

**ADRIANO BEZERRA DE SIQUEIRA**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO INOVALAB@POLI**

Trabalho de Formatura apresentado  
à Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção do  
Diploma de Engenheiro de Produção

São Paulo

2014



**ADRIANO BEZERRA DE SIQUEIRA**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO INOVALAB@POLI**

Trabalho de Formatura apresentado  
à Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção do  
Diploma de Engenheiro de Produção

Orientador: Eduardo de Senzi Zancul

São Paulo

2014

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Siqueira, Adriano Bezerra de**  
**Projeto e Implantação do Inovalab@Poli / A.B. de Siqueira -**  
**São Paulo, 2014.**  
**190 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade**  
**de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.FabLab 2.Laboratórios didáticos 3.Ensino**  
**superior I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.**  
**Departamento de Engenharia de Produção II.t.**



## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
que sempre me incentivaram.*



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Antônio e Luisa por sempre trabalharem para que eu pudesse ter as oportunidades que não tiveram.

Aos meus irmãos Alessandro e Sandra pela inspiração e incentivos.

A minha namorada Cintia pelo apoio.

Ao professor Eduardo pela confiança depositada em mim para tocar o projeto.

A Arquiteta Maria Alice pela ajuda e atenção na elaboração do presente trabalho.

Ao Engenheiro Edivaldo Gaban e a Arquiteta Alessandra Miranda do Departamento de Engenharia da Poli pelas indicações de correções no projeto.

A todos os amigos inesquecíveis que fiz durante a realização do curso de Engenharia de Produção.



## EPÍGRAFE

*“A força não provém da capacidade física.*

*Provém de uma vontade indomável.”*

*Mahatma Gandhi*



## **RESUMO**

A multidisciplinaridade apresenta-se como uma atual necessidade para complementar o ensino superior. Problemas complexos, que envolvem diversas áreas de conhecimento, surgem constantemente na vida profissional de estudantes e a possibilidade de desconcentração do desenvolvimento de ideias já é uma realidade. A desconcentração permite que pessoas tenham acesso às ferramentas de desenvolvimento de produtos, antigamente disponível apenas aos departamentos de engenharia de grandes empresas.

Este trabalho final tem como objetivo realizar um projeto de uma oficina no Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. O objetivo do espaço projetado não foi ser um laboratório dedicado, mas sim um ambiente que possibilitasse qualquer estudante transformar sua idéia em um protótipo tangível. O projeto incorporou o conceito FabLab, cujo um dos principais objetivos é desconcentrar a atividade de desenvolvimento de ideias.

O trabalho apresentou duas fases: a primeira elaboração de um projeto detalhado e a segunda um plano de operação da oficina. O projeto detalhado abordou aspectos técnicos necessários ao espaço e o arranjo físico dos equipamentos da oficina a fim de garantir um espaço adequado aos objetivos aspirados. O plano de operação realizou um levantamento de propostas com pontos relevantes sobre o funcionamento da oficina.

Palavras-chave: FabLab, Laboratórios didáticos, Ensino superior.





## **ABSTRACT**

Multi task skills rises up as an actual requirement to improve student's graduation. Complex problems, which involve a lot of diverse knowledge, show up constantly in the student's professional life and the possibility to decentralize the development of ideas is already a reality. The decentralization offers people the access they need to the development product tools, beforetime only accessible in the engineering department of big companies.

This graduation paper has the goal to design a workshop in the Departamento de Engenharia de Produção of the Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. The goal of this space is not to be a dedicated factory, but It is to be an environment that turn possible any student develop ideas. The design incorporated the FabLab idea, which has the decentralization as one of its main goal.

This paper is divided in two steps: the first one is the complete design of the workshop and the second one is an operation plan of the space. The complete design approached technical requirements and the workshop's layout to guarantee a proper space for the students. The operation plan proposes few important points about de workshop's running.

