Conforme o artigo 19 da Lei 8.213 de 24 de julho de 1991, o termo acidente de trabalho é definido como qualquer situação decorrente do trabalho capaz de ocasionar “lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (BRASIL, 1991).

As doenças profissionais também são reconhecidas como acidentes de trabalho, e são definidas como

doenças inerentes a determinado ramo de atividade, paulatinamente contraídas em função da exposição continuada a algum agente agressor presente no local de trabalho (BRASIL, 1991; MATTOS; MÁSCULO, 2011).

O acidente de trajeto se equipara ao acidente de trabalho quando é sofrido, mesmo que fora de expediente e do local de trabalho, no percurso tomado pelo empregado de sua residência para o trabalho ou vice-versa, independentemente do

transporte utilizado, mesmo quando este for particular do empregado (MATTOS; MÁSCULO, 2011; BRASIL, 1991).

Estas definições, segundo Mattos e Másculo, 2011, exigem melhorias do ponto de vista prevencionista, pois consideram apenas como acidente de trabalho situações que acarretam lesões. Para a efetiva prevenção de um acidente é necessário considerar “todo evento inesperado e indesejável que interrompe a rotina normal de trabalho, podendo gerar perdas pessoais, materiais ou pelo menos perda de tempo”. Esses eventos têm sua origem de uma série de fatores conhecidos como riscos ambientais.

3.5 RISCOS AMBIENTAIS

O risco ambiental para a segurança do trabalho é definido como uma série de fatores e eventos com probabilidade de causar lesão corporal ou danos à saúde, porém deve se afirmar que a simples presença de tais fatores no ambiente nem sempre acarretará acidentes, uma vez que existem normas e procedimentos específicos para cada atividade, permitindo o controle de tais riscos no ambiente de trabalho (BRASIL, 2006; SANGIONI et al., 2013).

A Norma Regulamentadora nº 9 define os riscos ambientais conforme

os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador (BRASIL, 1978).

Os diferentes tipos de risco são os separados como:

- Riscos físicos: caracterizados como as diferentes formas de energia em um ambiente de trabalho que se propagam pelo meio físico. Estes riscos podem se manifestar de forma pontual ou distribuída no ambiente. A exposição a estas formas de energia pode trazer efeitos nocivos aos trabalhadores, dependendo da sua intensidade. Um risco físico não necessariamente causa lesões aos trabalhadores expostos de forma imediata. Estas lesões podem ocorrer de forma gradativa, onde o problema só será percebido após longos períodos de exposição (BRASIL, 1978; MATTOS; MÁSCULO, 2011);
- Riscos químicos: são caracterizados como substâncias, compostos ou produtos que tem capacidade de penetrar no organismo, seja por via

respiratória, cutânea ou por ingestão. Estes riscos podem ser classificados conforme sua natureza química, concentração e estado, que pode ser gasoso, líquido, sólido ou na forma de partículas suspensas (BRASIL, 1978; MATTOS; MÁSCULO, 2011);

- Riscos biológicos: são provenientes de atividades que envolvem a interação com seres vivos, principalmente os micro-organismos, estes podem ser nocivos aos manipuladores. Outro fator que também origina o risco biológico é a falta de higiene no ambiente de trabalho, contribuindo para o surgimento de vetores de doenças e animais peçonhentos (MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Além dos riscos acima já citados, ainda se tem os riscos ergonômicos e o de acidentes, definidos como:

- Risco ergonômico: refere-se à adaptação do ambiente de trabalho às características psicológicas e físicas dos trabalhadores para se obter o máximo de conforto, produtividade e segurança. Os fatores que determinam a existência deste risco estão associados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, incluindo também as características do mobiliário, de equipamentos, do posto de trabalho e da própria organização das atividades (BRASIL, 1978);
- Riscos de acidente: diferentemente dos fatores causadores dos riscos físicos, os riscos de acidentes interagem na forma do contato direto ao trabalhador exposto e concentrado em pontos específicos do ambiente de trabalho. Esta interação tem caráter agressivo e pode acarretar em lesões graves, pois ocorre de forma abrupta. Riscos de choques elétricos e incêndios também são considerados como riscos de acidentes (MATTOS; MÁSCULO, 2011; SANTOS, 2009).

A classificação dos riscos ambientais, portanto, é separada em 5 grupos, cada um representado conforme sua cor específica ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Classificação dos riscos ambientais quanto a sua cor e grupo.

Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Risco Químico	Risco Físico	Risco Biológico	Risco Ergonômico	Risco de Acidentes
Poeira	Ruído	Vírus	Trabalho físico pesado	Arranjo físico inadequado
Fumos Metálicos	Vibração	Bactérias	Posturas incorretas	Máquinas sem proteção
Névoas	Radiações ionizantes e não ionizantes	Protozoários	Treinamento inadequado/inexistente	Ferramentas defeituosas ou inexistentes
Vapores	Pressões anormais	Fungos	Jornadas prolongadas de trabalho	Iluminação deficiente
Gases	Temperatura extrema	Bacilos	Trabalho noturno	Eletricidade
Produtos químicos	Frio / Calor	Parasitas	Tensões emocionais	Armazenamento inadequado
Substâncias, compostos	Umidade	Animais	Desconforto/Monotonia	Equipamentos defeituosos
Outros	Outros	Outros	Outros	Outros

Fonte: Adaptado de Santos, 2009

3.6 LIMITE DE TOLERÂNCIA

O limite de tolerância refere-se ao nível máximo de concentração ou intensidade de um fator de risco ambiental, considerando sua natureza e o tempo total de exposição, que não irão causar danos à saúde do trabalhador ao longo de sua vida laborativa, caso contrário o ambiente será caracterizado como insalubre (BRASIL, 1978). Conhecer esses fatores de riscos no ambiente de trabalho é importante para estabelecer técnicas de melhorias (Benite, 2004).

Segundo Benite, (2004), a partir da identificação e da avaliação dos riscos, os ambientes de trabalho insalubres exigem intervenções para mitigação ou adequação das fontes de tais fatores. Estas intervenções ocorrem através das medidas de controle e tem caráter preventivo ou corretivo:

- Medidas de controle de caráter preventivo são medidas que visam o controle de uma fonte de risco conhecida, evitando que o risco venha a ser concretizado em um acidente ou doença, cujas consequências

muitas vezes podem ser graves e irreversíveis (FLORENCE; CALIL, 2003).

- Medidas de controle de caráter corretivo são descritas como “medidas tomadas para eliminar a(s) causa(s) raiz de não conformidades, acidentes ou incidentes identificados, a fim de prevenir sua repetição” (MIRANDA, 2000).

3.7 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO – APR

Hökerberg et al, (2006), afirma que a análise dos riscos é composta de diversos procedimentos para verificar a possibilidade e o grau de danos à saúde devido a exposição a um fator de risco.

Seiver, (1998) apud Benite, (2004), discorre que a metodologia da Análise Preliminar de Risco – APR foi criada para identificar riscos em operações de estudo e de projeto, mas indica que a APR também pode ser utilizada na avaliação de ambientes existentes. Esta metodologia é relevante, pois pode ser adotada quando não há o conhecimento prévio dos perigos existentes em diversos procedimentos e tem caráter de revisão quando certos aspectos passam despercebidas. A APR também pode ser aplicada quando os sistemas analisados são inéditos ou não possuem qualquer semelhança com outros já existentes (MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Brown, (1998), sugere que a APR deve seguir um formato padrão em quadro, onde, para cada grupo de risco identificável, são dispostos os agentes de risco, seus efeitos nocivos e as medidas de controle propostas.

Benite, (2004), apresenta um modelo de APR para identificar os riscos de forma padronizada conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Modelo de APR para identificação dos riscos ambientais

Análise Preliminar de Risco - APR				
Identificação do ambiente avaliado				
Identificação de perigos			Avaliação de risco	
Risco	Situação	Danos	Probabilidade P	Gravidade G
Grupo de risco e risco identificado	Atividade potencializadora do risco	Consequência da exposição ao risco	(1, 2 ou 3)	(1, 2 ou 3)

Fonte: Adaptado de Benite, 2004

Após a identificação dos perigos, a avaliação é feita a partir de um código que vai de 1 a 3, considerando a probabilidade e a gravidade, descritas como:

- Probabilidade de ocorrência P: descrito como grau 1 (muito difícil de ocorrer), grau 2 (provável que ocorra) e grau 3 (extremamente provável que ocorra);
- Gravidade do dano G: Graduado de 1 a 3, respectivamente descrito como baixo (Lesões menores e situações que não impeçam a realização da atividade), médio (Lesões ou situações que exijam o encerramento imediato das atividades por um tempo determinado para a recuperação da capacidade total de realização da atividade) e alto (Lesões com graves ferimentos, doenças, amputações, contaminações que acarretem impossibilidade da realização da atividade ou morte) (BENITE, 2004; MATTOS; MÁSCULO, 2011).

A APR é uma ferramenta adequada para a identificação de riscos e recomendações de melhoria, porém não é a mais indicada para o controle das fontes específicas de riscos. Técnicas complementares são necessárias para o melhor controle destas fontes. Uma técnica complementar que pode ser utilizada é a da Lista de verificação (*Checklist*), pois indica as conformidades e não-conformidades relacionadas a padrões de segurança estabelecidos na legislação e normas técnicas (CARDELLA, 2008).

3.8 LISTA DE VERIFICAÇÃO (*CHECKLIST*)

Segundo Cardella, (2008), as listas de verificações podem ser utilizadas em diversas situações. Uma vez conhecidos os riscos presentes em um objeto de estudo,

é realizada a comparação entre a situação atual do objeto e os parâmetros de segurança ideais. Esta técnica tem boa eficiência e aplicabilidade, pois permite o controle direto, através de propostas de medidas de controle, das fontes de riscos nos diversos ambientes de trabalho.

O checklist consiste em uma lista de perguntas pré-determinadas onde o avaliador irá determinar as características do ambiente estudado. As questões devem identificar as expectativas de adequação para o setor de forma clara e objetiva, evitando ambiguidades. Deve-se avaliar com cuidado os critérios estabelecidos, pois a avaliação dos resultados pode ser realizada tanto de forma pontual, resposta por resposta, quanto proporcional à quantidade de questões totais e fontes de riscos mais graves podem passar despercebidas em relação a totalidade da checklist e outras ferramentas devem ser adotadas (RIDLEY; CHANNING, 2003)

3.9 MAPAS DE RISCO

O mapa de risco começou a ser implementado no Brasil a partir dos anos 80, seu modelo foi baseado nas propostas do MOI – Modelo Operário Italiano. Um dos objetivos do MOI era a luta sindical pela saúde nos locais de trabalho. O modelo foi introduzido no país seguindo duas vias: a primeira abrangendo os sindicatos e as universidades, e a segunda devido à Fundação Jorge Duplat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO (SOUZA; ATHAYDE; LACOMBLEZ, 2013; MATTOS; FREITAS, 1994).

No Brasil, a obrigatoriedade da identificação dos riscos no ambiente de trabalho é estabelecida pela NR nº 9, que atribui a elaboração dos mapas como responsabilidade da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). A utilização do mapa de risco tem como função principal a conscientização dos trabalhadores sobre os riscos presentes no ambiente de trabalho (SANTOS, 2009). Os motivos que levam as empresas a elaborarem seus mapas de riscos são: o mapa é previsto pela legislação, sua elaboração é relativamente simples e possibilita o acompanhamento dos trabalhadores no desenvolvimento do documento (HÖKERBERG et al., 2006).

O mapa de risco consiste na representação dos fatores de risco inerentes de diversos componentes do ambiente de trabalho como: máquinas, ferramentas,

matérias-primas, construções, processos, rotinas, posturas e mais uma série de situações. Esta infinidade de fatores interage com os trabalhadores no ambiente por meio dos riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes específicos de cada atividade realizada. Estes riscos, quando presentes no ambiente, são classificados conforme seu potencial de danos à saúde e probabilidade de ocorrência (SEGPLAN, sem data; SANTOS, 2009, MATTOS; FREITAS, 1994).

A elaboração do mapa de risco contribui para ações preventivas dos trabalhadores expostos aos riscos identificados. Essa identificação permite melhorar as condições do ambiente controlando as fontes geradoras de risco e tem como resultado a qualidade de vida e profissional (SANTOS, 2009).

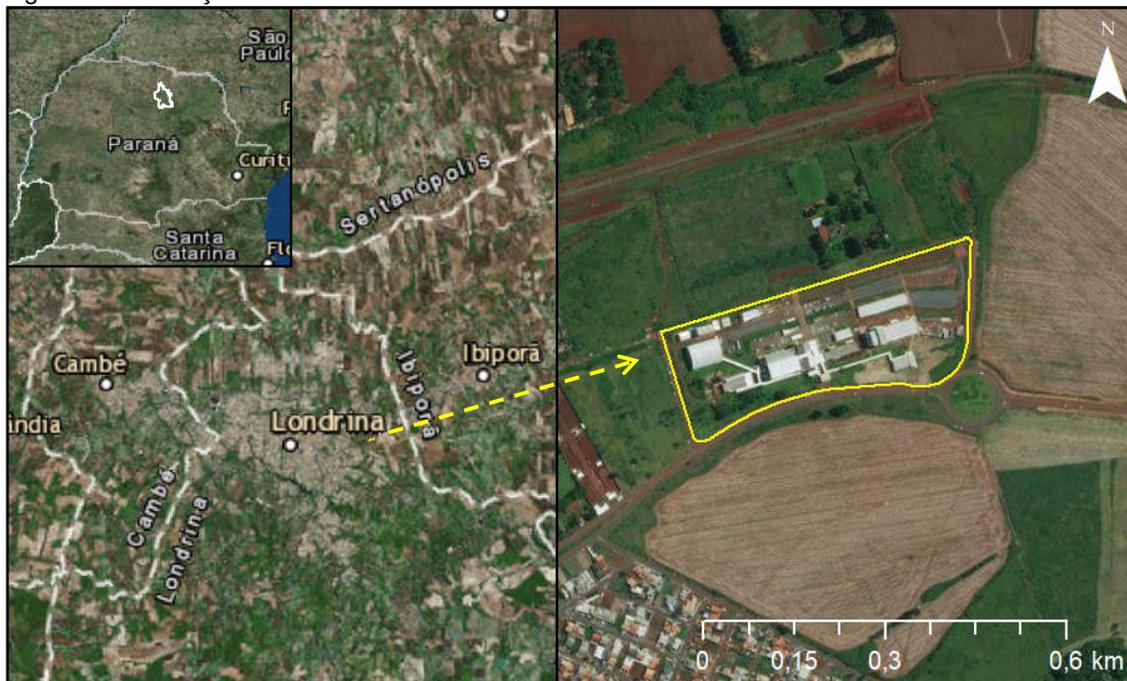
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem caráter de pesquisa descritiva, abordando aspectos qualitativos e quantitativos a partir do levantamento de dados de campo. Na posse destes dados foi possível realizar a comparação entre os dados coletados e os padrões estabelecidos por normas e legislações, a fim de alcançar os objetivos propostos.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram analisados 19 laboratórios do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Londrina (Figura 3), dos quais 9 são utilizados exclusivamente pelo curso, onde estão inseridas três estufas agrícolas que atendem as demandas no Câmpus. Os laboratórios são utilizados para atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Figura 3: Localização da área de estudo



Fonte: ESRI; DigitalGlobe; Geoeye; Earthstar, 2017

Os laboratórios de uso exclusivo do curso de Engenharia Ambiental da UTFPR – Londrina são descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Laboratórios de uso exclusivo do curso de Engenharia Ambiental na UTFPR Londrina

Local	Nome	Área (m²)	Disciplinas atendidas	
Bloco A	A307	Laboratório de Microbiologia	52	Microbiologia
	A308	Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada	69	Biologia 1, Biologia 2, Conservação e Recuperação Ambiental
Bloco B	B301	Laboratório de Energia	100	Hidrologia Aplicada, Conversão, Conservação e Eficiência Energética, Fenômenos de Transporte 1 e Fenômenos de Transporte 2, Fontes de Energia
	E1	Estufa de Biologia de Organismos Eucariotos e Ecologia	75	Biologia 2
Bloco S	E2	Estufa de Restauração de Ecossistemas Florestais	75	Geologia e Pedologia
	E3	Estufa de Gerenciamento e Tratamento de Resíduos Sólidos	75	Gerenciamento e Tratamento de Resíduos Sólidos
	S001	Laboratório de Hidráulica	39	Hidráulica e Hidrologia.
	S002	Laboratório de Solos	66	Geologia e Pedologia, Geotecnia, Poluição dos Solo e das Águas Subterrâneas
	S003	Laboratório de Poluentes Atmosféricos	50	Gerenciamento e Tratamento de Poluentes Atmosféricos e Gerenciamento e Tratamento de Água e Saneamento

Fonte: Autoria própria. 2017

Os laboratórios de uso comum, que foram recentemente instalados no bloco K do Câmpus, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Laboratórios de uso comum dos cursos da UTFPR Londrina

Local	Nome	Área (m²)	Disciplinas atendidas	
Bloco K	K008	Laboratório de Química 01	82	Química Orgânica e Bioquímica
	K009	Laboratório de Química 03	82	Química
	K010	Laboratório de Química 02	82	Química Analítica
	K107	Laboratório de Informática	80	Cálculo Numérico
	K109	Laboratório de Informática	78	Computação 1
	K113	Laboratório de CAD	79	Desenho Técnico, Cartografia e Geoprocessamento
	K201	Laboratório de Física 1	80	Física 1
	K204	Laboratório de Física 2	80	Física 2
	K301	Laboratório de Física 3	80	Física 3
	K304	Laboratório de Física 4	80	Física 4

Fonte: Autoria própria. 2017

Nos resultados serão apresentados a representação gráfica dos mapas de riscos e as medidas de controle, quando existirem, com as recomendações de segurança do trabalho para os laboratórios avaliados.

4.2 COLETA DE DADOS

Para a elaboração dos Mapas de Risco e das propostas de medidas de controle foram coletados dados relativos a estrutura física, abrangendo os principais equipamentos, atividades realizadas, parâmetros quantitativos referentes a níveis de luminosidade, umidade relativa, temperatura, ruído e a concentração de CO₂. Houve também o registro fotográfico dos ambientes. Estes dados são necessários para a Análise Preliminar de Risco – APR e para o Checklist.

4.2.1 Estrutura física

Para a avaliação da estrutura física dos laboratórios, foram necessárias informações a respeito das características dos equipamentos, abrangendo bancadas, móveis, máquinas, ferramentas, vidrarias, demais equipamentos e, quando existentes, os módulos de aulas práticas.

A avaliação compreendeu também tópicos como o nível de organização, arranjo físico dos equipamentos, obstruções de acessos, grau de conservação, circuitos elétricos, identificação de tensão dos condutores, conservação dos condúites e fiação do sistema elétrico, integridade e sinalização das tubulações de gases e água, presença de vazamentos e/ou remendos, sinalização a respeito de equipamentos de proteção individual e coletiva.

As plantas baixas com as dimensões e os principais equipamentos de cada ambiente, importantes para a elaboração dos mapas de risco, foram disponibilizadas pela Diretoria de Planejamento - DIRPLAD da Universidade.

4.2.2 Atividades realizadas

As atividades realizadas em cada laboratório foram avaliadas utilizando como fonte de informação os planos de ensino das disciplinas, roteiros de aulas práticas e

os Procedimentos Operacionais Padrão – POP's, quando fornecidos pelos professores de cada disciplina.

4.2.3 Avaliação Quantitativa

Os parâmetros analisados na etapa da avaliação quantitativa foram aferidos conforme os critérios estabelecidos na Tabela 3:

Tabela 3: Parâmetros quantitativos analisados conforme a legislação vigente

Parâmetro	Critérios	Equipamento
Índice IBUTG	NR 15	Termômetro de globo TGD-300
Ruído (dB (A))	NR 15	Decibelímetro DEC-430
Concentração de CO ₂ (ppm)	ANVISA 9	Medidor de CO ₂ Homis 269
Luminosidade (Lux)	NR 17 e NBR ISO/CIE 8995-1	Luxímetro digital LD-200
Umidade (%)	NR 17 e ANVISA 9	Medidor de U.R.% Homis 269

Fonte: NR 15, NR 17, 1978; ANVISA 9, 2003; NBR ISO/CIE 8995-1, 2013

4.2.3.1 Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo - IBUTG

Para o cálculo do índice IBUTG, a Norma Regulamentadora nº 15 estabelece dois critérios para avaliar o local onde são realizadas as atividades devendo a medição. O primeiro recomenda que a medição ocorra na altura do corpo mais atingida pelo calor, neste caso o abdômen e segundo considerar o tipo de ambiente, calculado conforme as equações 1 e 2 (BRASIL, 1978):

Ambientes internos ou sem carga solar

$$IBUTG=0,7.tbn+0,3.tg \quad (1)$$

Ambientes externos com carga solar

$$IBUTG=0,7.tbn+0,1.tbs+0,2.tg \quad (2)$$

Onde:

Tbn = Temperatura de bulbo natural (°C)

Tg = Temperatura de globo (°C)

Tbs = Temperatura de bulbo seco (°C)

Os limites de tolerância para a exposição ao calor, considerando regimes de trabalho intermitentes com períodos de descanso no próprio local de trabalho, são estabelecidos em função do índice IBUTG calculado conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Limites de tolerância para exposição ao calor

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso	30,6 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: NR 15, 1978

O tipo de atividade realizada foi determinado conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Caracterização do trabalho realizado conforme a atividade

TIPO DE ATIVIDADE
TRABALHO LEVE
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco Sentado, movimentos moderados com braços e pernas De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços
TRABALHO MODERADO
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar
TRABALHO PESADO
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos Trabalho fatigante

Fonte: NR 15, 1978

4.2.3.2 Ruído

O ruído foi avaliado em ponderação de frequência A com tempo de resposta lenta através do nível de exposição que depende de seu valor em dB (A) e o seu tempo de exposição, em diferentes pontos dos ambientes, considerando a ponderação do valor de exposição médio (Equação 3) conforme a ISO 16032:2004.

$$\bar{L} = 10 \cdot \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i}}{n} \right) \quad (3)$$

Onde:

\bar{L} = nível de pressão sonora médio no ambiente avaliado (dB(A))

L_i = nível de pressão sonora em cada ponto aferido (dB(A))

n = número total de pontos

Para determinar se os níveis médios de pressão sonora encontrados apresentam riscos mais graves, foram considerados os limites de tolerância estabelecidos pela NR 15, conforme o Quadro 4.