Keywords: FabLab, Educational laboratories, Higher education



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projeto e implantação da oficina InovaLab@Poli .....	17
Figura 2: Disposição inicial estimada da oficina.....	19
Figura 3: Imagens registradas da Oficina dia 11/02/2014.....	20
Figura 4: Pesquisa bibliográfica orientada ao projeto detalhado.....	23
Figura 5: Pesquisa bibliográfica orientada ao plano de implantação e operação .....	23
Figura 6: Fases de um sistema SLP .....	26
Figura 7: Procedimentos do modelo SLP para determinação do arranjo físico .....	26
Figura 8: Os níveis de decisões de um arranjo físico .....	27
Figura 9: Abordagem convencional para realização de um leiaute.....	29
Figura 10: Sistema aberto x Sistema fechado.....	34
Figura 11: Contraste entre tarefa e atividade.....	35
Figura 12: Método para execução de projetos proposto por Gurgel (1999).....	38
Figura 13: Equipamentos de um FabLab.....	43
Figura 14: Funções do CITRIS Invention Lab .....	44
Figura 15: Horários e agendamento de equipamentos no CITRIS Invention Lab .....	45
Figura 16: Lista de itens a venda no CITRIS Invention Lab.....	46
Figura 17: Citris Invention Lab .....	46
Figura 18: Fab Foundation .....	47
Figura 19: Leiaute de Fab Lab de Chicago.....	48
Figura 20: Treinamento on-line do Stanford Realization Lab.....	49
Figura 21: Fornecedores de materiais recomendados pelo Product Realization Lab.....	50
Figura 22: Entregas do projeto detalhado.....	51
Figura 23: Localização do Torno CNC CT105 .....	52
Figura 24: Contraste entre as representações do espaço da oficina.....	54
Figura 25: Painel de ferramentas .....	57
Figura 26: Carta de interligações da área de montagem.....	57
Figura 27: Trabalhos manuais de montagem.....	58
Figura 28: Mapa de fluxo genérico da área de montagem .....	59
Figura 29: Carta de interligações preferenciais da área de prototipagem.....	60
Figura 30: Redes de ar comprimido .....	60
Figura 31: Ferramentas reservadas para área de prototipagem .....	61
Figura 32: Mapa de fluxo genérico da área de montagem .....	62
Figura 33: Reformulação do espaço reservado ao escritório.....	64
Figura 34: Divisória dos espaços.....	65
Figura 35: Ilustração da distribuição dos circuitos elétrico da oficina.....	67
Figura 36: Instalação do Centro de Usinagem CM55 dia 11 de março de 2014.....	70
Figura 37: Configurações de instalação de Centro de Usinagem CM55.....	71
Figura 38: Ar-condicionado instalado da oficina .....	72
Figura 39: Tubulação de ar comprimido .....	73
Figura 40: Espaço reservado à sala do compressor .....	74
Figura 41: Danos causados na tubulação devido à umidade .....	75

Figura 42: Saída do tubo de exaustão .....	76
Figura 43: Espaço planejado para entrada e área de marcenaria .....	77
Figura 44: Espaço planejado para área de prototipagem .....	77
Figura 45: Gerenciamento visual de operação de maquinário.....	79
Figura 46: Fluxo típico de um relatório A3 de proposta.....	80
Figura 47: Materiais cuja administração é de responsabilidade da oficina.....	82
Figura 48: Proposta do programa de treinamento da oficina .....	83
Figura 49: Indicação visual do uso de EPI.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico .....	29
Tabela 2: Ilustração dos resultados dos grupos de PMR 2201 examinados.....	53
Tabela 3: Entregas realizadas na elaboração do leiaute detalhado .....	55
Tabela 4: Entregas realizadas na especificação técnica.....	63
Tabela 5: Comparação do índice de absorção dos materiais propostos .....	66
Tabela 6: Levantamento da demanda elétrica da oficina .....	68
Tabela 7: Divisão dos circuitos elétricos da oficina .....	69
Tabela 8: Entregas realizadas na consolidação do projeto detalhado.....	72
Tabela 9: Dimensionamento do compressor .....	74



# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Definição do problema e escopo do trabalho.....	13
1.2. Ambiente de realização do trabalho.....	15
1.3. Relevância do tema abordado .....	16
1.4. Divisão do trabalho .....	16
2. DIAGNÓSTICO DA OFICINA .....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1. O projeto do arranjo físico .....	24
3.1.1. Sistema SLP proposto por Müther (1978).....	25
3.1.2. Os três níveis de decisão propostos por Slack (2002) .....	27
3.1.3. Abordagem convencional proposta por Sule (1988).....	29
3.2. Requisitos técnicos .....	30
3.2.1. Desenho arquitetônico.....	30
3.2.2. Elétrica .....	32
3.2.3. Acústica.....	32
3.2.4. Ar comprimido .....	33
3.3. Segurança e ambiente de trabalho .....	33
3.4. Fluxo de materiais.....	37
3.5. Organização e treinamento .....	39
4. BENCHMARKING .....	43
4.1. CITRIS Invention Lab .....	44
4.2. MIT's Center for Bits and Atoms .....	47
4.3. Product Realization Lab .....	48
5. PROJETO DETALHADO DA OFICINA .....	51
5.1. Pressupostos do projeto detalhado .....	52
5.2. Levantamento das dimensões .....	54
5.3. Leiaute detalhado .....	55
5.3.1. Escritório .....	56
5.3.2. Área de montagem e equipamentos de marcenaria .....	56
5.3.3. Área dos equipamentos de prototipagem .....	60
5.4. Especificações técnicas .....	63

5.4.1.	Especificações arquitetônicas .....	64
5.4.2.	Especificações elétricas .....	67
5.4.3.	Reformulação do leiaute .....	70
5.5.	Sistema de ar comprimido e consolidação do projeto detalhado .....	71
6.	PLANO DE OPERAÇÃO .....	79
6.1.	Organização do trabalho .....	81
6.2.	Fluxo de materiais .....	81
6.3.	Treinamento dos alunos .....	82
7.	CONCLUSÃO .....	85
8.	BIBLIOGRAFIA .....	87
	APÊNDICE A – DETALHAMENTO E DIMENSÕES - V1.0 .....	91
	APÊNDICE B – INVENTÁRIO DA OFICINA .....	95
	APÊNDICE C – PLANTA INOVALAB - V2.0 .....	97
	APÊNDICE D – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V2.0 .....	103
	APÊNDICE E – PLANTA INOVALAB – V3.0 .....	107
	APÊNDICE F – INVENTÁRIO ELÉTRICO DO MAQUINÁRIO DA OFICINA .....	117
	APÊNDICE G – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V3.0 .....	123
	APÊNDICE H – PLANTA INOVALAB - V4.0 .....	129
	APÊNDICE I – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V4.0 .....	139
	APÊNDICE J – AR COMPRIMIDO INOVALAB - V4.0 .....	145
	APÊNDICE L – ESPECIFICAÇÃO DO COMPRESSOR .....	151
	APÊNDICE M – RELATÓRIO A3 DE PROPOSTA – INOVALAB .....	153
	ANEXO A – ENUNCIADO DO PROJETO DE PMR 2201 .....	157
	ANEXO B – PROPOSTA COMERCIAL DA CORTADORA A LASER ZL9060 .....	167
	ANEXO C – INOVALAB ARQUITETURA .....	171
	ANEXO D – INOVALAB ELETRICIDADE .....	175
	ANEXO E – PROPOSTA COMERCIAL NOWAK .....	179
	ANEXO F – PROPOSTA COMERCIAL RR MÁQUINAS .....	183
	ANEXO G – PROPOSTA COMERCIAL ZAFRA .....	187



## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um projeto detalhado, o levantamento de propostas de implantação e operação de um laboratório didático na Engenharia de Produção da Poli-USP.

As propostas de implantação levantadas visaram à incorporação de práticas de criação e inovação pelos alunos, em um ambiente aberto a empreendimentos por parte dos mesmos e com possibilidades singulares de desenvolvimento de ideias. O escopo do trabalho limita-se a uma oficina com recursos de manufatura, que fará parte dos laboratórios integrantes do projeto InovaLab@Poli, mencionado neste trabalho apenas como InovaLab.