Quadro 4: Limites de tolerância a exposição de ruídos contínuos ou intermitentes

Nível de Ruído dB (A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15, 1978

4.2.3.3 Concentração de CO₂

Para os valores de dióxido de carbono, o critério estabelecido pela resolução nº 9 de 16 de janeiro de 2003 da Anvisa determina o valor de concentração máximo não superior a 1000 partes por milhão - ppm, pois acima deste limite o ambiente é caracterizado como quimicamente contaminado e o ar interno deve ser renovado (ANVISA, 2003).

4.2.3.4 Luminosidade

Segundo a NBR ISO/CIE 8995-1 de 23 de abril de 2013, a iluminância para construções educacionais onde ocorrem atividades de laboratório e de educação com o uso de computadores deve ser superior aos 500 lux.

4.2.3.5 Umidade relativa

A umidade relativa para ambientes internos é determinada considerando as estações de verão e inverno. Os valores aceitáveis correspondem a uma estimativa de conforto para uma população em que pelo menos 80% dos indivíduos considera a temperatura e a umidade relativa como satisfatórias (ABNT NBR 16401-2, 2008).

- Para o verão tem-se os parâmetros:

Umidade relativa entre 35 a 65% para temperaturas de 22,5 a 26,0 °C

- Para o inverno

Umidade relativa de 30 a 60% para temperaturas de 21,0 a 24,0 °C

4.2.3.6 Equipamentos utilizados para a avaliação quantitativa

Os equipamentos utilizados para a etapa da avaliação quantitativa estão representados nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

Figura 4: Medidor de Estresse Térmico Portátil TGD-300 Instrutherm



Fonte: Autoria própria, 2017

Figura 5: Medidor de nível de pressão sonora DEC-430 Instrutherm



Fonte: MostraFácil, 2017

Figura 6: Medidor de CO₂ e U.R.% digital portátil Homis 269



Fonte: Autoria própria, 2017

Figura 7: Medidor de intensidade de Lux digital LD-200 Instrutherm



Fonte: Instrutherm, 2017

4.2.4 Análise Preliminar de Risco - APR

A APR utilizada para a avaliação dos laboratórios foi elaborada a partir de um modelo adaptado de Mattos e Másculo, (2011), sendo inseridos os campos da avaliação quantitativa, descrita no Quadro 5.

Quadro 5: Modelo de APR para avaliação do ambiente

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO					
Laboratório:		Bloco: _____	nº: _____	Data: ____/____/____	Hora: h ____ min ____
Risco	Atividade	Causa	Consequência	Probabilidade (1, 2 ou 3)	Gravidade (1, 2 ou 3)
Risco Físico () Não há					
Risco Químico () Não há					
Risco Biológico () Não há					
Risco Ergonômico () Não há					
Risco de Acidentes () Não há					
Parâmetros Quantitativos					
Ruído: GHE (Grupo homogêneo de exposição): _____ dB(A)					
Equipamento: _____ dB(A)					
_____ dB(A)					
Temperatura: Tbn _____ (°C), Tbs _____ (°C), Tg _____ (°C), U.R. _____ (%)					
Luminosidade: _____ Lux					
Concentração de CO₂: _____ ppm					
Observações no momento da avaliação:					

Fonte: Adaptado de Mattos e Másculo, 2011

A partir destes dados, foi realizado o produto da probabilidade pela gravidade, procedimento proposto por Benite, (2004), o qual permitiu estabelecer a categoria de risco presente no ambiente (Quadro 6).

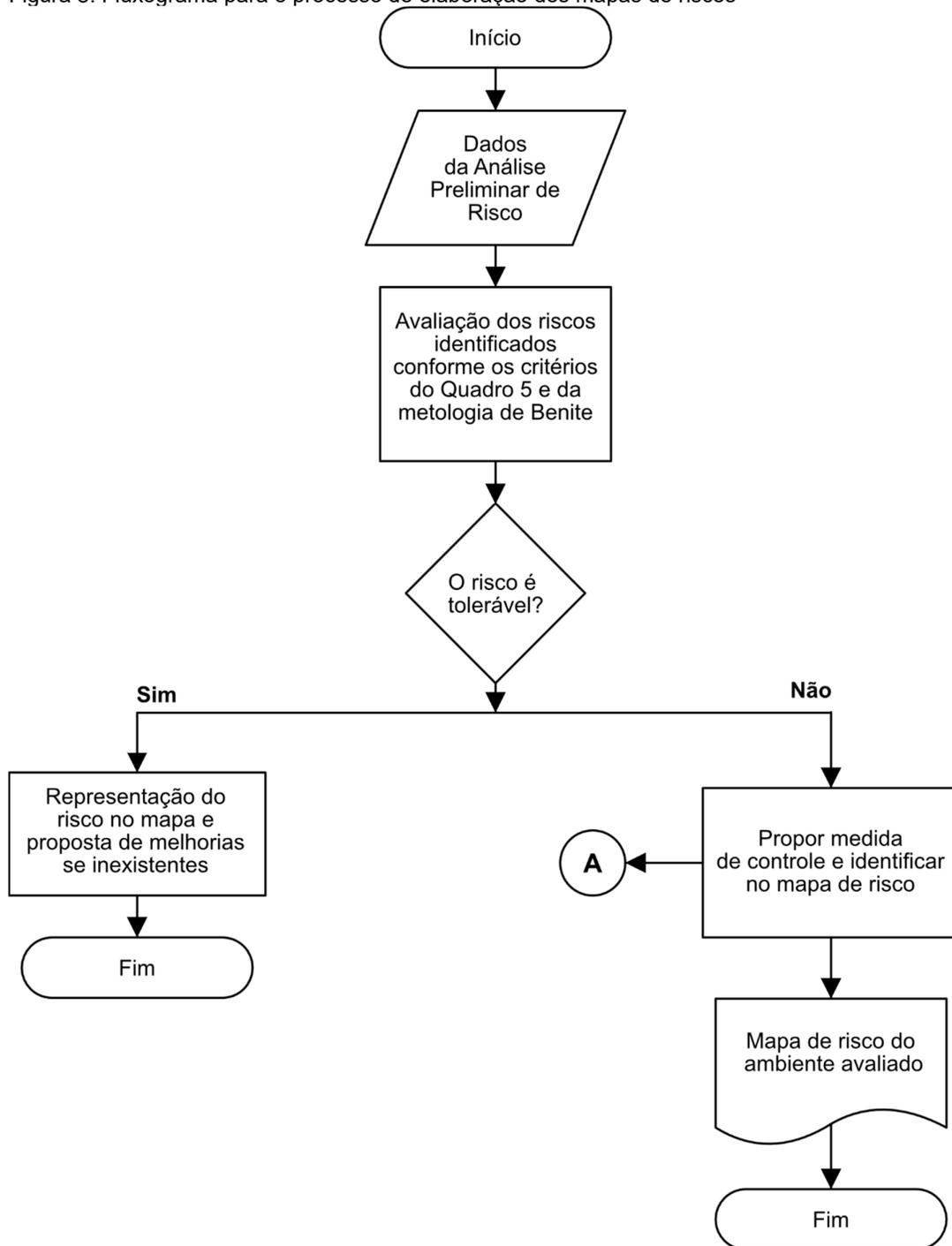
Quadro 6: Resultado do produto para a classificação do risco

		Produto		Resultado do produto	Categoria	Representação no mapa de risco
		G x P				
Gravidade	3	6	9	1 e 2	Tolerável	Pequeno
	2	4	6	3 e 4	Moderado	Médio
	1	2	3	6 e 9	Crítico	Grande
		Probabilidade				

Fonte: Adaptado de Benite, 2004

Ao final da coleta de dados, os riscos foram classificados e representados nos respectivos mapas de risco de cada ambiente, de acordo com o processo estabelecido pelo fluxograma da Figura 8.

Figura 8: Fluxograma para o processo de elaboração dos mapas de riscos



Fonte: Autoria própria, 2018

O processo do fluxograma mostrado acima, se ramifica no círculo com o caractere “A”, pois a avaliação completa dependeu também dos dados coletados pelo checklist.

4.2.5 Lista de verificação - Checklist

A Checklist consistiu na verificação das principais recomendações de segurança dispostas nas NR's estabelecidas no Quadro 7.

Quadro 7: Normas regulamentadoras para o preenchimento do Checklist

Norma Regulamentadora	Descrição
NR 6	Equipamentos de Proteção Individual
NR 8	Edificações
NR 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
NR 13	Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações
NR 14	Fornos
NR 15	Atividades e Operações insalubres
NR 17	Ergonomia
NR 21	Trabalho a Céu Aberto
NR 23	Proteção contra incêndios
NR 24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
NR 26	Sinalização de Segurança

Fonte: Ministério do Trabalho, 2017

Os principais itens para a avaliação qualitativa estão dispostos no modelo de checklist abaixo (Quadro 8).

Quadro 8: Modelo de checklist para o levantamento de dados

CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES				
Laboratório: _____		Bloco: _____		nº: _____
		Data: ____/____/____		Hora: ____h ____min
Item para verificação	Sim	Não	N.A	Observações
Estrutura física				
1. Os pisos do chão e das paredes estão livres de saliências que podem causar acidentes?				
2. O piso evita escorregamento?				
3. Existem ralos no ambiente do laboratório?				
4. Os ralos estão fechados e presos a fim de não causarem acidentes?				
5. O setor possui armários para armazenar os materiais dos alunos?				
6. A organização do ambiente é realizada de forma que se evita acidentes?				
7. O ambiente de trabalho está organizado?				
Atividades realizadas				
1. Há técnico de laboratório que acompanha todas as atividades das aulas práticas?				
2. O setor disponibiliza os Procedimentos Operacionais Padrão – POP's para consulta facilmente?				
3. Os manuais dos equipamentos estão disponíveis para consulta no ambiente?				
4. As atividades são realizadas evitando posturas prolongadas?				
5. São realizadas de forma que não há esforço repetitivo?				

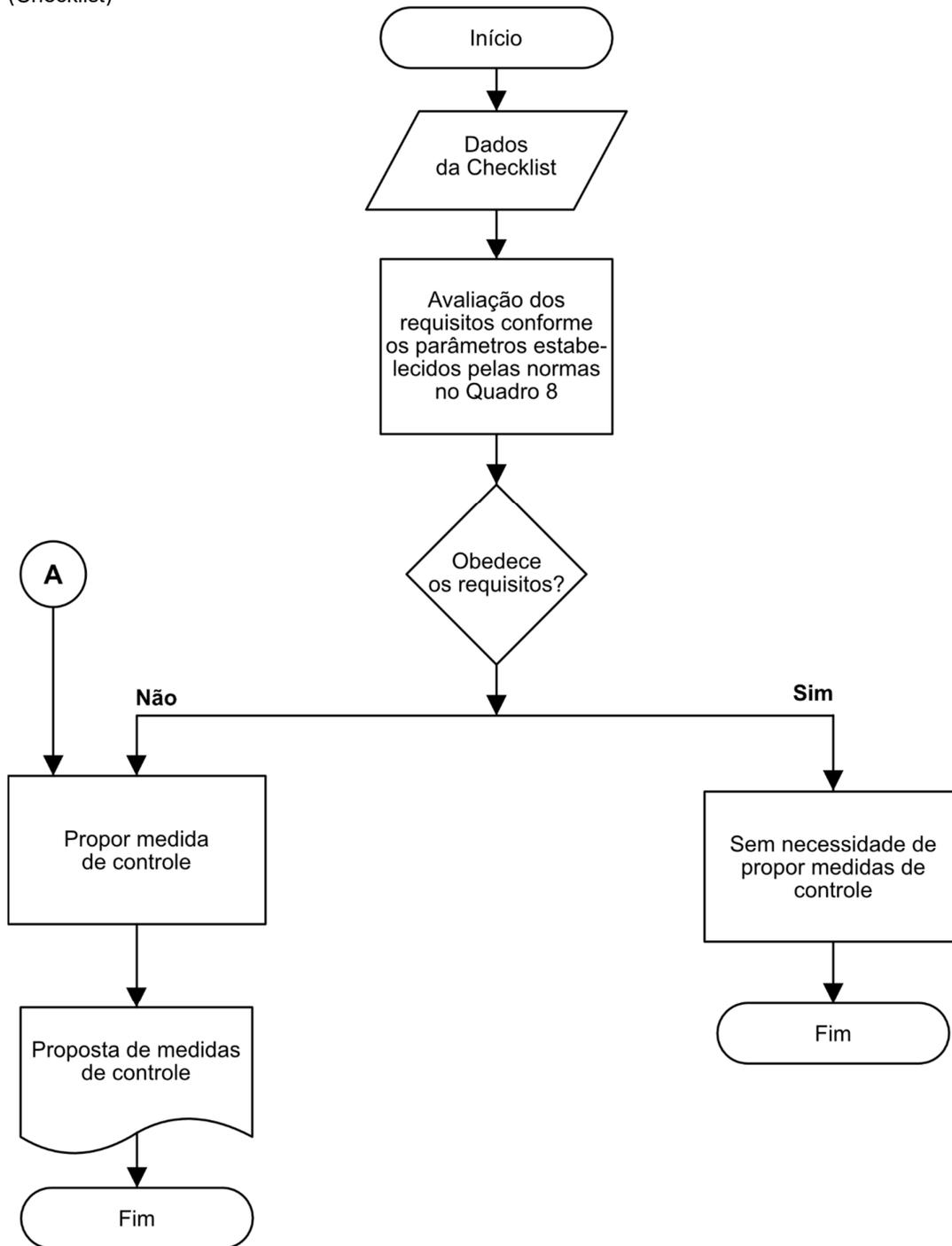
6. As atividades no laboratório estão livres do carregamento manual de peso?				
7. As bancadas estão adequadas do ponto de vista ergonômico?				
Eletricidade e equipamentos				
1. As tomadas são identificadas com as respectivas voltagens?				
2. Os equipamentos estão aterrados?				
3. As fiações estão em boas condições (não expostas)?				
4. Os quadros de energia estão sinalizados?				
5. Os quadros de energia estão fechados com tranca?				
6. As instalações hidráulicas estão em boas condições (sem vazamentos)?				
7. Os produtos químicos estão armazenados em bancada própria?				
8. Os produtos químicos estão armazenados adequadamente?				
9. O ambiente tem a FISPQ disponível?				
10. Os produtos químicos estão armazenados longe de fornos e vasos de pressão?				
11. Os dutos e equipamentos que produzem chamas estão bem vedados?				
12. Os vasos de pressão estão com os manômetros funcionando perfeitamente?				
13. Os vasos de pressão estão livres de deformações?				
14. Os fornos estão em boas condições?				
15. Os fornos, quando ligados, estão bem isolados termicamente?				
16. As portas de saída de emergência possuem acionamento através do empurrão?				
17. As lâmpadas possuem proteção anti-queda?				
18. Existem chuveiros de emergência no setor?				
19. As estufas possuem dispositivos de abrição interno e externo?				
20. As estufas estão bem vedadas?				
21. A capela tem dispositivo de fechamento completo quando não utilizada?				
22. A capela encontra-se vazia?				
23. A capela está livre de produtos armazenados incorretamente?				
24. Os equipamentos possuem dispositivos de parada de emergência?				
Proteção e combate a incêndio				
1. Os extintores estão desobstruídos?				
2. Os extintores estão dentro do prazo de validade?				
Sinalização de segurança				
1. Os extintores estão sinalizados?				
2. Há sinalização no ambiente a respeito dos riscos existentes?				
3. O local de armazenagem de produtos químicos está sinalizado?				
4. As saídas de emergências estão sinalizadas?				
5. Os produtos químicos seguem o Padrão do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos das Nações Unidas - GHS?				
6. Os resíduos gerados no laboratório são segregados de forma adequada?				

7. Existe sinalização quanto a necessidade de uso do EPI?				
Observações complementares:				

Fonte: Autoria própria, 2017

A avaliação do ambiente, a partir da checklist, seguiu o fluxograma da Figura 9.

Figura 9: Fluxograma para procedimento segundo dados da lista de verificação de segurança (Checklist)



Fonte: Autoria própria, 2018

4.3 MAPAS DE RISCO

Após as avaliações qualitativas e quantitativas, foi possível determinar os riscos presentes nos ambientes e estabelecer a sua gravidade, permitindo sua representação no mapa de risco para cada laboratório avaliado.

A confecção dos mapas de riscos se deu através dos softwares Autocad 2018 Student Version para a adaptação das plantas baixas cedidas pelo DIRPLAD e do Affinity Designer Desktop da Serif Europe para a finalização e o encaixe dos elementos no desenho vetorial final.

Ensina Santos, (2009), que os riscos identificados em cada setor devem ser representados conforme a sua gravidade em círculos de diferentes tamanhos, descritos na Figura 10.

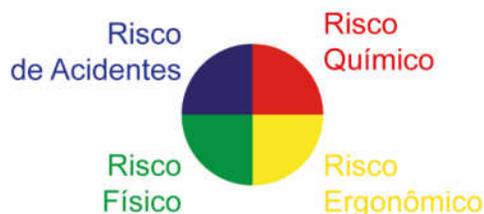


Fonte: Adaptado de Santos, 2009

Cada círculo representado no mapa de risco foi preenchido com a cor específica de seu grupo.

Para ambientes onde existem riscos de categoria diferente e de mesma gravidade, Santos, (2009), descreve que a representação pode ser feita através da divisão do círculo em arcos de mesmo ângulo, de acordo com o número de grupos de risco representados, conforme exemplificado na Figura 11.

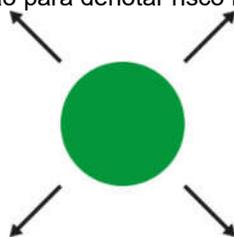
Figura 11: Representação de riscos de mesma gravidade



Fonte: Adaptado de Santos, 2009

Para ambientes onde os riscos abrangem toda a sua extensão, os grupos de risco são representados com setas que indicam a sua propagação, conforme exemplificado na Figura 12.

Figura 12: Representação para denotar risco físico em todo o ambiente



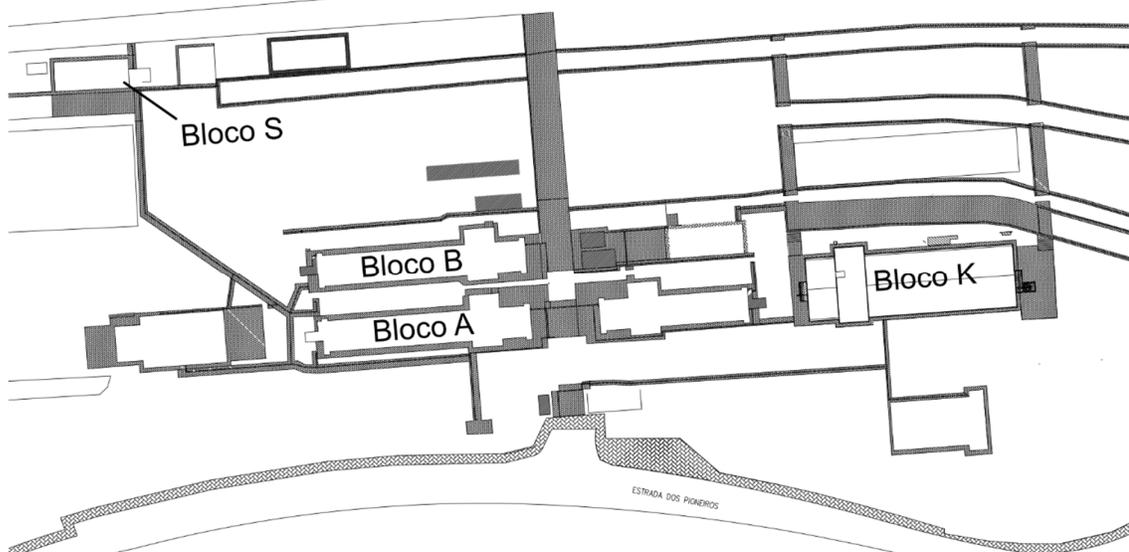
Fonte: Adaptado de Santos, 2009

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido as diferentes características dos ambientes avaliados neste trabalho, optou-se pela separação das avaliações qualitativas por laboratórios cujas atividades são realizadas de forma semelhante, enquanto que a avaliação quantitativa considera todos os ambientes para facilitar a visualização e a discussão dos valores aferidos.

A coleta de dados ocorreu no dia 04 de setembro de 2017, durante os períodos matutino e vespertino, cuja temperatura média foi de 24,98 °C, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017). Os laboratórios estão instalados em áreas diferentes no Câmpus da UTFPR Londrina, conforme demonstra a Figura 13.

Figura 13: Disposição dos laboratórios avaliados no Câmpus



Fonte: Adaptado de DIRPLAD, 2017

5.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA

5.1.1 Laboratórios de Química (Bloco K)

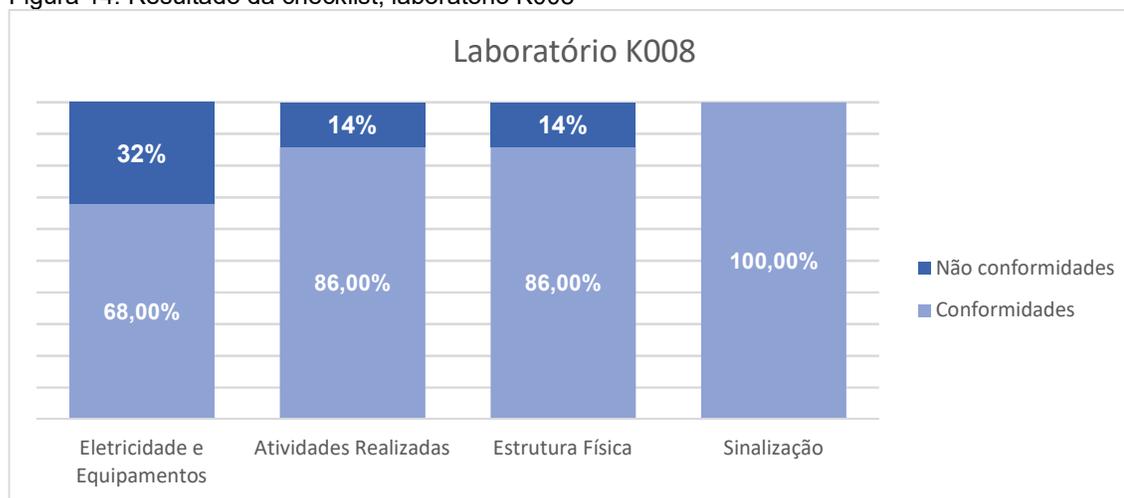
Os laboratórios de uso comum utilizados pelas disciplinas de química do curso de Engenharia Ambiental, presentes no bloco K, foram recentemente instalados e equipados, as aulas têm duração total média de 100 minutos e envolvem a

manipulação de produtos químicos com uso de vidrarias, abordando titulações, reações químicas, soluções tampões, aquecimento, entre outras.

Os equipamentos de proteção de combate a incêndio como extintores e hidrantes ficam no corredor de acesso aos laboratórios e não foram inseridos na avaliação qualitativa, porém estão de acordo com a sinalização de segurança e livre de obstruções.

O laboratório K008 apresenta as maiores deficiências no quesito Eletricidade e Equipamentos, (Figura 14). Observando-se o quadro de energia no ambiente não tem dispositivo de fechamento com tranca, os produtos químicos não são armazenados em bancada própria e não há a Ficha de Recomendação de Segurança do Produto Químico – FISPQ disponível no laboratório.

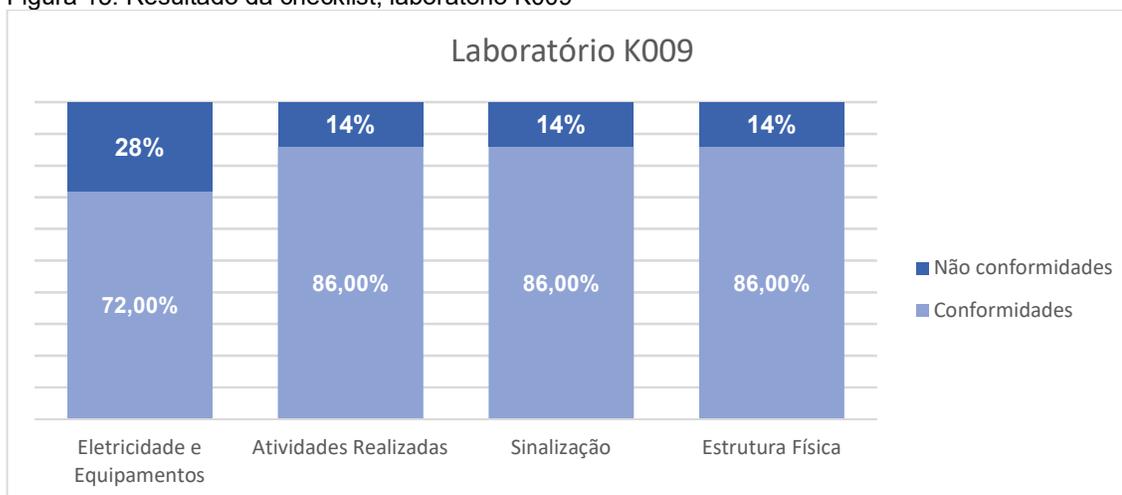
Figura 14: Resultado da checklist, laboratório K008



Fonte: Autoria própria, 2018

O laboratório K009 assemelha-se ao K008 quanto a deficiência na categoria Eletricidade e Equipamentos, como demonstra a Figura 15, porém não compartilha dos mesmos motivos. Sua deficiência ocorre somente pela ausência da FISPQ e ambos os laboratórios estão de acordo com a maioria dos itens avaliados pelo checklist.

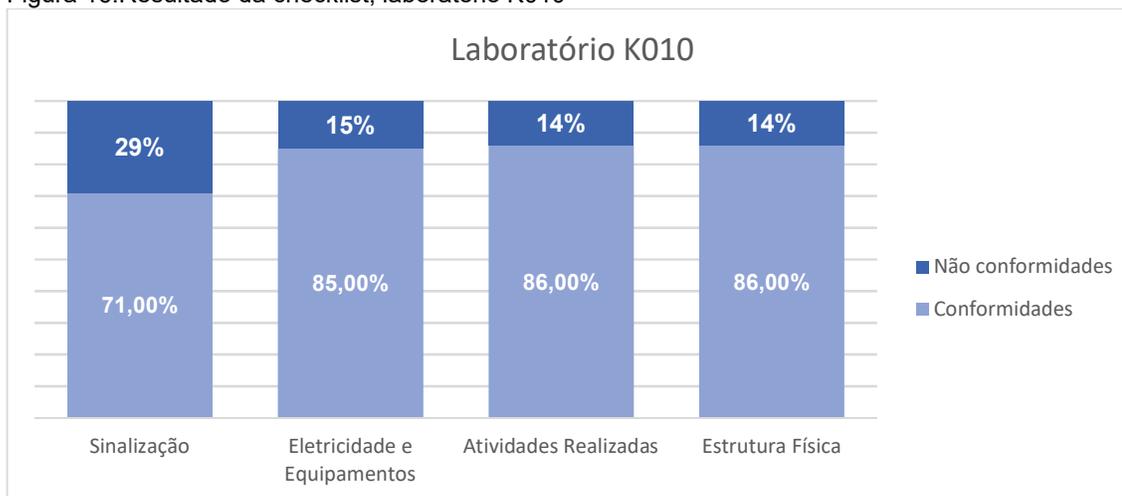
Figura 15: Resultado da checklist, laboratório K009



Fonte: Autoria própria, 2018

Para o laboratório K010, sua maior deficiência ocorreu na categoria Sinalização, mostrado na Figura 16. Apesar do laboratório já conter identificações quanto aos riscos presentes, bem como avisos a respeito dos equipamentos de proteção individual e coletiva, faz-se necessário a indicação do local de armazenamento dos produtos químicos.

Figura 16: Resultado da checklist, laboratório K010



Fonte: Autoria própria, 2018

Como mostra a Figura 18, o ambiente se encontra organizado e possui os elementos essenciais para que as atividades ocorram de forma segura. O laboratório possui espaço para guardar as banquetas, não prejudicando a circulação de pessoas.

Os riscos existentes são identificados em uma ficha de recomendação, além da necessidade de utilização dos equipamentos de proteção individual e coletivo quando pertinentes e as tomadas elétricas estão identificadas com as respectivas voltagens. Sua deficiência se dá pela ausência dos manuais de utilização dos equipamentos presentes, (Figura 17). Ressalta-se que os equipamentos devem ser utilizados por pessoas treinadas.

Figura 17: Mufla e equipamentos sobre bancada



Fonte: Aatoria própria, 2017

Figura 18: Elementos do laboratório de química, sinalização e organização



Fonte: Aatoria própria, 2017

Outro aspecto que deve ser considerado é o armazenamento de produtos químicos em recipientes de forma inadequada nos laboratórios. A Figura 19 mostra diversos recipientes identificados somente com uma etiqueta simples a respeito do produto em seu interior. Esta prática deve ser evitada e todos os produtos químicos utilizados durante as aulas devem ser descartados de forma adequada quando não tiverem mais utilidade ou retornados para o depósito (FIOCRUZ, 2018).

Figura 19: Produtos químicos sobre a bancada



Fonte: Autoria própria, 2017

A rotulagem para os frascos presentes nos laboratórios deve conter, segundo Costalonga et al., (2010):

Nome da solução, concentração, uso específico, quando não for de uso geral, data de preparação e validade (quando for preciso), fator estequiométrico (quando for necessário) (COSTALONGA et al., 2010)

Recomenda-se dispor de um volume máximo de 1 ou 2 litros para substâncias líquidas e 1 quilograma para sais inertes. Substâncias tóxicas e reativas devem ser limitadas a poucos gramas. A disposição dos produtos químicos em laboratórios deve levar em consideração, além da quantidade máxima, a incompatibilidade química dos produtos entre si, o que pode ocasionar uma reação explosiva ou ter como produto da reação gases extremamente tóxicos ou inflamáveis (FIOCRUZ, 2018).

A capela está de acordo com as recomendações de segurança química, pois possui sistema de fechamento completo e está organizada de forma a permitir que as atividades sejam realizadas sem apresentarem riscos mais graves. Recomenda-se apenas que não sejam utilizadas para armazenar resíduos químicos nem outros equipamentos (Figura 20).

Figura 20: Capela com recipiente para descarte de ácidos



Fonte: Autoria própria, 2017

A recomendação para garantir a segurança durante o uso das capelas é a de não deixar equipamentos grandes em seu interior, pois estes prejudicam o fluxo de ar que carrega os contaminantes para fora do ambiente do laboratório, como mostra a Figura 21. De acordo com a Figura 22 o ideal é colocar o equipamento sobre um suporte para permitir o fluxo de ar abaixo. Também deve-se respeitar uma faixa de 150 mm rente a borda exterior da capela, que representa uma área de segurança para evitar as zonas de baixa pressão formadas durante a utilização fazendo com que os gases tóxicos escapem da contenção e contaminem o usuário (CAMBRIGDE, 2018).

Figura 21: Posicionamento inadequado de equipamento no interior da capela

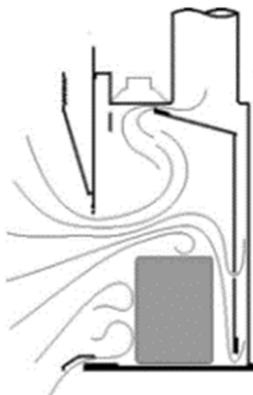
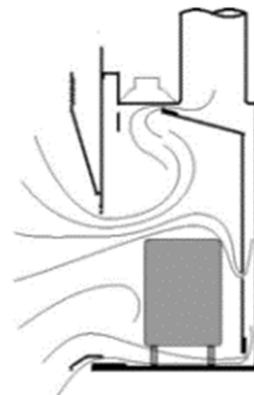


Figura 22: Posição ideal para equipamentos no interior da capela



Fonte: University of Cambridge, 2018

Os resultados da análise preliminar de risco – APR, listados no Quadro 9, mostram os riscos encontrados nos laboratórios e o produto da gravidade pela probabilidade, utilizados para a confecção dos mapas de risco.

Quadro 9: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Química (Bloco K)

Lab.	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
K008	Químico	Manuseio de produtos químicos do laboratório	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	3	2	6
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual e movimento repetitivo	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Manuseio de vidrarias e utilização de chamas em Bico de Bunsen	Ferimentos devido a vidraria quebrada, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4
K009	Químico	Manuseio de produtos químicos do laboratório	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	3	2	6
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual e movimento repetitivo	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Manuseio de vidrarias e utilização de chamas em Bico de Bunsen	Ferimentos devido a vidraria quebrada, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4
K010	Químico	Manuseio de produtos químicos do laboratório	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	3	2	6
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual e movimento repetitivo	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Manuseio de vidrarias e utilização de chamas em Bico de Bunsen	Ferimentos devido a vidraria quebrada, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4

Fonte: Autoria própria, 2018

G – Gravidade, P – Probabilidade, GxP – Produto da gravidade pela probabilidade

Do Quadro 9 acima, nota-se a forte representatividade do risco químico para os laboratórios, todos apresentam como resultado 6 o produto GxP. A classificação é devido ao contato constante com produtos químicos como: ácidos (acético, nítrico, clorídrico, fosfórico e sulfúrico), álcoois (etílico, metílico, isopropílico, ciclohexanol), hidróxido de sódio, peróxido de hidrogênio, tiocianato de amônio, cianeto de potássio, sulfatos, nitritos, nitratos, fosfatos, cromatos, cloretos, carbonatos e acetatos (DIRPLAD, 2017).

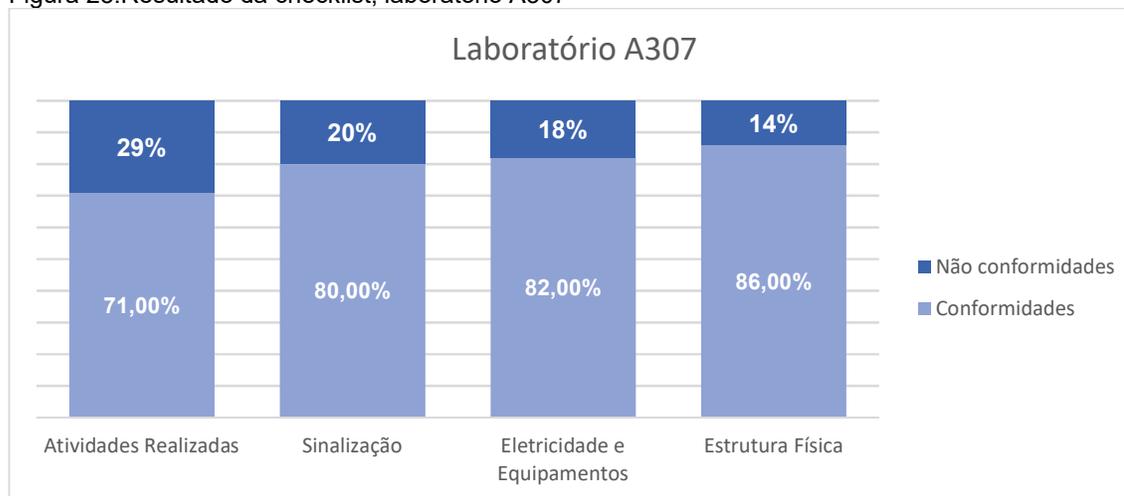
Salienta-se que as atividades realizadas sem os equipamentos de proteção adequados, tais como: luvas, jaleco de manga longa, calçado fechado e óculos de segurança, representa risco de contaminação aos usuários.

5.1.2 Laboratórios de Microbiologia e Ecologia Teórica e Aplicada (Bloco A)

Os laboratórios A307 e A308, presentes no terceiro pavimento do Bloco A, são de uso exclusivo do curso. As aulas práticas têm duração de 100 minutos, abrangendo identificação de seres vivos, morfologia e procedimentos de identificação, isolamento e controle de microrganismos.

As principais dificuldades encontradas no laboratório A307 referem-se aos aspectos ergonômicos das atividades realizadas, como mostra a Figura 23. Neste caso também são isentos da avaliação qualitativa os equipamentos de proteção contra incêndio, pois estão instalados no corredor de acesso e encontram-se sinalizados e desobstruídos.

Figura 23: Resultado da checklist, laboratório A307



Fonte: Autoria própria, 2018

As pias da bancada, como mostra a Figura 24, apresentam riscos do ponto de vista ergonômico, pois tem profundidade elevada e demandam dos usuários posturas forçadas para as tarefas de lavagem de vidrarias durante os experimentos.

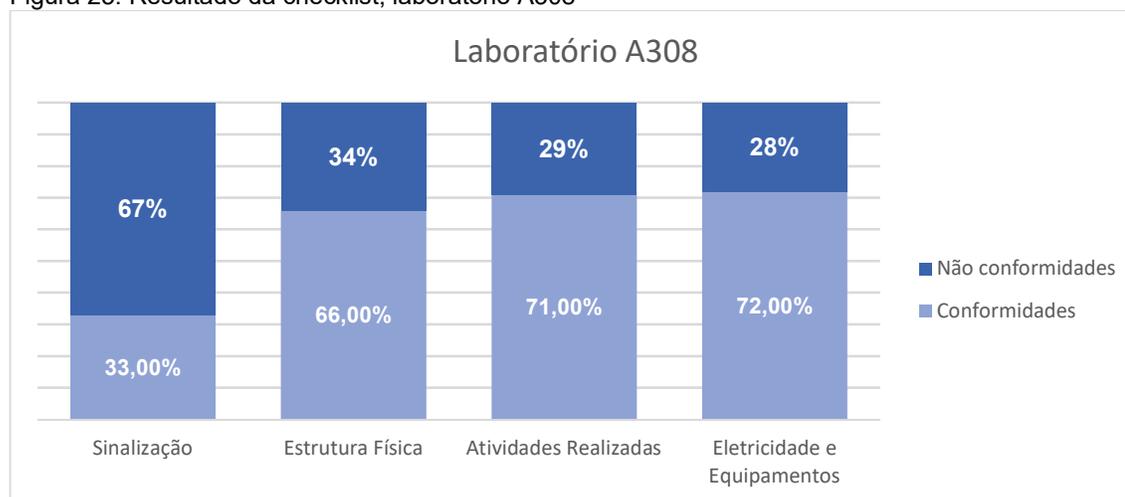
Figura 24: Bancada com pias para lavagem de vidrarias



Fonte: Autoria própria, 2018

Para o laboratório A308, suas principais deficiências foram nos quesitos sinalização e estrutura física, como mostra a Figura 25. Dentre elas, tem-se: inexistência de armário para os alunos guardarem seus materiais, ausência de sinalização quanto aos riscos presentes e informações quanto a obrigatoriedade do uso dos Equipamentos de Proteção Individual - EPIs nas atividades.

Figura 25: Resultado da checklist, laboratório A308



Fonte: Autoria própria, 2018

Outro fator que pesou na avaliação relaciona-se com as adaptações encontradas nas tomadas elétricas (Figura 26). Bem como a falta de identificação da

voltagem dos condutores (Figura 27), que ocasionou danos em equipamentos elétricos do laboratório.

Figura 26: Instalação elétrica adaptada de forma insegura



Fonte: Aatoria própria, 2018

Figura 27: Tomadas elétricas sem identificação de voltagem



Fonte: Aatoria própria, 2018

A Figura 28 mostra a capela utilizada para tarefas que apresentam maiores riscos de contaminação, que está de acordo com as indicações das normas, pois está vazia e tem dispositivo de fechamento completo. A Figura 29 mostra a autoclave utilizada para a esterilização de vidrarias e ferramentas utilizadas no laboratório. É importante que a mesma seja manuseada por pessoas treinadas e ter disponível no local o manual com as principais instruções de manuseio e segurança, pois o equipamento atinge temperaturas e pressões elevadas.

Figura 28: Capela vazia



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 29: Autoclave para esterilizações



Fonte: Autoria própria, 2018

O resultado da APR para o laboratório A307 mostra a presença de riscos pertencentes a todos os grupos, enquanto que as atividades realizadas no laboratório A308 não apresentam tantos riscos inerentes, como mostra o Quadro 10.

O risco biológico é representativo no laboratório A307 devido a manipulação de culturas durante as aulas práticas que contém bactérias e microrganismos com potencial patogênico classificadas como classe de risco 2 segundo o Ministério da Saúde (2006), tais como: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *salmonella* e fungos (DIRPLAD, 2017).