O trabalho apresentou duas macro-fases de desenvolvimento. Tais fases foram necessárias para suprir duas necessidades críticas: a realização de um projeto e a implantação do mesmo. Todo o trabalho apresenta-se dividido sob o aspecto temporal de sua realização, que foi definido principalmente pelas entregas realizadas.

Este capítulo introdutório abrange a definição do problema, utilizado como ponto de partida para delimitação do escopo e revisão bibliográfica, bem como o ambiente de realização do trabalho, a proposta de valor da oficina e a relevância do tema abordado pelo trabalho. O capítulo inclui também como foi dividido o trabalho.

### **1.1. Definição do problema e escopo do trabalho**

O problema do trabalho foi apresentado pelo Professor Dr. Eduardo Zancul, orientador do projeto, em uma reunião realizada dia 3 de fevereiro de 2014. O professor Dr. Eduardo é vice coordenador do InovaLab e ansiava à concretização da oficina como parte integrante dos laboratórios no prédio da Engenharia de Produção da Poli-USP, onde já existe uma sala de projetos ligada ao InovaLab em pleno funcionamento no segundo andar do bloco D2. Partindo da necessidade de concretização da oficina, ou seja, a transformação do espaço cedido ao InovaLab nas dependências do prédio da Engenharia de Produção, em um laboratório de cunho prático aos alunos que o problema foi definido.

Dois pontos críticos do problema foram levantados na primeira reunião de orientação, que consistiam na:

- Ausência de um projeto detalhado da oficina - A falta do projeto detalhado apresentava dois efeitos negativos. O primeiro efeito da falta do referido projeto era a paralisação do processo de licitação utilizado pela Poli-USP para contratação de serviços e compra de produtos. O segundo na ausência de um leiaute adequado à concepção do laboratório, que definiria toda a interação do tripé alunos-equipamentos-espço enquanto durasse a vida útil da oficina no local cedido; e
- Ausência de um projeto de implementação e operação condizente com a proposta de valor a ser oferecida - A falta de um projeto de implementação e operação da oficina apresentava-se como uma lacuna nos processos do InovaLab, que por sua vez influenciaria diretamente no dia a dia da oficina. Os processos ligados a operação inicialmente levantados pelo professor Dr. Eduardo foram três: o fluxo de materiais, o treinamento e a segurança.

A definição formal do problema ficou consolidada como a falta de um projeto detalhado para a oficina e a falta de definição de processos que contemplassem a implantação, a operação e a concepção da oficina.

A partir da definição do problema, o escopo do trabalho tornou-se delimitado. Esta delimitação resultou na definição de duas fases macro para realização do trabalho, cujo objetivo era sanar os dois problemas, mencionados anteriormente. O primeiro passo diz respeito à realização de um projeto detalhado, cujo resultado deveria incluir: um estudo sobre o arranjo físico da oficina e detalhes técnicos necessários. O segundo diz respeito à realização de um plano de implantação e propostas de operação da oficina, incluindo neste caso aspectos referente à operação do laboratório.

## 1.2. Ambiente de realização do trabalho

O InovaLab é um projeto que possui o objetivo contemplar laboratórios multidisciplinares, abertos aos alunos de toda USP e com os seguintes objetivos declarados<sup>1</sup>:

- Estimular o uso de recursos para inovação pelos alunos de graduação;
- Motivar os alunos para continuar aperfeiçoando a sua formação técnica; e
- Reforçar a formação de competências complementares, tais como: capacidade de trabalhar em equipe, conhecimento do mercado/cliente, criatividade para busca de soluções, capacidade de comunicação e mentalidade empreendedora.

Os objetivos em conjunto descrevem com clareza a cadeia de valor entregue pelo InovaLab aos estudantes da USP.

O contato do autor com o InovaLab foi principalmente através da realização de uma monitoria no primeiro semestre de 2013. A monitoria realizada foi da disciplina PRO2715 - Desenvolvimento de Produto e Processo, ministrada no curso de Engenharia de Produção e com a supervisão do professor Dr. Eduardo, orientador do presente trabalho. Neste período foi possível entender de perto o valor entregue aos alunos pelo projeto InovaLab, bem como participar de algumas das atividades referentes a implantação da sala de projetos.