Quadro 10: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Microbiologia e Ecologia Teórica e Aplicada (Bloco A)

Lab.	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
A307	Químico	Manuseio de produtos químicos	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	2	2	4
	Físico	Ruído proveniente da autoclave e da câmara de fluxo laminar	Estresse e desconcentração	1	2	2
	Biológico	Contato com bactérias e microrganismos possivelmente patogênicos	Doenças	2	3	6

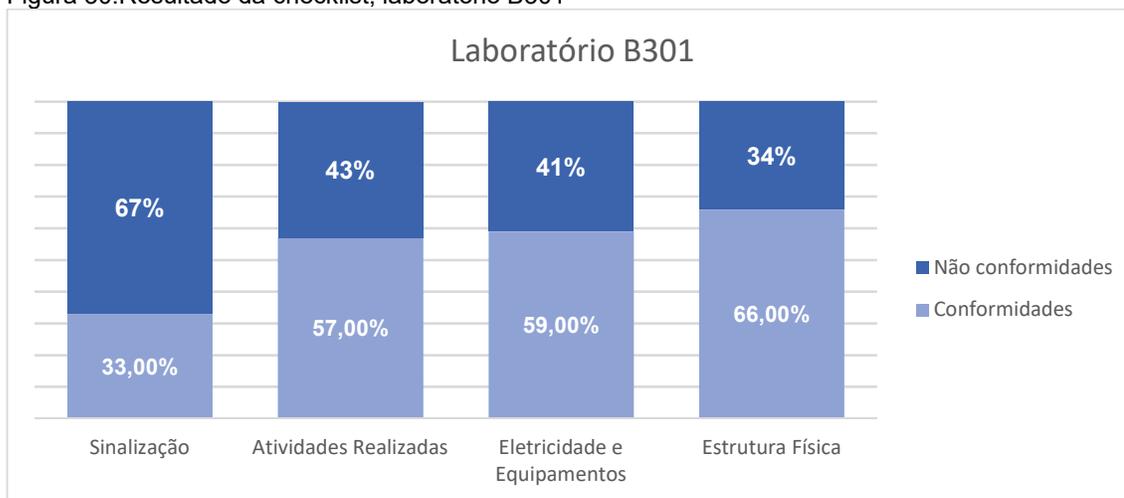
	Ergonômico	Posturas forçadas de maneira eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Manuseio de vidrarias e utilização de chamas em Bico de Bunsen	Ferimentos devido a vidraria quebrada, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4
A308	Químico	Manuseio de produtos químicos	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	2	1	2
	Ergonômico	Posturas forçadas de maneira eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Manuseio de vidrarias e utilização de chamas em Bico de Bunsen	Ferimentos devido a vidraria quebrada, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4

Fonte: Autoria própria, 2018

5.1.3 Laboratório de Energia (Bloco B)

O laboratório B301 abrange uma série de disciplinas, projetos de iniciação científica e trabalhos de conclusão de curso. A principal dificuldade encontrada no laboratório é a sinalização, sobretudo no que se refere aos riscos presentes no ambiente devido à grande variedade de atividades realizadas e os equipamentos instalados, (Figura 30).

Figura 30: Resultado da checklist, laboratório B301



Fonte: Autoria própria, 2018

O laboratório também tem forte ênfase em experimentos envolvendo reações químicas e com grande variedade de produtos químicos armazenados. É importante ressaltar a necessidade de disponibilizar a Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico – FISPQ para todos os produtos químicos utilizados (FILHO, 2008).

A Figura 31 mostra os módulos didáticos e os equipamentos utilizados nos experimentos, enquanto que a Figura 32 mostra a capela com equipamentos e ferramentas em seu interior.

Figura 31: Módulos de aulas práticas presentes no laboratório



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 32: Capela desativada e equipamentos armazenados em seu interior



Fonte: Autoria própria, 2018

Os resultados da APR do laboratório B301 estão descritos no Quadro 11.

Quadro 11: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratório de Energia (Bloco B)

Lab.	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
B301	Químico	Manuseio de produtos químicos do laboratório	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	3	2	6
	Físico	Ruído proveniente de câmara de fluxo laminar e módulos de aulas práticas	Estresse e desconcentração	1	2	2
	Ergonômico	Posturas forçadas de maneira eventual	Dores no corpo	1	2	2

	Acidentes	Manuseio de vidrarias e equipamentos emissores de chamas e aquecidos	Lesões nas mãos, queimaduras nas mãos e antebraços	2	2	4
--	-----------	--	--	---	---	---

Fonte: Autoria própria, 2018

5.1.4 Laboratórios de Física (Bloco K)

Os laboratórios de física abrangem aulas semelhantes, onde o professor expõe a teoria e em seguida propõe aos alunos experiências com o auxílio de equipamentos e módulos didáticos. As aulas envolvem experimentos com dinâmica de corpos, transferência de calor, eletricidade e magnetismo e física moderna, e dispõe de módulos de aulas práticas, como mostra a Figura 33. Não há equipamentos de proteção contra incêndio no local, visto que estes estão instalados no corredor de acesso.

Figura 33: Bancada com equipamentos utilizados na disciplina



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 34: Organização das mesas dos alunos



Fonte: Autoria própria, 2018

As bancadas presentes na Figura 34, são usadas pelos alunos e pelos professores para realizar os experimentos e podem exigir posturas forçadas de forma eventual, devido à altura e pelo acento. Os resultados da APR para os laboratórios de física, representados no Quadro 12, mostram os principais riscos inerentes as disciplinas ministradas.

Quadro 12: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Física (Bloco K)

Lab.	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
K201	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Choque com corpos de prova de experimentos de cinemática e dinâmica	Contusões e hematomas	1	1	1

K204	Físico	Radiações não-ionizantes de experimentos de óptica geométrica	Ofuscamento da visão e lesões nos olhos	2	1	2
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Choque com corpos de prova com experimentos de oscilações e ondas mecânicas, queimaduras provenientes de aulas práticas envolvendo transferência de calor	Contusões, hematomas e queimaduras	1	1	1
K301	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Choques elétricos devido a experimentos com eletricidade e choque com objetos devido a campos magnéticos	Contusões, hematomas e queimaduras	2	2	4
K304	Físico	Radiação não-ionizante devido a experimentos com óptica e espectrometria	Ofuscamento e lesões na retina	2	2	4
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual	Dores no corpo	1	2	2
	Acidentes	Choque elétrico	Contusões e queimaduras	2	2	4

Fonte: Autoria própria, 2018

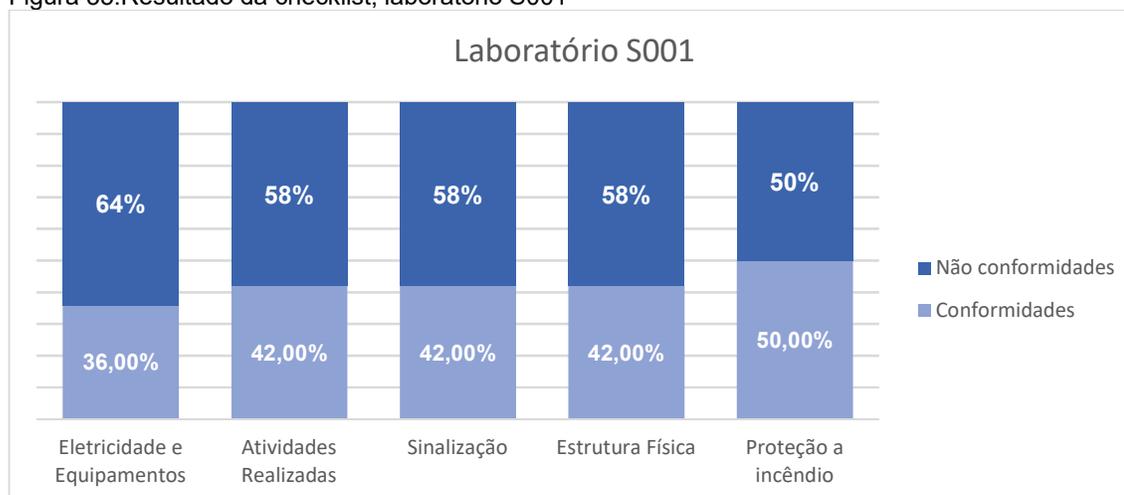
5.1.5 Laboratórios do Bloco S e Estufas

As aulas práticas realizadas nos laboratórios S001, S002 e S003 tem duração de 100 minutos em média e as atividades envolvem manuseio de produtos químicos, equipamentos dos laboratórios, caracterização de amostras de solo, água, lodo de esgoto e resíduos orgânicos.

O checklist mostrou mais variabilidade nos resultados das conformidades e não conformidades dos grupos avaliados em relação aos outros laboratórios, sobretudo devido aos equipamentos presentes, a forma de como as atividades são realizadas e as sinalizações.

Para o laboratório S001, onde são realizados estudos de hidráulica e de tratamento de efluentes de esgoto, as deficiências são representativas, ultrapassando o valor de 50% para os cinco grupos da checklist, como demonstra a Figura 35.

Figura 35:Resultado da checklist, laboratório S001



Fonte: Autoria própria, 2018

As Figura 36 e 37 mostram as obstruções do chuveiro de segurança e dos extintores de incêndio do laboratório, bem como o acúmulo de materiais presentes no ambiente, que podem causar acidentes. Conforme requisita a Norma de Procedimento Técnico nº 21 de 08 de outubro de 2014, para o Estado do Paraná, os extintores devem estar desobstruídos e sinalizados sobre quaisquer circunstâncias (NPT 021, 2014).

Figura 36: Obstrução de extintor de incêndio e chuveiro de segurança



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 37: Obstrução de extintor de incêndio



Fonte: Autoria própria, 2018

Outro aspecto importante encontrado foi o acúmulo de recipientes de produtos químicos no chão do laboratório, (Figura 38), o que deve ser terminantemente evitado (FIOCRUZ, 2018). Houve também problemas estruturais por motivos de infiltração de água pluvial no laboratório S003, (Figura 39), capazes de danificar equipamentos, tubos condutores de fiação elétrica e causar acidentes.

Figura 38: Produtos químicos armazenados no chão e acúmulo de materiais



Fonte: Autoria própria, 2018

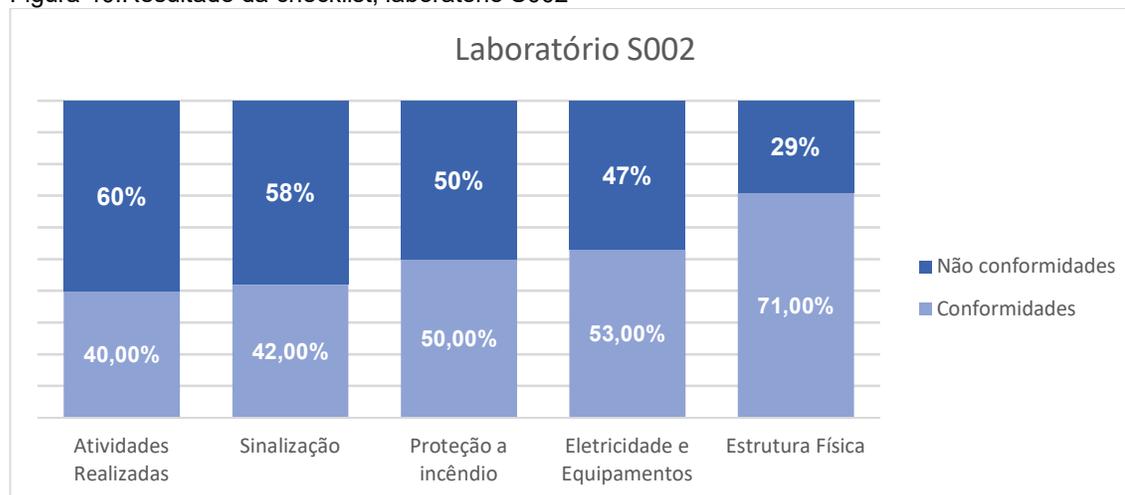
Figura 39: Desgaste por infiltração de chuva e escoamento sobre conduíte eletrificado



Fonte: Autoria própria, 2018

O laboratório de solos, S002, apresentou as maiores deficiências quanto ao quesito das atividades realizadas, (Figura 40), sobretudo pela ausência de documentos e manuais a respeito do uso dos equipamentos dos laboratórios e procedimentos operacionais padrão – POPs.

Figura 40: Resultado da checklist, laboratório S002



Fonte: Autoria própria, 2018

O laboratório também apresentou obstrução de extintor de incêndio e de uso da capela, (Figura 41), além de um extintor sem pressão adequada para ser acionado em uma situação de emergência como mostra a Figura 42.

Figura 41: Obstrução de câmara da capela e do extintor



Fonte: Aatoria própria, 2018

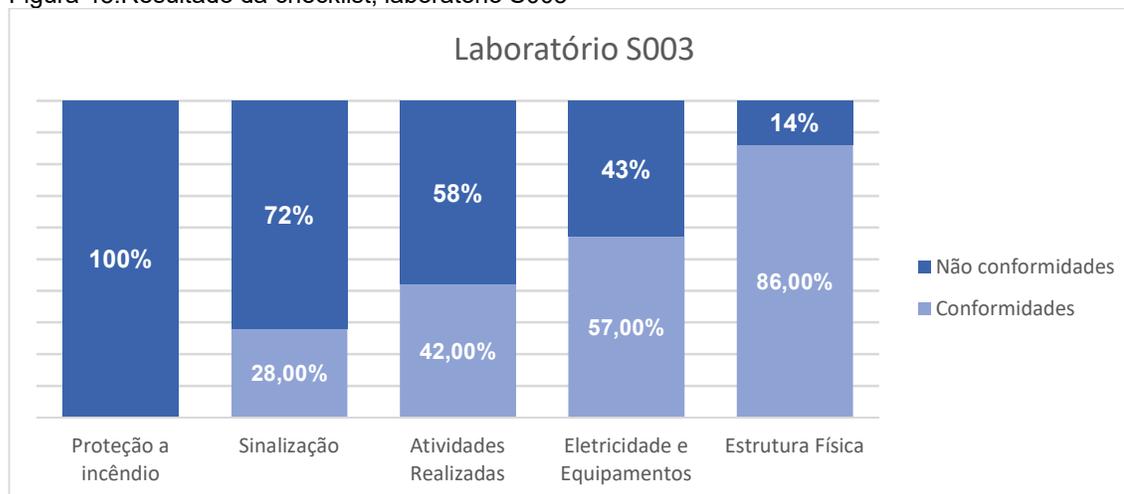
Figura 42: Extintor com baixa pressão para funcionamento



Fonte: Aatoria própria, 2018

Conforme a Figura 43, a maior dificuldade encontrada no laboratório S003 foi no quesito sinalização de segurança, pois não foi observada a presença de identificação quanto aos riscos presentes e do uso obrigatório do EPI para os procedimentos realizados.

Figura 43: Resultado da checklist, laboratório S003



Fonte: Autoria própria, 2018

O ambiente traz riscos de acidente devido a um conduíte de eletricidade instalado no meio da área de circulação, como mostra a Figura 44. Outro fator que também contribui é o ponto de fixação deste mesmo tubo no nível do piso sem sinalização e de cor semelhante ao pavimento, causando risco de acidentes como tropeço e queda, como na Figura 45.

Figura 44: Conduíte fixado em local de movimentação de pessoas



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 45: Ponto de fixação de conduíte elétrico sobre o nível do pavimento



Fonte: Autoria própria, 2018

A APR com os resultados da avaliação qualitativa para os laboratórios do bloco S está descrita no Quadro 13 e mostra os riscos encontrados na avaliação. Conforme estabelecido pela NR 23, extintores e corredores devem estar desobstruídos sobre quaisquer circunstâncias. Os corredores devem ter pelo menos 1,20 m de espaçamento para facilitar a fuga em caso de emergência (NR 23).

Quadro 13: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios do bloco S

Lab,	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
S001	Químico	Manuseio de agentes químicos como ácido sulfúrico e álcool etílico	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	2	2	4
	Biológico	Contato com microrganismos presentes em lodo de esgoto	Doenças provenientes de microrganismos patógenos	2	2	4
	Ergonômico	Ambiente desorganizado	Estresse emocional	1	2	2
	Acidentes	Acumulo de materiais e obstrução de passagem, manuseio de vidrarias	Acidentes com quedas de materiais empilhados, queda causada por material em área de passagem, cortes e contusões	2	3	6
S002	Químico	Manuseio de agentes químicos e contato com solo contaminado	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	2	2	4
	Ergonômico	Carregamento manual de peso e movimentos repetitivos	Cansaço físico	2	2	4
	Acidentes	Manuseio de vidrarias	Cortes e contusões	2	2	4
S003	Químico	Manuseio de agentes químicos	Contaminação através da ingestão, respiração e absorção cutânea	2	2	4
	Biológico	Contato com microrganismos presentes em lodo de esgoto e amostras de água	Doenças provenientes de microrganismos patógenos	2	2	4
	Ergonômico	Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso, movimentos repetitivos.	Dores no corpo, contusões	2	2	4
	Acidentes	Manuseio de vidrarias, risco de tropeço e queda por saliência no pavimento	Cortes e contusões	2	3	6

Fonte: Autoria própria, 2018

As estufas utilizadas pelo curso de Engenharia Ambiental envolvem atividades de caracterização de amostras de solos, estudo de seres vivos e trabalhos com resíduos orgânicos para a compostagem e revolvimento em leiras e bombonas. Estas atividades são realizadas a céu aberto e deve-se considerar a exposição a luz solar,

principalmente se o tempo de permanência no local ultrapassar os 30 minutos, recomendando a utilização de protetor solar e uma boa hidratação.

Estes ambientes são os mais sujeitos as intempéries como calor, frio, umidade, tempo seco, chuva e ventos excessivos. Os usuários devem estar preparados para utilizar os meios de proteção adequados quando forem executar suas tarefas, inclusive o uso de repelente, indicado devido a presença de mosquitos (NR 21).

A estufa E3, de Gerenciamento e Tratamento de Resíduos Sólidos, como mostra a Figura 46 e a Figura 47, utilizada para as atividades de compostagem, tem disponível ferramentas como enxadas, pás, vassoura e forcado de 3 dentes, além de bombonas para a execução das tarefas, que exigem esforço físico maior, pois dependem da força física para serem executadas. A atividade é considerada como trabalho moderado pois é caracterizada como “Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar” segundo a NR 15.

Figura 46: Estufa externa para atividades de compostagem



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 47: Ferramentas para revolvimento de leiras e organização da estufa



Fonte: Autoria própria, 2018

As estufas E1, (Figura 49), e E2, (Figura 48), trazem os mesmos riscos referentes às intempéries, porém suas tarefas exigem menos esforço físico como na estufa E3, mas ainda podem apresentar temperaturas elevadas em seu interior devido

a incidência de raios solares e tempo atípico, sendo indispensável o uso de protetor solar.

Figura 48: Mesas para secagem de solo em estufa



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 49: Estufa casa de vegetação



Fonte: Autoria própria, 2018

Os resultados da APR para as estufas E1, E2 e E3 encontram-se no Quadro 14.

Quadro 14: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Estufas

Lab,	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
E1	Físico	Radiação não-ionizante devido a luz solar	Insolação, queimaduras e câncer de pele	2	3	6
	Ergonômico	Carregamento manual de peso	Dores no corpo e cansaço físico	2	1	2
	Acidentes	Manuseio de ferramentas	Contusões e ferimentos	2	2	4
E2	Físico	Radiação não-ionizante devido a luz solar	Insolação, queimaduras e câncer de pele	2	3	6
	Ergonômico	Carregamento manual de peso	Dores no corpo e cansaço físico	2	1	2
	Acidentes	Manuseio de ferramentas	Contusões e ferimentos	2	2	4
E3	Físico	Radiação não-ionizante devido a luz solar	Insolação, queimaduras e câncer de pele	2	3	6
	Biológico	Contato com resíduos de matéria orgânica e lodo de esgoto	Doenças devido a microrganismos potencialmente patogênicos	2	3	6
	Ergonômico	Carregamento manual de peso e esforço físico moderado	Dores no corpo, cansaço físico, câimbras	2	2	4

	Acidentes	Manuseio de ferramentas para montagem e revolvimento de leira de compostagem ou bombona	Contusões e ferimentos	2	2	4
--	-----------	---	------------------------	---	---	---

Fonte: Autoria própria, 2018

5.1.6 Laboratórios de Informática (Bloco K)

Os laboratórios de informática do bloco K compreendem os locais com os códigos de K107, K109 e K113. As atividades envolvem a utilização de computadores para o desenvolvimento das disciplinas informatizadas do curso.

A permanência no ambiente de forma contínua não ultrapassa os 150 minutos, o que corresponde a 3 aulas ininterruptas. Os alunos permanecem sentados em suas estações de trabalho durante todo o tempo.

Foram encontrados os riscos ergonômicos e químicos, descritos no Quadro 15.

Quadro 15: Resultados da Análise Preliminar de Risco – Laboratórios de Informática (Bloco K)

Lab.	Risco	Atividade	Consequência	G	P	GxP
K107 K109	Químico	Contaminação química por excesso de CO ₂	Estresse, baixo nível de concentração, sonolência, fadiga.	1	2	2
K113	Ergonômico	Posturas inadequadas nos assentos	Dores no corpo	1	2	2

Fonte: Autoria própria, 2018

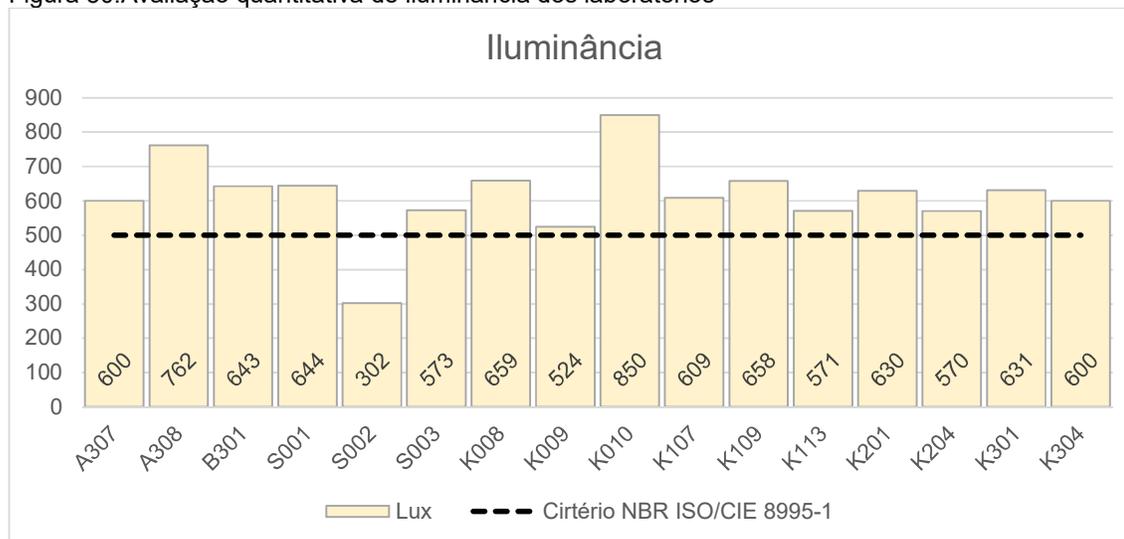
5.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Para a etapa da avaliação quantitativa, são representados neste tópico os resultados aferidos segundo as metodologias e os critérios da Tabela 3.