A Dra. Roseli de Deus Lopes, professora do Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, e o Dr. Eduardo de Senzi Zancul, professor Departamento de Engenharia de Produção, estão a frente do InovaLab como coordenador e vice-coordenador, respectivamente.

Com foco nos alunos da graduação, o InovaLab está relacionado a dois Núcleos de Apoio à Pesquisas (NAP) da USP:

- NAP-CITI: Centro de Instrumentação em Tecnologias Interativas; e
- NAP OIC: Observatório da Inovação e Competitividade.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://sistemas-producao.net/inovalab/sobre/objetivos/>. Acessado em jun. de 2014

### **1.3. Relevância do tema abordado**

O tema deste trabalho apresenta uma importante contribuição para desenvolvimento das propostas incitadas pelo InovaLab através de seus objetivos e práticas. A contribuição mencionada pode ser resumida na efetiva concretização de um espaço físico adicional à estrutura do laboratório. O espaço teria como objetivo complementar toda proposta de valor oferecida pelo InovaLab, descrita no tópico anterior por meio de seus objetivos.

Percebe-se que por possuir o livre acesso a estudantes e estar ligado a dois NAP da USP, o projeto da oficina apresenta um benefício excedente ao público da Poli-USP, mesmo localizada na referida unidade. Tal fato não seria uma atividade secundária do InovaLab, mas um dos objetivos primários do mesmo. Um espaço físico como a oficina, embora não seja proposta de ação única do InovaLab, apresentaria um passo importantíssimo e em consonância com objetivos propostos pelo laboratório.

O oferecimento de um espaço deste nível é primordial para troca de conhecimento entre os mais diversos públicos da USP, que ressalta o caráter multidisciplinar como um valioso valor a ser oferecido pela oficina. O fato de o espaço estar reservado a uma oficina com recursos diversos da manufatura, aliado à sala de projetos, oferece um estímulo ao aperfeiçoamento técnico dos alunos de graduação.

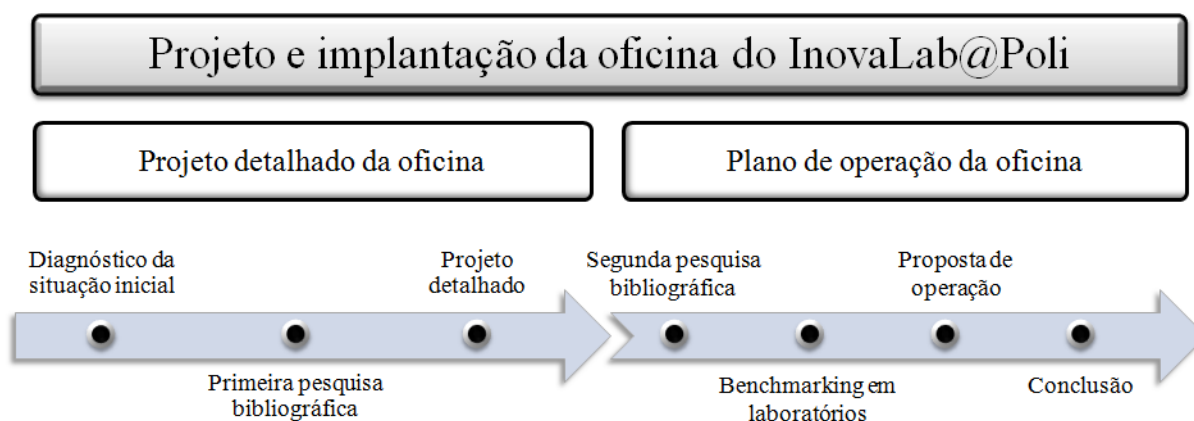
Pode-se verificar que o estímulo à multidisciplinaridade e ao aperfeiçoamento técnico dos alunos oferecido através de um espaço físico gera bons resultados, que vão de encontro aos visados pelo InovaLab. Algumas Universidades, que adotam um espaço similar ao ambicionado e serão oportunamente examinados no decorrer do trabalho, apresentam relevantes inovações por parte dos alunos.

### **1.4. Divisão do trabalho**

A partir da definição do problema e escopo, duas fases macro deste trabalho foram claramente definidas: a elaboração de um projeto detalhado da oficina e a elaboração de um plano de processos que contemplasse a implantação, a operação e a concepção da oficina. Essas fases determinaram a pesquisa bibliográfica, às entregas do trabalho e também o foco

dado a cada uma dessas etapas no decorrer da realização do trabalho. A Figura 1 mostra uma visão geral das fases descritas:

**Figura 1: Projeto e implantação da oficina InovaLab@Poli**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 1 ilustra as duas fases de elaboração do trabalho e como as mesmas se relacionam temporalmente com os pontos-chaves definidos para cada uma delas. Entre os pontos-chave é possível visualizar a dependência temporal de realização de cada passo do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta o levantamento de um diagnóstico do espaço da oficina. O diagnóstico foi o ponto de partida para o trabalho, pois não seria possível detalhar o projeto sem ter o conhecimento do que já havia sido feito, a estrutura do espaço físico no momento de início do trabalho e previsões da que poderia ter no futuro.

O Capítulo 3 apresenta a pesquisa bibliográfica que contemplou os objetivos pretendidos do trabalho. A primeira parte incluiu um estudo sobre o arranjo físico da oficina e os detalhes técnicos para suprir a necessidade de contratação de serviços e compra de produtos necessários. A segunda parte levantou pontos críticos acerca da operação da oficina. Os aspectos trabalhados nessa segunda fase de pesquisa foram: segurança e ambiente de trabalho nas dependências da oficina, movimentação de materiais, treinamento e organização dos alunos.

O Capítulo 4 apresenta um Benchmarking realizado em oficinas com a proposta similar ao InovaLab.

No Capítulo 5 apresenta o projeto detalhado e suas etapas de realização. Cada etapa do projeto correspondeu a um objetivo com uma ou mais entregas realizadas.

O Capítulo 6 apresenta as propostas de operação.

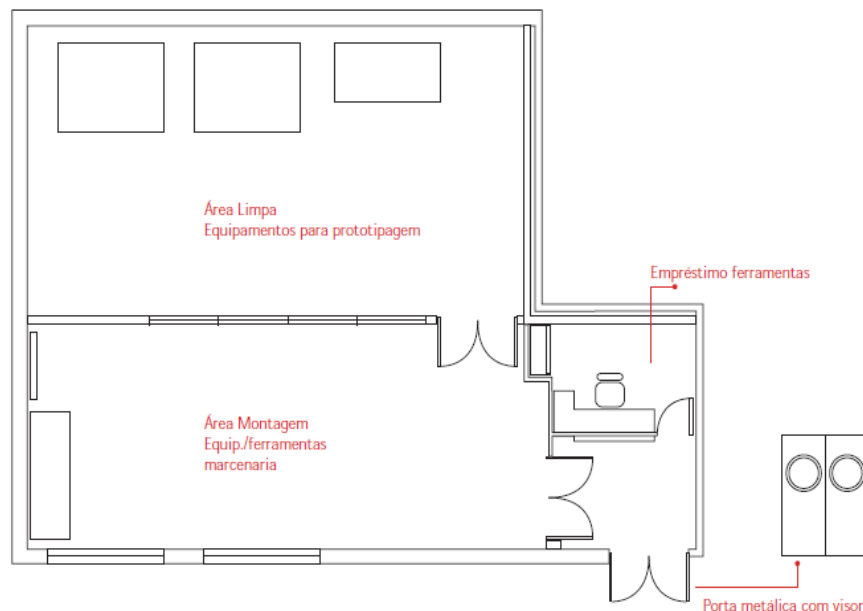
O Capítulo 7 apresenta a conclusão do trabalho.