5.2.1 Iluminância

Os primeiros resultados das avaliações quantitativas trazem os valores de iluminância dos laboratórios, como mostra a Figura 50.

Figura 50: Avaliação quantitativa de iluminância dos laboratórios



Fonte: Autoria própria, 2018

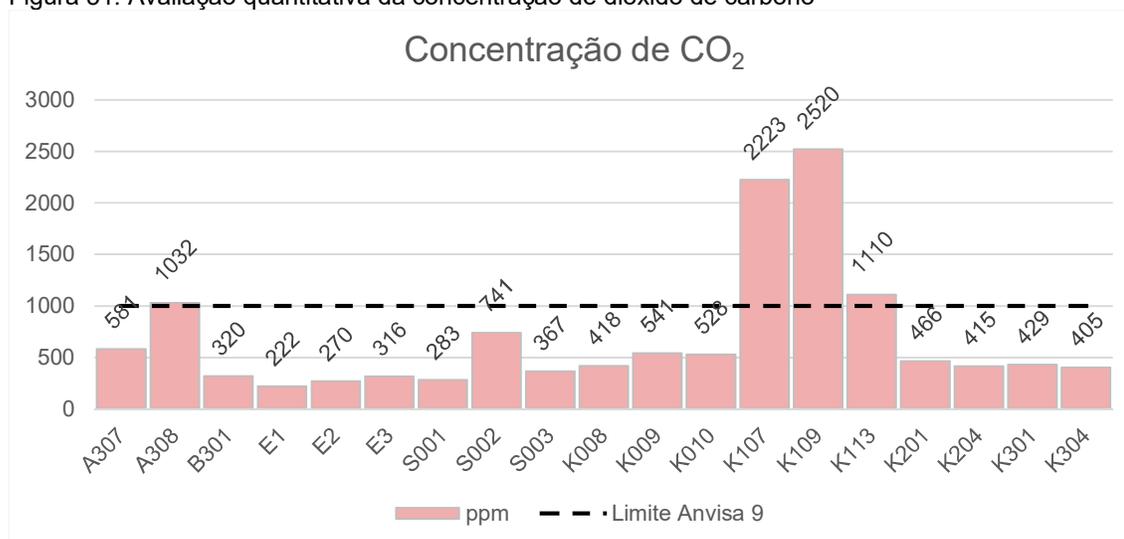
Através da Figura 50 é possível observar que a maioria dos ambientes estão de acordo com os critérios da norma ISO/CIE 8995-1 que determina o valor de 500 lux para os ambientes onde ocorrem aulas de laboratório e aulas com o uso de computadores, exceto o laboratório S002, que mostrou valores abaixo do recomendado, isto se deu pelo acúmulo de equipamentos próximo a janela, dificultando a entrada de luz (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Os valores de iluminância para as estufas E1, E2 e E3 ultrapassaram o valor de 15.000 lux e não foram inseridos na Figura 50 por motivos de escala.

5.2.2 CO₂

A Figura 51 mostra as concentrações de dióxido de carbono para os laboratórios:

Figura 51: Avaliação quantitativa da concentração de dióxido de carbono



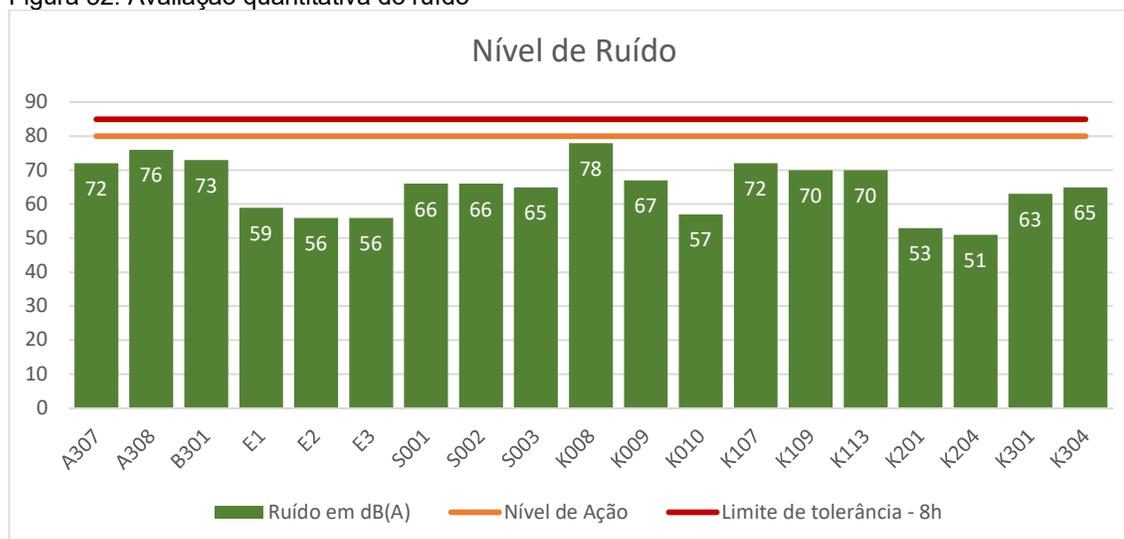
Fonte: Autoria própria, 2018

As colunas que ultrapassam o limite de 1000 ppm, K107, K09 e K113, referem-se aos laboratórios de informática, onde as janelas permanecem fechadas, devido a intensa utilização do ar condicionado, comprometendo a renovação do ar interno. A elevada concentração de dióxido de carbono pode causar sintomas como sonolência, fadiga e falta de atenção. Estes sintomas que caracterizam o surgimento da Síndrome dos Edifícios Doentes - SED (ANVISA 9, 2003; SALGUEIRO, 2006). Recomenda-se a abertura de portas e janelas durante as aulas para renovar o ar interno e evitar que os sintomas da SED surjam e dificultem o rendimento das atividades.

5.2.3 Ruído

A avaliação do ruído não traz riscos significativos, mesmo em ambientes onde existem equipamentos como o compressor. Na Figura 52 estão representados os resultados da ponderação do ruído em diferentes pontos dos ambientes, as faixas horizontais indicam o nível de ação e o limite de tolerância para um tempo de permanência contínua de 8 horas no local.

Figura 52: Avaliação quantitativa do ruído



Fonte: Autoria própria, 2018

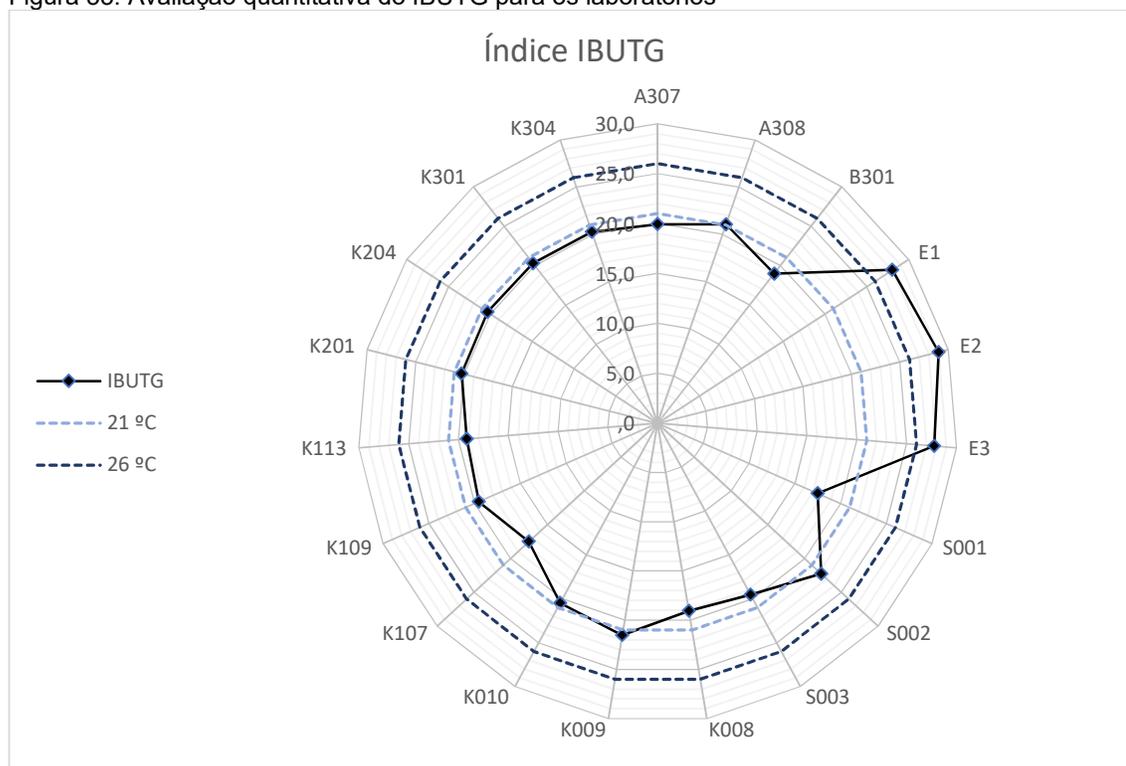
Considerando o tempo de exposição para as aulas como sendo em média 100 minutos, um total de 1,66 horas, não é necessário a utilização de equipamentos de proteção individual para ruído em nenhum laboratório avaliado segundo a NR 15 (NR BRASIL, 1978).

5.2.4 IBUTG

A avaliação do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo- IBUTG traz os resultados mostrados na Figura 53. Os valores encontrados extrapolam o valor de conforto estabelecidos pela NBR 16401-2, salvo os laboratórios A308, S002 e K009.

Apesar de não estarem inseridos no critério de conforto, estes valores não trazem riscos graves, considerando apenas como fator de atenção os valores aferidos para as estufas E1, E2 e E3 que foram, respectivamente, 28,05, 29,01 e 27,75 °C. Estes valores do IBUTG consideram o critério para o tipo de atividade executada, que para estufas E1, E2 é moderada e para a E3 é pesada. Portanto recomenda-se 45 minutos de trabalho contínuo com 15 de descanso para a estufa E1, e 30 minutos de trabalho ininterruptos com 30 minutos de descanso para as estufas E2 e E3 conforme determina a NR 15 (BRASIL, 1978).

Figura 53: Avaliação quantitativa do IBUTG para os laboratórios

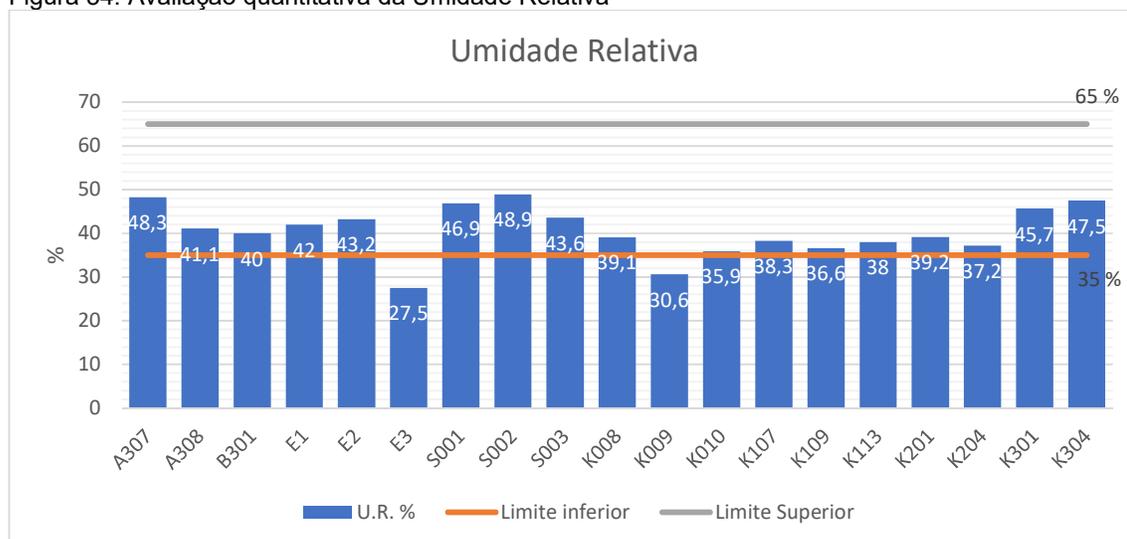


Fonte: Autoria própria, 2018

5.2.5 Umidade Relativa

A umidade relativa, representado pela Figura 54, não traz variações muito abruptas, pois depende das condições de tempo no dia da aferição, valores muito distantes dos critérios estabelecidos pela Norma Brasileira nº 16401-2 de 04 de setembro de 2008 como sendo de 35 e 65%, devem ser avaliados e medidas precisam ser tomadas, tais como: a utilização de equipamentos para adequação do ar interno, ventilação através de portas e janelas ou dispensa das atividades dos laboratórios em situações extremas (NBR 16401-2, 2008).

Figura 54: Avaliação quantitativa da Umidade Relativa



Fonte: Autoria própria, 2018

Apesar dos critérios de conforto estabelecidos pela NBR 16401-2, a NR 17 estabelece o valor mínimo para a umidade relativa em salas de aula, laboratórios e demais atividades de elevada carga intelectual como sendo 40%, medidas de controle devem ser tomadas em dias atípicos como os valores encontrados nesta avaliação quantitativa, pois valores de umidade relativa menores que 40% podem causar a diminuição do rendimento e da atenção para as tarefas, contribuindo a ocorrência de acidentes (BRASIL, 1978, 2004).

5.3 MAPAS DE RISCO

Os mapas de riscos elaborados neste trabalho, encontram-se no apêndice A.

6. CONCLUSÕES

As atividades e as características dos laboratórios de ensino de Engenharia Ambiental são diversas e merecem cuidados especiais. As medidas de controle propostas visam adequar as atividades, eliminando ou minimizando a níveis toleráveis, os fatores de risco e não conformidades.

Devido a quantidade de riscos ambientais presentes nos laboratórios, aos quais se expõem seus usuários, ressaltou-se a importância das sinalizações. Neste aspecto, o mapa de risco é essencial por fornecer informações dos fatores de risco.

Os manuais e procedimentos de segurança padrão e o uso correto dos equipamentos de proteção individual contribuem para um ambiente de trabalho seguro e produtivo.

Recomenda-se o monitoramento dos laboratórios com equipes de pessoas especializadas, como o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho – SESMT, membros da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA e os próprios usuários, identificando no mínimo uma vez ao ano as principais alterações que ocorrerem. Este monitoramento faz-se necessário devido as mudanças que podem ocorrer neste período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CSCIP/PR (2014): **NPT 021** – Norma de Procedimento Técnico – Sistema de proteção por extintores de incêndio.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). **NBR 16.401: instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários - parte 1 (projetos das instalações), parte 2 (parâmetros de conforto térmico) e parte 3 (qualidade do ar interior)**. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). **NBR- ISO/CIE 8995-1:2013**– Norma brasileira para iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior.

ANEAM. **Contextualizando A Engenharia Ambiental**. 2013. Disponível em: <<http://www.aneam.org.br/index.php/institucional/contextualizando-a-engenharia-ambiental/itemlist/category/20-contextualiza%C3%A7%C3%A3o-da-engenharia-ambiental>>. Acesso em 28 mai. 2017.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/conteudo/anuario_brasileiro_de_p_r_o_t_e_c_a_o/anuario_2017/J9jjJa_JayJJ9>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BENITE, Anderson Glauco. **Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho para empresas construtoras**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRASIL. **Decreto N. 3.724 – De 15 De Janeiro De 1919**. Regula as obrigações resultantes dos acidentes no trabalho. Rio de Janeiro, 1919. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=3724&tipo_norma=DPL&data=19190115&link=s>. Acesso em: 27 mai. 2017.

BRASIL. **Decreto Nº 19.667 De 4 De Fevereiro De 1931**. Organiza o Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio. Rio de Janeiro, 1931. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D19667.htm>. Acesso em: 26 mai. 2017.

BRASIL. **Decreto-Lei n. 5.452 de 1º de Maio de 1943**. Aprova a Consolidação da Leis do Trabalho. In Vade Mecum 2016. 8 ed. São Paulo: SARAIVA, 2016. p. 911 - 1007.

BRASIL, Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Biossegurança em laboratórios biomédicos e de microbiologia**. 3. ed. [s.l.], Ministério da Saúde, 2006. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/biosseguranca_laboratorios_biomedicos_microbiologia.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS. DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Classificação de risco dos agentes biológicos**. Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 01** – Disposições Gerais. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06** – Equipamento de Proteção Individual - EPI. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <<https://www.target.com.br/pdf.js/web/viewer.html?file=/cacheviewer/27/88961/{40AB12AD-0B28-403F-A369-ACAEFF6B69A4}/238250783/14/igorrtkd@gmail.com#page=1&zoom=page-width&search=NR6%20NR6>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 09** - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15** – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17** - Ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1996. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-17-ergonomia>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BRASIL. **Portaria n. 3.214 de 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, do Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. In: Segurança e Medicina do Trabalho. 64 ed. São Paulo: ATLAS, 2009. p. 9 – 10.

BRASIL. **Lei n. 8.213 de 24 de julho de 1991**. Planos de Benefícios da Previdência Social. Brasília, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm>. Acesso em: 26 mai. 2017.

BRASIL. **Portaria Nº 1.693 de 05 de dezembro de 1994**. Fica criado a Área de Engenharia Ambiental. [s. l.], 1994. Disponível em: <<http://www.poli.ufrj.br/ambiental/arquivos/PORTMEC1693-94.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

BRASIL. Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Aprova o "**Referenciais de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**". Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_09_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BROWN, A. E. P. **Análise de Risco**. Boletim Técnico, Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/boletim/3-1.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2017.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Elsevier Brasil, 2013.

CANZIANI, Alex. **Do sonho a realidade: os 10 anos do câmpus Londrina da UTFPR**. 1. ed. Londrina, 2017.

CARDELLA, B. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes: uma abordagem holística**. 1. ed. São Paulo, 2008.

COSTALONGA, Ademir Geraldo Cavallari; FINAZZI, Guilherme Antonio; GONÇALVES, Marco Antonio. **Normas de Armazenamento de Produtos Químicos**. 2010. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Higiene e Segurança, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010. Disponível em: <<http://www.unesp.br/pgp/pdf/iq2.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

DE SOUZA, Kátia Reis; ATHAYDE, Milton; LACOMBLEZ, Marianne. **Ivar Oddone e sua contribuição para o campo da Saúde do Trabalhador no Brasil**. Rev. bras. Saúde ocup, v. 38, n. 128, p. 280-291, 2013.

EN ISO 16032:2003. Acoustics – **Measurement of Sound Pressure Level from Service Equipment in Building** – Engineering method. CEN/TC 126/WG 1.

FILHO, Antonio Ferreira Verga. **Segurança em laboratório químico: Minicurso**. 2008. Disponível em: <http://www.iqm.unicamp.br/sites/default/files/manual_de_seguranca_em_laboratorio_quimico.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2018.

FERREIRA, L. S.; PEIXOTO, N. H. **Segurança do Trabalho I**. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2012.

FLORENCE, Gerson; CALIL, Saide J.. Gerenciamento de risco aplicado ao desempenho de equipamentos médicos. In: **congresso METROLOGIA-2003– Metrologia para a Vida, Sociedade Brasileira de Metrologia, Recife**. 2003.

Fundação Oswaldo Cruz. **Armazenamento de Produtos Químicos**. 2018. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/armazenamento_de_produtos_quimicos.html>. Acesso em: 28 maio 2018.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28–54, 2004.

HÖKERBERG, Y. H. M. et al.. O processo de construção de mapas de risco em um hospital público. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 11, n. 2, p. 503–513, 2006.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. 2017.

KORNIS, Mônica. Departamento Nacional do Trabalho (DNT) In: CPDOC, **Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil**. Disponível em <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/departamento-nacional-do-trabalho-dnt>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

LEITE, A. C. S.; SILVA, P. A. B.; VAZ, A. C. R. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 166–181, dez. 2005.

MATTOS, Ubirajara A. de O.; FREITAS, Nilton B. B. Brazilian risk map: limited applicability of a worker model. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 10, n. 2, p. 251-258, 1994.

MATTOS, Ubirajara; MÁSCULO, Francisco S.. Higiene e segurança do trabalho. **São Paulo**, 2011.

MIHELICIC, James R.; AUER, Martin T. **Fundamentals of environmental engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Normas Regulamentadoras**, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

MIRANDA, Carlos Roberto. **OHSAS 18002 Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional - Diretrizes para a implementação da OHSAS 18001**. Disponível em: <www.higieneocupacional.com.br/download/ohsas18002.doc>. Acesso em: 22 mai. 2017.

RANGEL, Silvana Valitutto Duncan et al. Segurança em práticas de ensino em Laboratórios de Engenharia. **Revista Práxis**, v. 6, n. 12, 2014.

REIS, F. A. G. V. et al. Contextualização dos cursos superiores de meio ambiente no Brasil: engenharia ambiental, engenharia sanitária, ecologia, tecnólogos e sequenciais. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 2, n. 1, 2005.

RIDLEY, John; CHANNING, John. **Safety At Work (Sixth Edition)**. 2003.

SANGIONI, L. A. et al. Principles of biosafety applied to microbiology and parasitology laboratories in universities. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 91–99, 2013.

SANTOS, J. dos. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho: mapa de risco**. Centro Universitário Fundação Santo André, 2009. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/higiene/artigos/introd.doc>>. Acesso em 10 de maio de 2014.

SALGUEIRO, Amanda Viana. **Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente**. 2006. 59 f. Monografia - Curso de Curso de Formação Técnica em Gestão em Serviços de Saúde, Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/monografia/49.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

SEGPLAN. **Manual de Elaboração Mapa de Riscos**. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento, [s.d.], Goiânia. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-11/manual-de-elaboracao-de-mapa-risco.pdf>>. Acesso em: 09 mai.2017.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE (England). Occupational Health And Safety Service (Org.). **Guidance for Safe Use of Laboratory Ducted Fume Cupboards**. 2018. Disponível em: <<https://www.safety.admin.cam.ac.uk/files/hsd029c.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

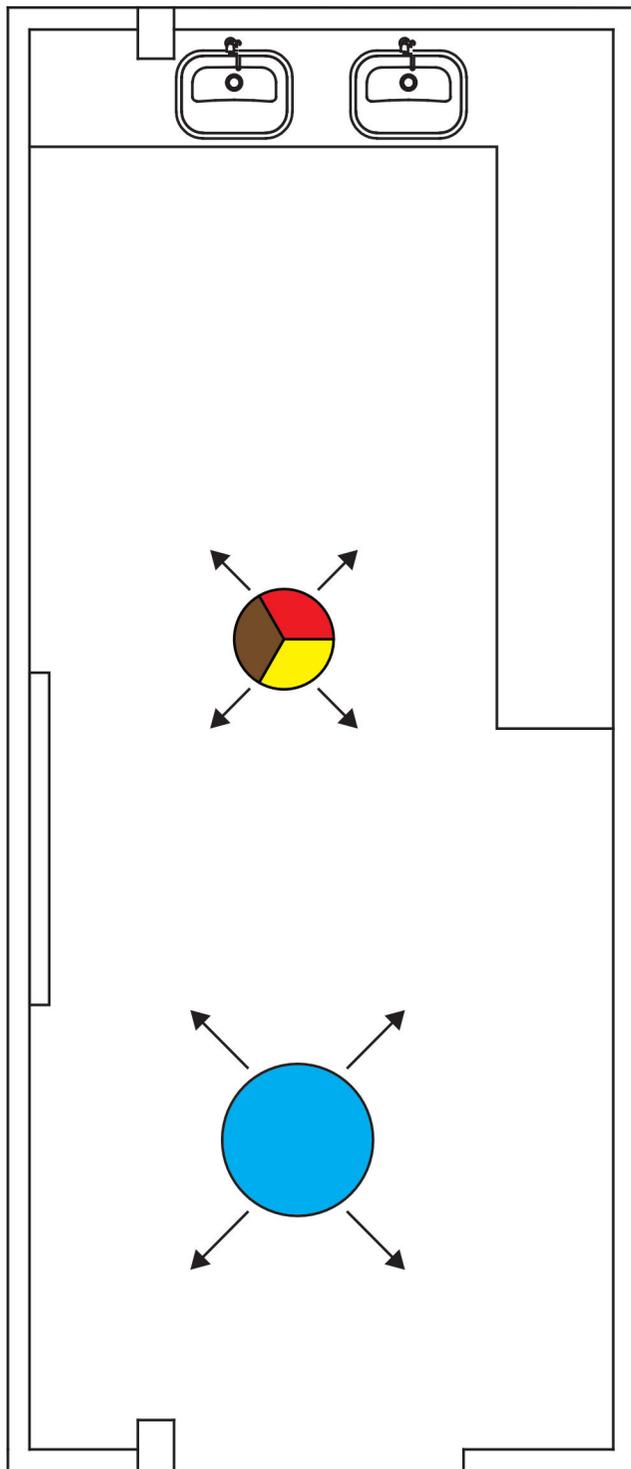
UTFPR. **Projeto Pedagógico Do Curso De Graduação**. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/londrina/cursos/bacharelados/Ofertados-neste-Campus/engenharia-ambiental/projeto-politico-pedagogico-do-curso>>. Acesso em: 24 de maio de 2017.

ZOLANDZ, D.; GIBSON, J. Safety survey reveals lab risks. **Nature**, v. 493, n. 7430, p. 9–10, 2013.

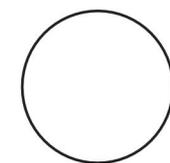
APÊNDICE A – Mapas de risco

MAPA DE RISCOS

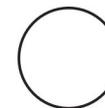
LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA S001



- Contatos com produtos químicos.
- Contato com micro-organismos presentes em lodo de esgoto.
- Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso.
- Queda de materiais e equipamentos, quebra de vidrarias de tropeço.



Grande



Médio



Pequeno



Risco Físico



Risco Químico



Risco Biológico



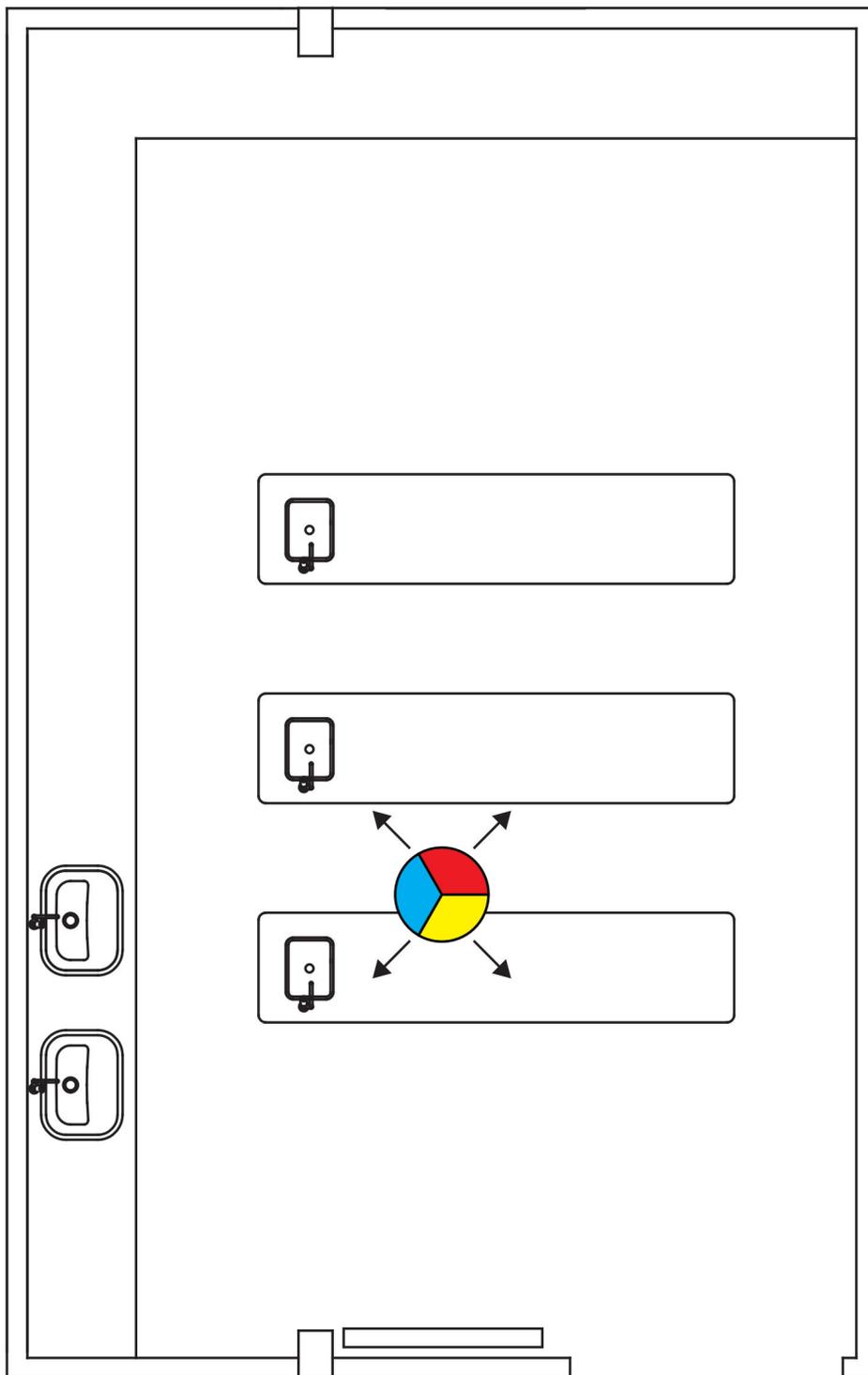
Risco Ergonômico



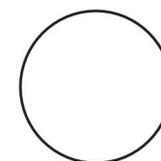
Risco de Acidentes

MAPA DE RISCOS

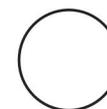
LABORATÓRIO DE SOLOS S002



- Contatos com produtos químicos, amostra solos contaminados.
- Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso, movimentos repetitivos.
- Queda de materiais e equipamentos, risco de quebra de vidrarias.



Grande



Médio



Pequeno



Risco Físico



Risco Químico



Risco Biológico



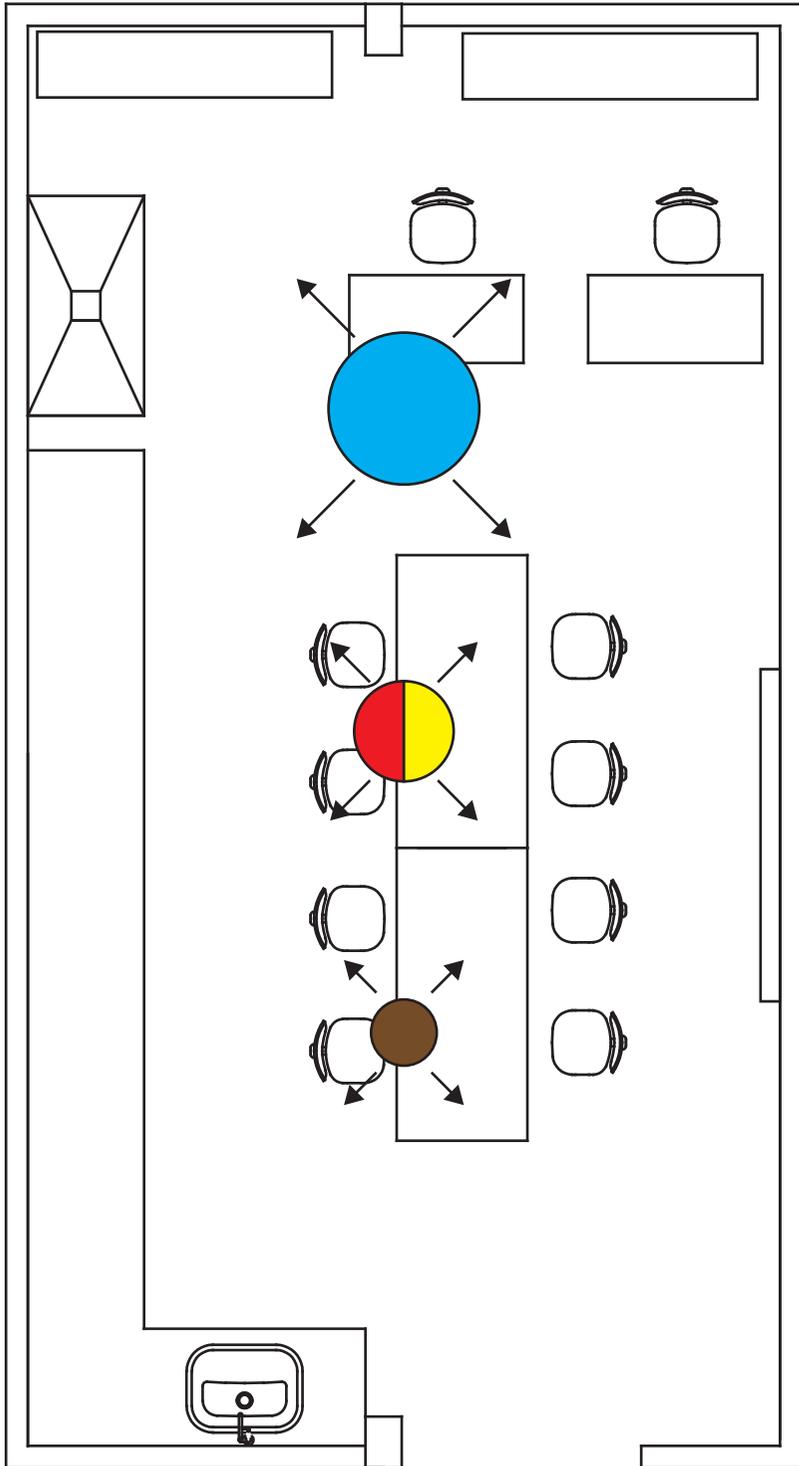
Risco Ergonômico



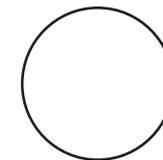
Risco de Acidentes

MAPA DE RISCOS

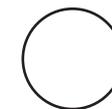
LABORATÓRIO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS - S003



- Utilização de produtos químicos nas diversas atividades.
- Contato com efuentes líquidos para análises, amostras coletadas em campo.
- Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso, movimentos repetitivos.
- Queda de materiais e equipamentos, risco de quebra de vidrarias, queimadura em contato com a mufla.



Grande



Médio



Pequeno



Risco Físico



Risco Químico



Risco Biológico



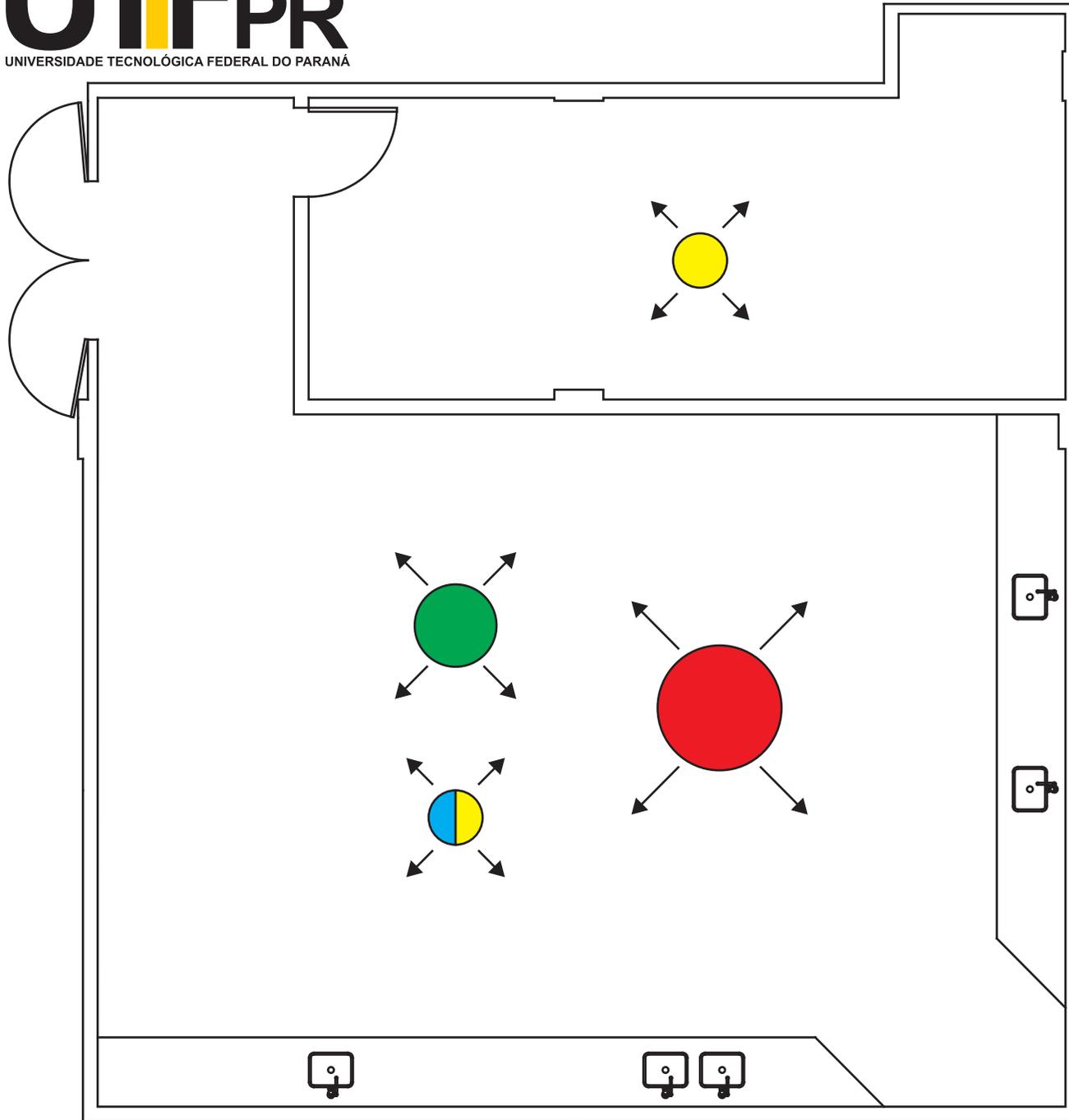
Risco Ergonômico



Risco de Acidentes

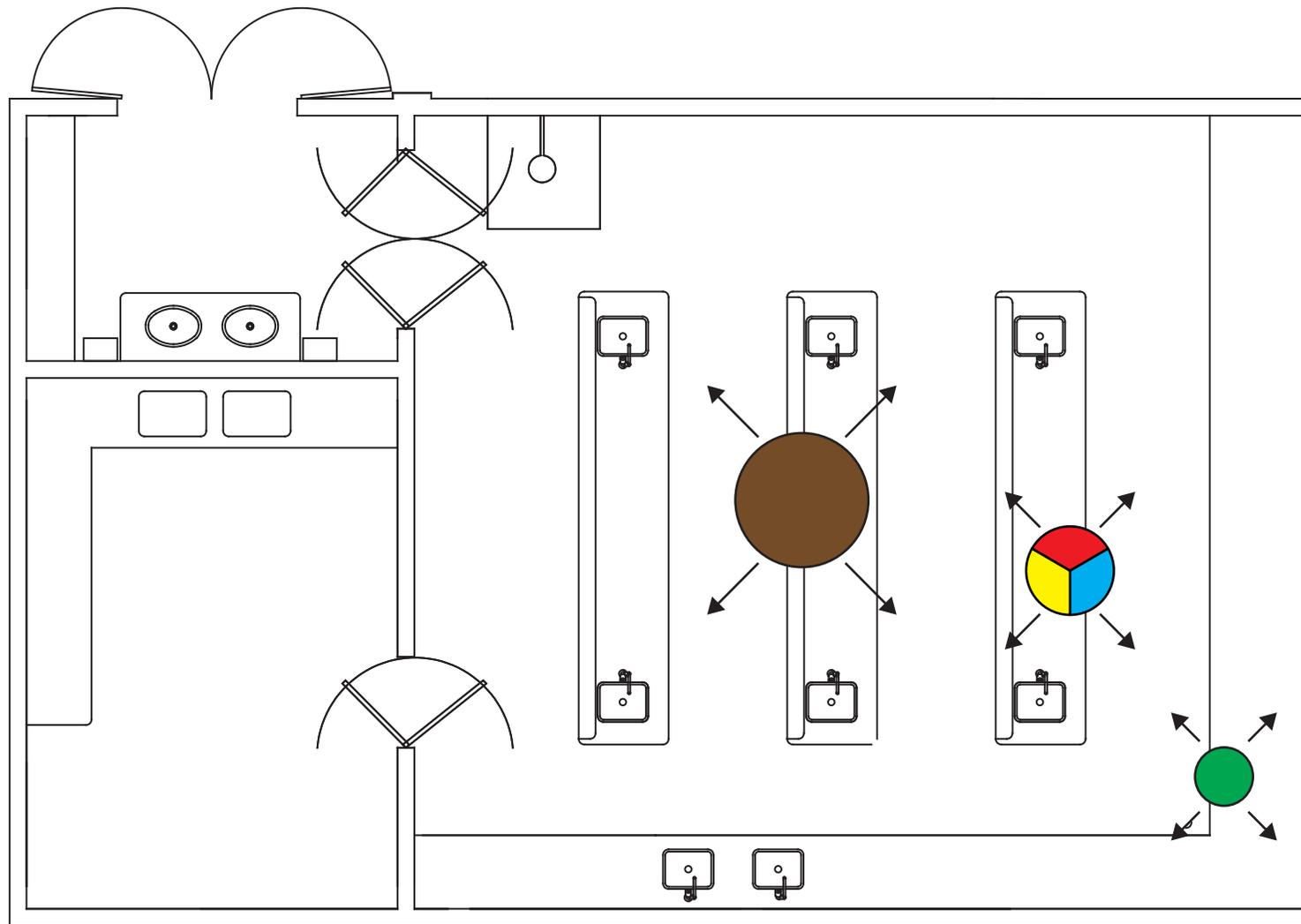
MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE ENERGIA - B301



- Ruído dos equipamentos, calor desprendido dos módulos experimentais.
- Contato com produtos químicos nas diversas atividades.
- Posturas inadequadas no assento, posturas forçadas eventuais.
- Queimaduras, queda de materiais e equipamentos.

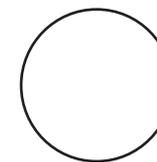
	Grande		Risco Físico
	Médio		Risco Químico
	Pequeno		Risco Biológico
			Risco Ergonômico
			Risco de Acidentes



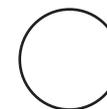
- Produtos químicos utilizados
- Ruído proveniente da capela
- Posturas forçadas de forma eventual, movimento repetitivo para lavagem de vidrarias.
- Risco de queimadura, quebra de vidrarias.
- Contato com micro-organismos.

MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA - A307



Grande



Médio



Pequeno

Risco Físico

Risco Químico

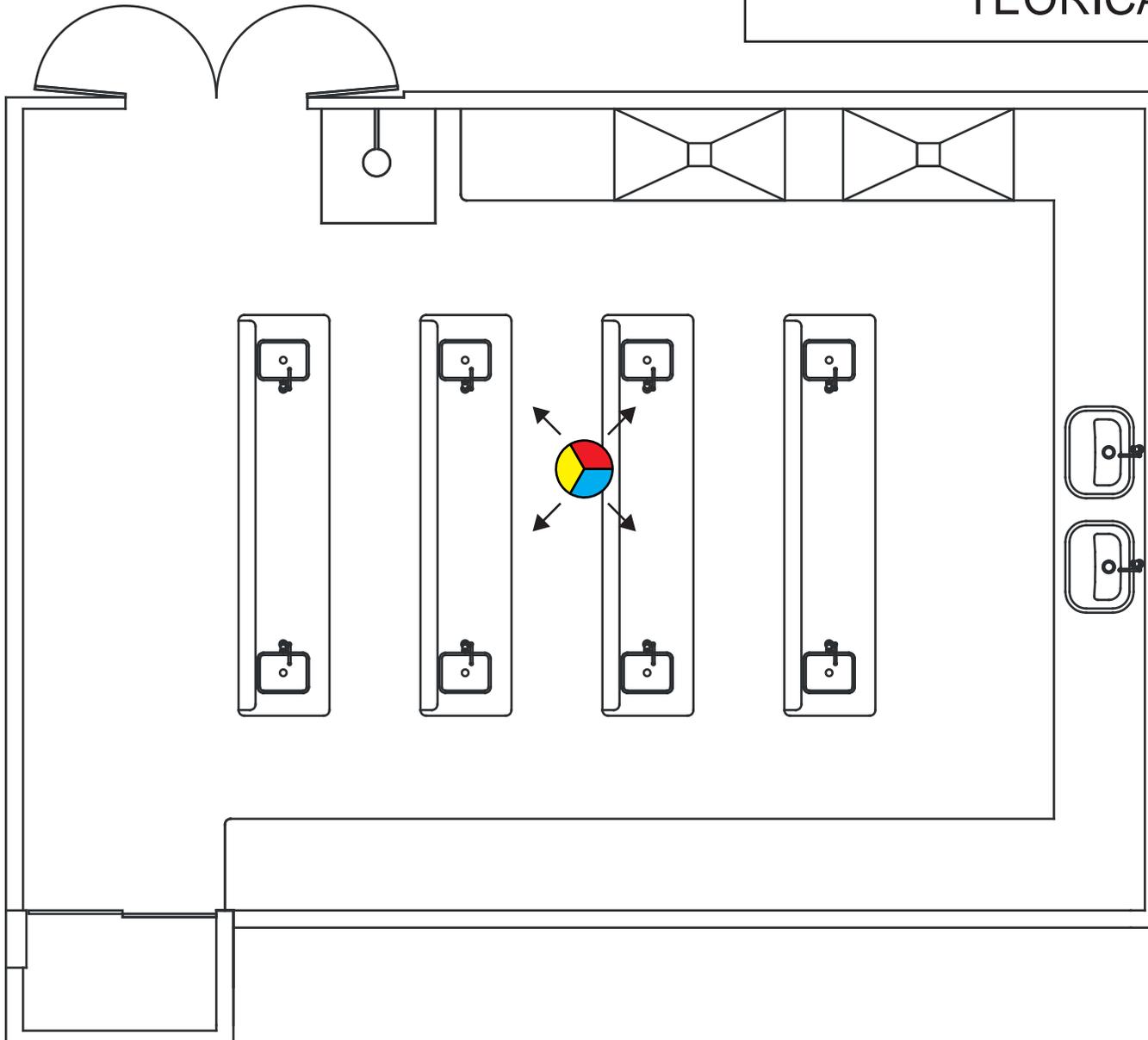
Risco Biológico

Risco Ergonômico

Risco de Acidentes

MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE ECOLOGIA TEÓRICA E APLICADA - A308

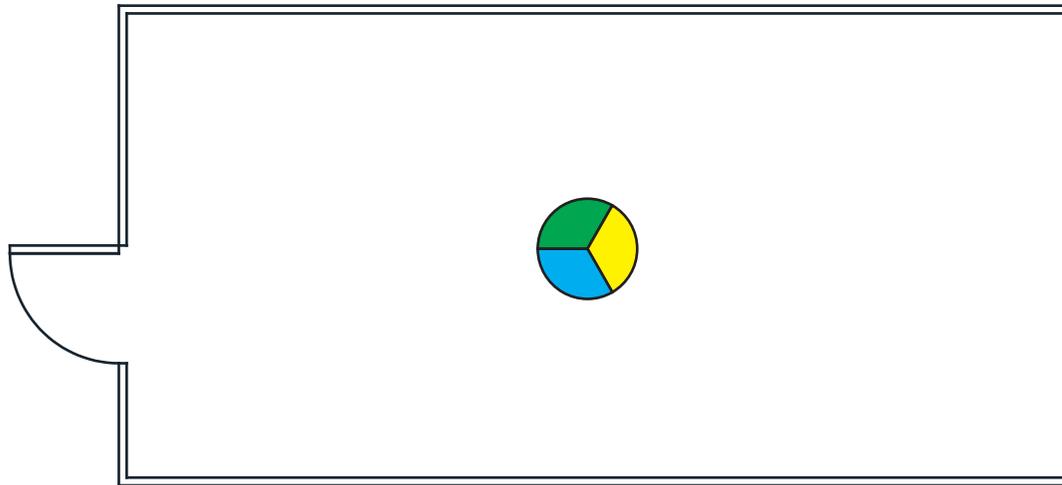


- Contato com produtos químicos.
- Posturas forçadas de forma eventual.
- Risco de queimadura, quebra de vidrarias.

- | | |
|-----------|----------------------|
| ○ Grande | ■ Risco Físico |
| ○ Médio | ■ Risco Químico |
| ○ Pequeno | ■ Risco Biológico |
| | ■ Risco Ergonômico |
| | ■ Risco de Acidentes |

MAPA DE RISCOS

ESTUFAS E1 e E2

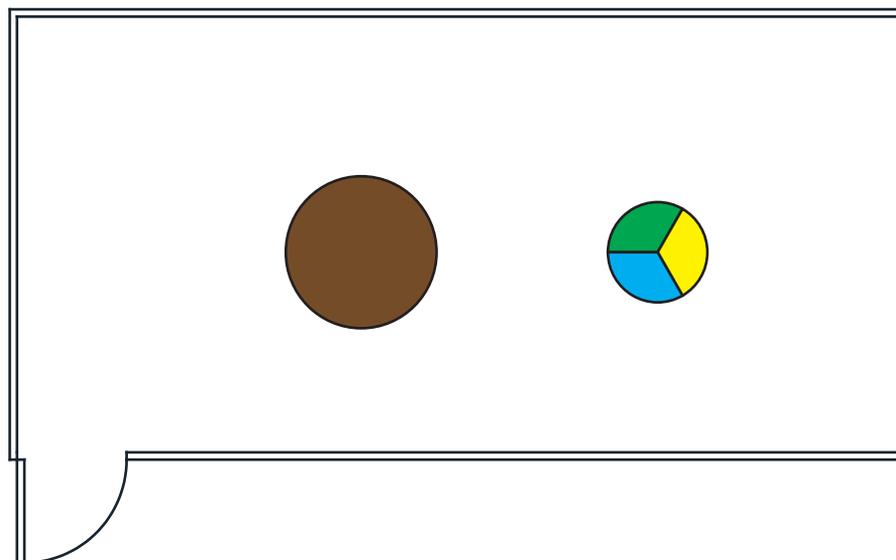


- Exposição a luz solar e ao calor.
- Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso.
- Queda de materiais e equipamentos.

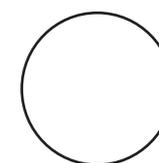


MAPA DE RISCOS

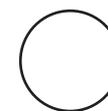
ESTUFA E3 - GERENCIAMENTO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS



- Exposição a luz solar e ao calor.
- Posturas forçadas de forma eventual.
- Risco de queda de ferramentas, materiais e choque com ferramentas utilizadas nas atividades.
- Contato com micro-organismos possivelmente patogênicos.



Grande



Médio



Pequeno



Risco Físico



Risco Químico



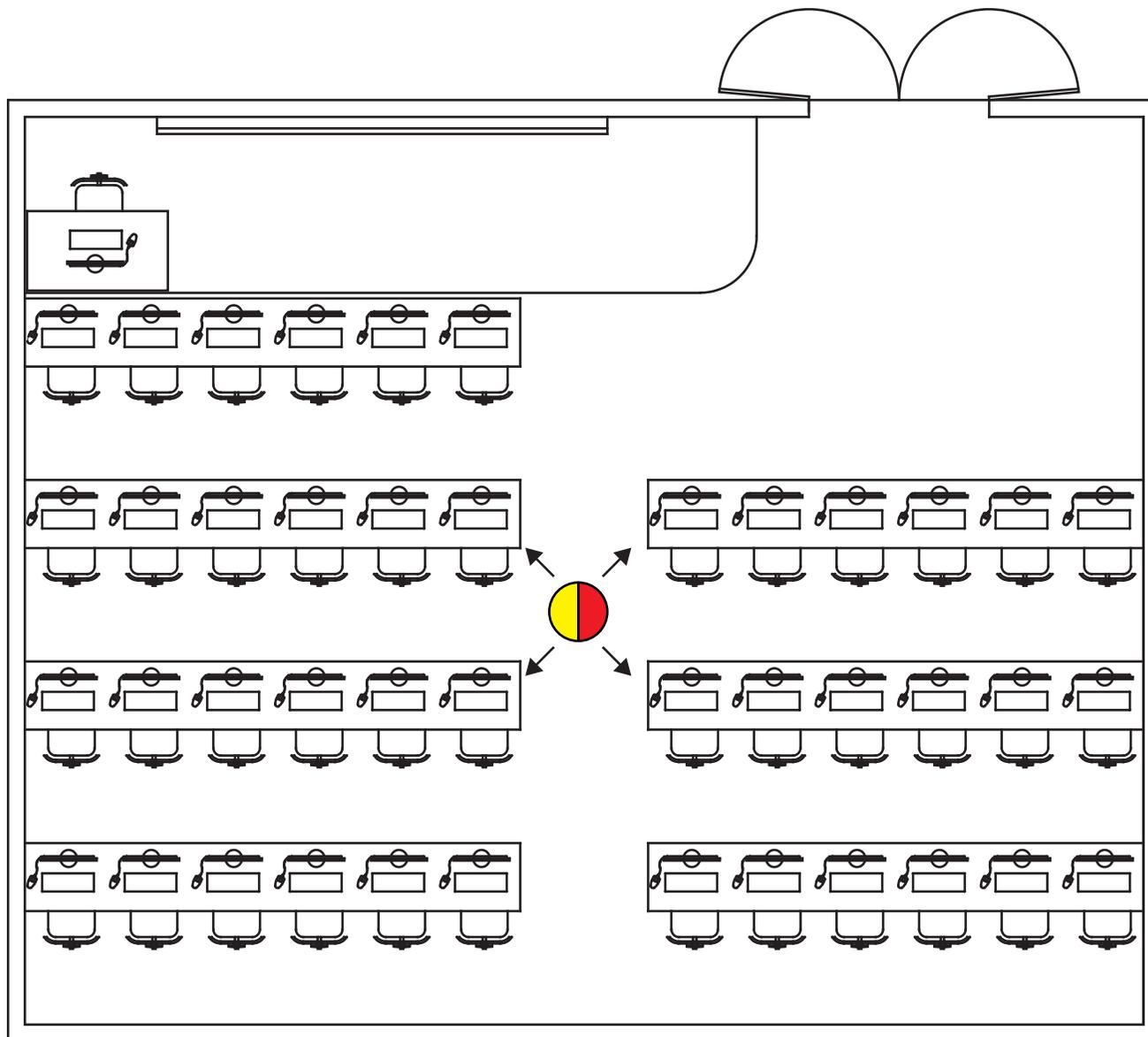
Risco Biológico



Risco Ergonômico

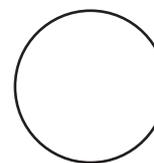


Risco de Acidentes

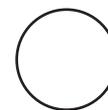


● Concentração elevada de CO₂

● Posturas inadequadas no assento.



Grande



Médio



Pequeno



Risco Físico



Risco Químico



Risco Biológico



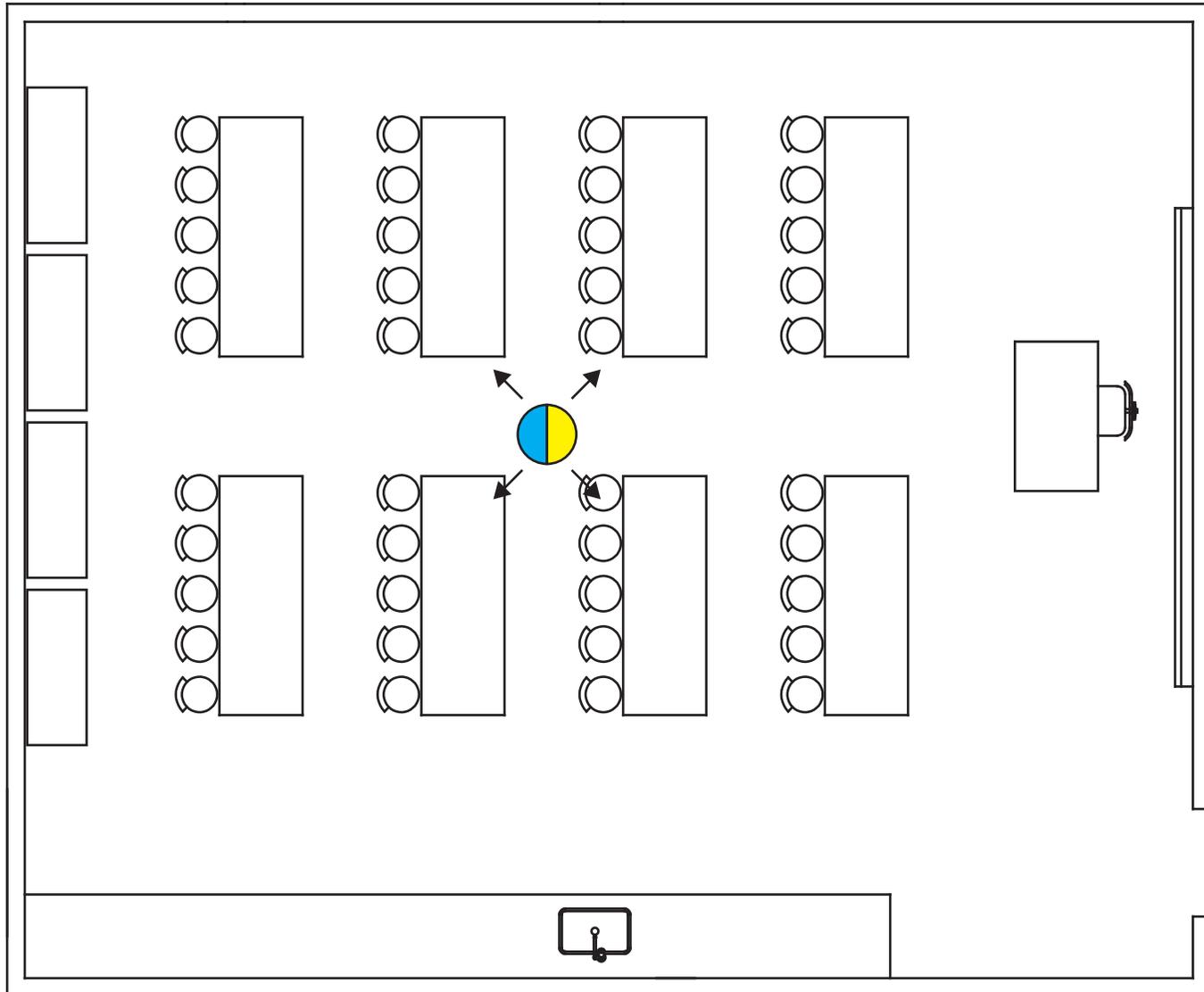
Risco Ergonômico



Risco de Acidentes

MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE FÍSICA 1 K201

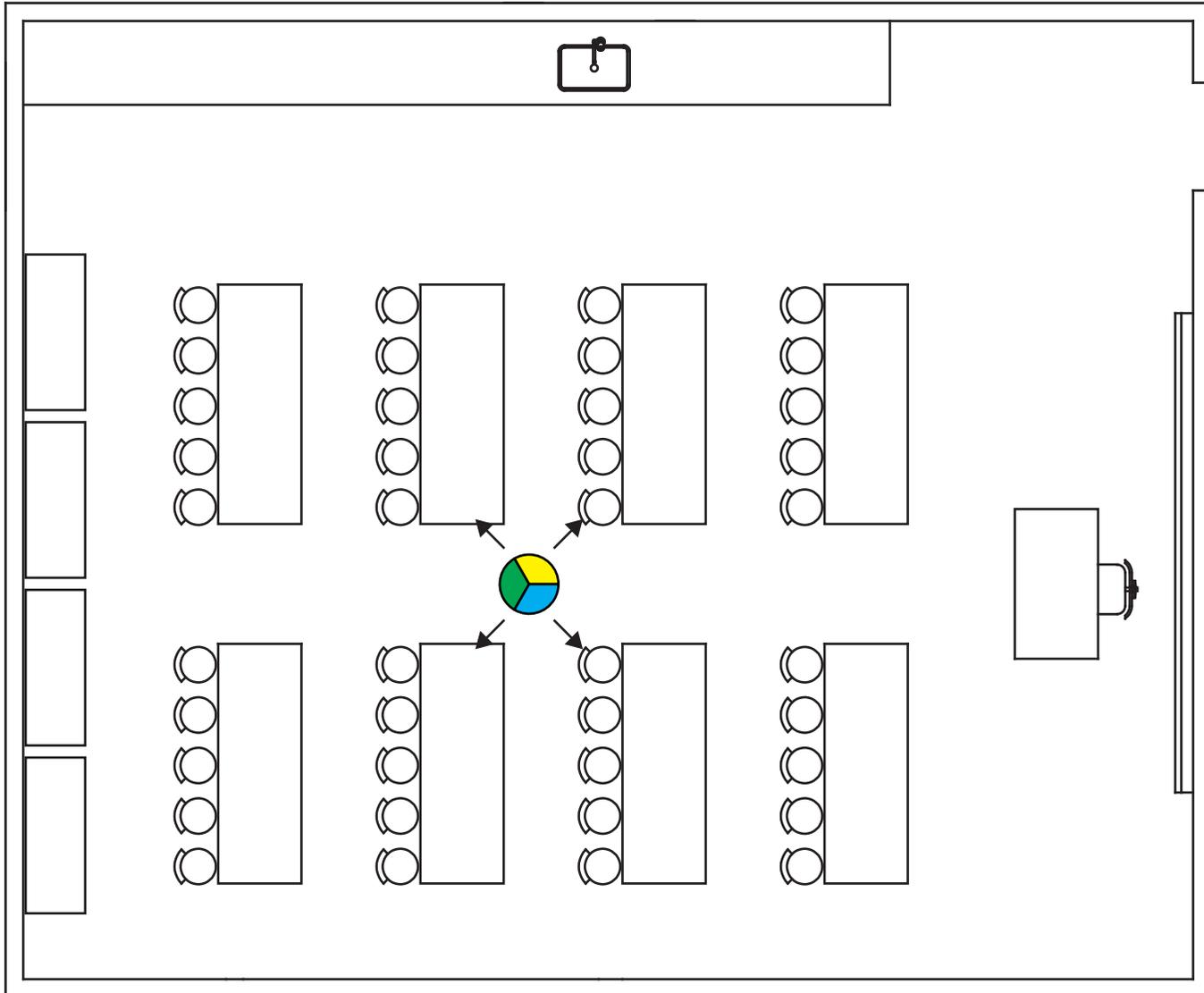


- Posturas forçadas de forma eventual.
- Queda de materiais e equipamentos, risco de choque elétrico e colisões com objetos.



MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE FÍSICA 2 K204

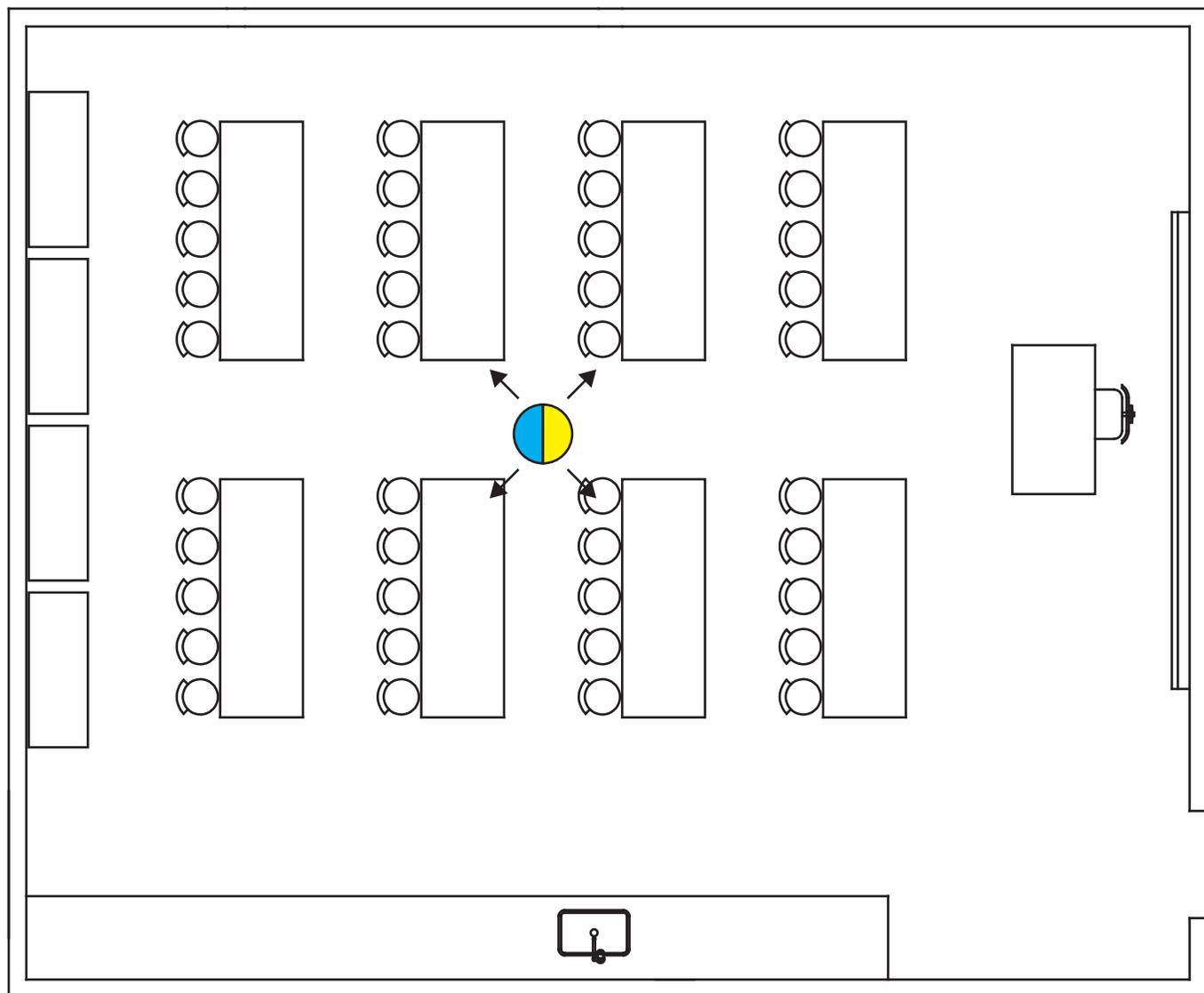


- Radiações não-ionizantes.
- Posturas forçadas de forma eventual.
- Choque com corpos de prova com experimentos de oscilações e ondas mecânicas e queimaduras.



MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE FÍSICA 3 K301

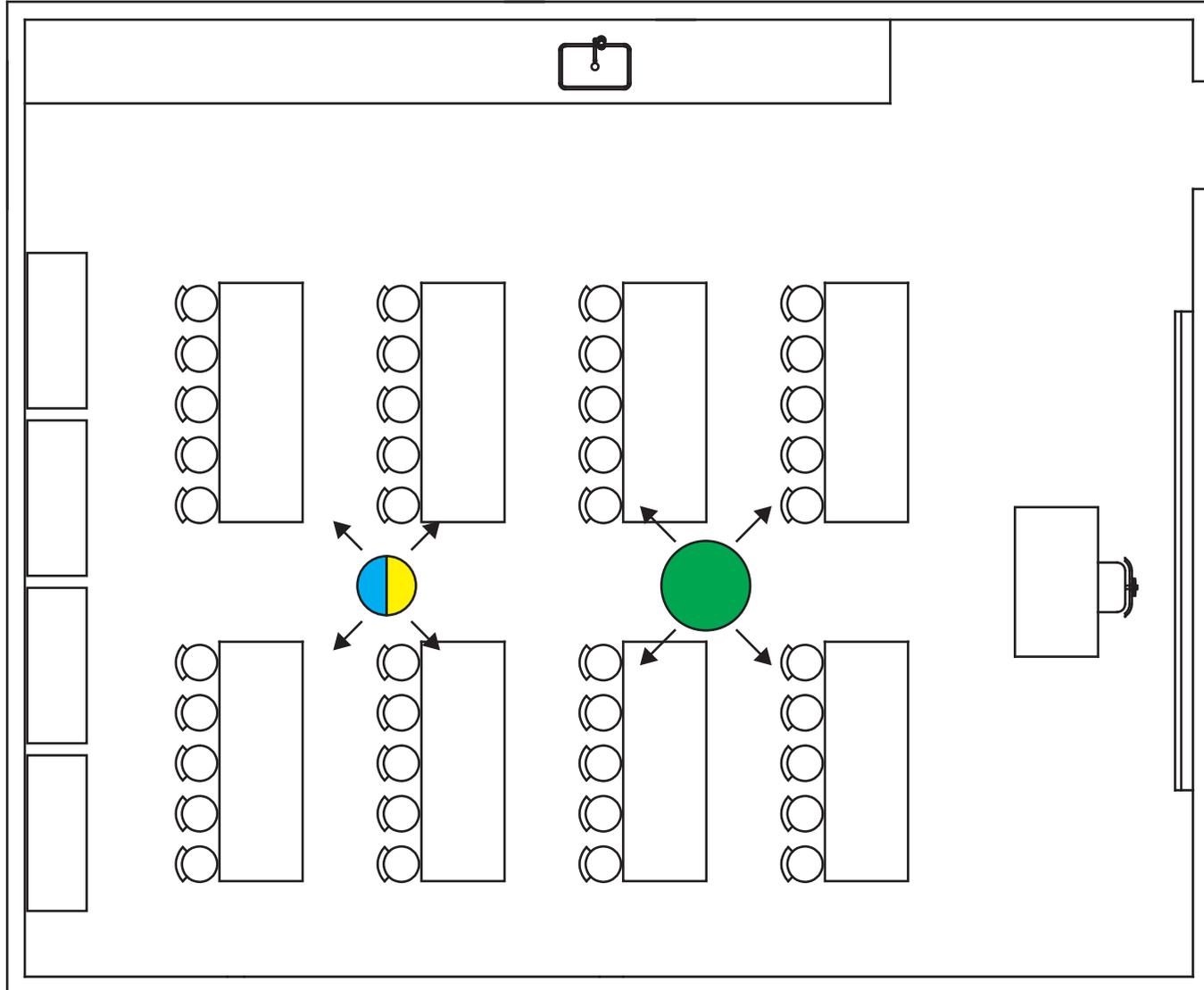


- Posturas forçadas de forma eventual.
- Choque elétricos e choque com corpos em movimento.

● Grande	■ Risco Físico
● Médio	■ Risco Químico
● Pequeno	■ Risco Biológico
	■ Risco Ergonômico
	■ Risco de Acidentes

MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIO DE FÍSICA 4 K304

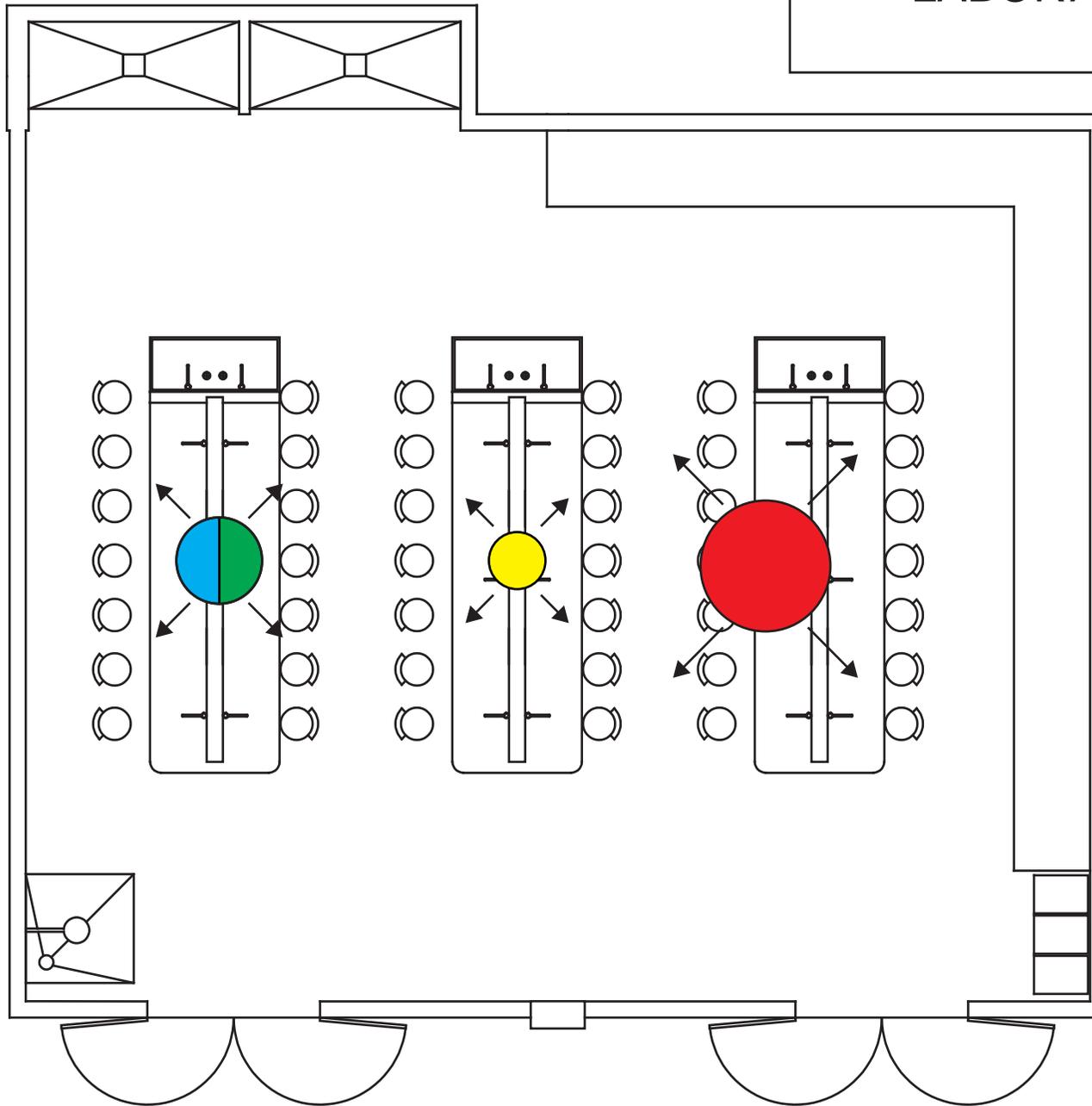


- Exposição dos olhos a radiações não ionizantes como lasers e lâmpadas de, luminosidade intensa.
- Posturas forçadas de forma eventual, carregamento manual de peso.
- Choque elétrico



MAPA DE RISCOS

LABORATÓRIOS DE QUÍMICA - K008, K009 e K010

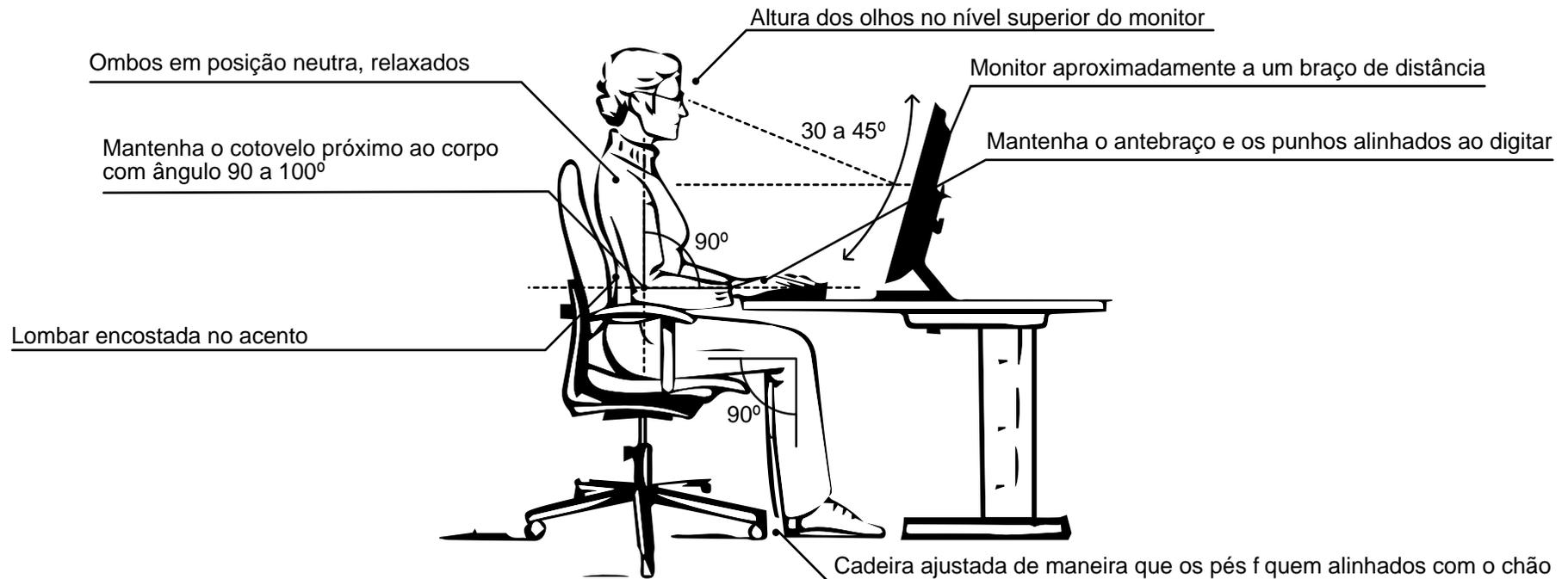


- Ruído proveniente da capela e queimaduras.
- Contatos com produtos químicos.
- Posturas forçadas de forma eventual.
- Queda de materiais e equipamentos, risco de quebra de vidrarias.



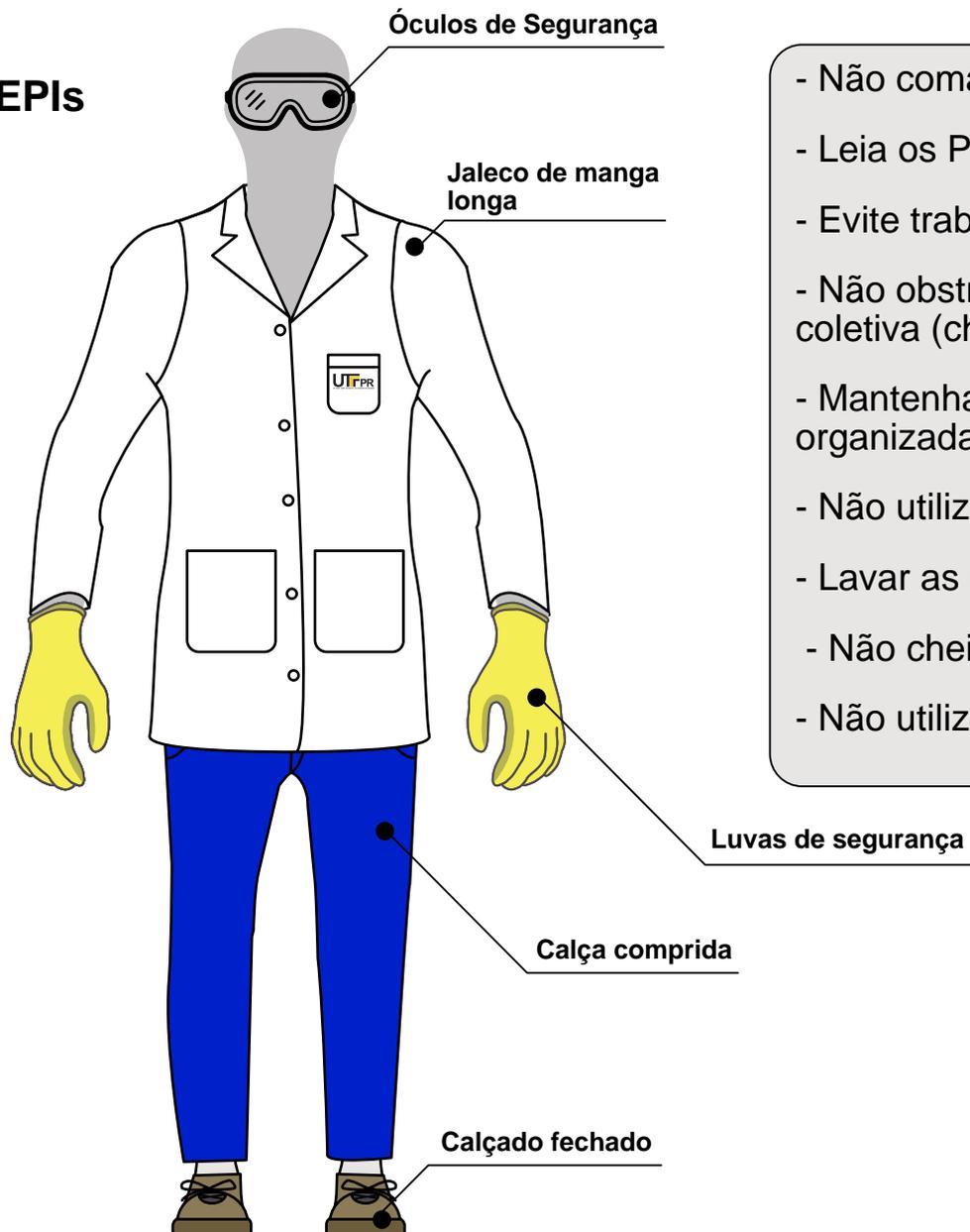
APÊNDICE B – Fichas de Recomendação

RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA DO TRABALHO E ERGONOMIA



RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA DO TRABALHO

EPIs



- Não coma nem beba no laboratório;
- Leia os POPs e Manuais dos Equipamentos quando disponíveis;
- Evite trabalhar sozinho no laboratório;
- Não obstrua a área de circulação nem os equipamentos de proteção coletiva (chuveiro de segurança, lava olhos e extintores de incêndio);
- Mantenha as bancadas e as mesas de trabalho sempre limpas e organizadas;
- Não utilizar cabelo solto, quando longo;
- Lavar as mãos sempre ao final dos procedimentos;
- Não cheire nem leve materiais e vidrarias a boca;
- Não utilize lentes de contato no laboratório.

APÊNDICE C - Dados da Checklist

Questão vs Lab	Estrutura Física							Eletricidade e Equipamentos															
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A307	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N.A	N.A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
A308	S	S	N	N.A	N	S	S	S	S	S	N.A	N.A	S	S	S	N	S	S	S	S	S	N.A	N.A
B301	S	S	N	N.A	N	S	S	S	S	S	N.A	N.A	S	S	S	N	S	S	S	S	S	N.A	N.A
E1	S	S	N	N.A	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
E2	S	S	N	N.A	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
E3	S	S	N	N.A	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
S001	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	N.A	N.A	S	N	N	N	N.A						
S002	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	N.A	N.A	S	N	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
S003	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	N.A	N.A	S	N	S	N	N	N.A	N.A	N.A	S	S	S
K008	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S
K009	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S
K010	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N.A	N.A	S	S
K107	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K109	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K113	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K201	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K204	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K301	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												
K304	S	S	N.A	N.A	N	S	S	N	S	S	N.A												

S – Sim; N- Não; N.A – Não aplicável

Questão vs Lab	Eletricidade e Equipamentos									Proteção contra Incêndios		Sinalização de segurança						
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	1	2	3	4	5	6	7
A307	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N.A	N.A	N.A	N	N	S	N	S	N
A308	N	N	S	N.A	N.A	S	N	S	N	N.A	N.A	N.A	N	S	S	N	S	N
B301	N	N	S	N.A	N.A	S	N	S	N	N.A	N.A	N.A	N	N	S	S	S	N
E1	N.A	N.A	N.A	S	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N.A	N	N	S	N
E2	N.A	N.A	N.A	S	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N.A	N	N	S	N
E3	N.A	N.A	N.A	S	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N.A	N	N	S	N
S001	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N	S	S	N	N	S	N	S	N
S002	N	N	S	N.A	N.A	S	N	S	S	N	S	S	N	S	N	N	S	N
S003	N	N	S	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N	N	N	S	N	N	N	N	S	N
K008	N	N	S	N.A	N.A	S	N	S	N	N.A	N.A	N.A	S	S	S	N	S	S
K009	N	N	S	N.A	N.A	S	N	N	N	N.A	N.A	N.A	S	S	S	N	S	S
K010	N	N	S	N.A	N.A	S	S	S	N	N.A	N.A	N.A	S	N	S	N	S	S
K107	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K109	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K113	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K201	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K204	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K301	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							
K304	N	N	N.A	N.A	N.A	N	N.A	S	N.A	S	N							

S – Sim; N- Não; N.A – Não aplicável