## 2. DIAGNÓSTICO DA OFICINA

Iniciando o primeiro ciclo do trabalho, um diagnóstico da situação do espaço físico disponível no momento em que se começava o trabalho foi realizado. O diagnóstico era uma atividade crítica do trabalho, pois seria o ponto de partida para todas as atividades que comporiam o projeto detalhado. Tal levantamento teve cunho prático, ou seja, foi resultado de um trabalho de campo e o objetivo foi englobar os pontos indispensáveis a serem incluídos no projeto detalhado. Para atingir tal objetivo, a infra-estrutura no momento de início deste trabalho foi confrontada com a pretendida para oficina. Este confronto orientaria a primeira fase da pesquisa bibliográfica com a finalidade de suprir todos os aspectos necessários do projeto detalhado.

Um croqui que havia sido realizado pela arquiteta Maria Alice Gonçalves, ligada ao departamento da professora Dra. Roseli, foi entregue ao autor pelo professor Dr. Eduardo na primeira reunião de orientação. O croqui continha a estrutura inicialmente prevista pela Maria Alice para a oficina e pode ser visualizado na Figura 2.

**Figura 2: Disposição inicial estimada da oficina**



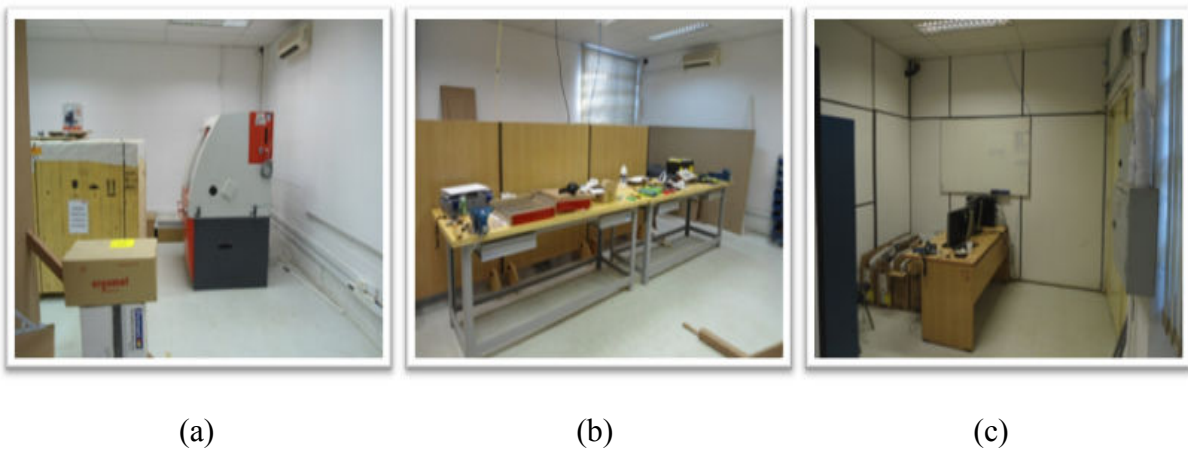
**Fonte: Elaborado pela Arquiteta Maria Alice Gonçalves**

A Figura 2 mostra uma disposição inicial sem escala de três áreas distintas com caráter apenas ilustrativo: um escritório e duas áreas produtivas distintas.

Acompanhando o croqui da Figura 2, o professor Dr. Eduardo compartilhou catálogos técnicos dos equipamentos já adquiridos e propostas comerciais de futuros equipamentos para a oficina. Todo este material compôs a primeira fonte de informação para realização do diagnóstico do local da oficina.

Logo após a definição do problema e delimitação do escopo do trabalho, ambas realizadas na primeira reunião de orientação, uma visita no local destinado à oficina foi realizada dia 11 de fevereiro de 2014 com objetivo de completar o diagnóstico.

**Figura 3: Imagens registradas da Oficina dia 11/02/2014**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 3 acima mostra três imagens de perspectivas diferentes da oficina. A imagem à esquerda, Figura 3(a), mostra a parte destinada ao Torno CNC, já adquirido pelo InovaLab no período. A imagem central, Figura 3(b), ilustra a disposição de uma parte dos equipamentos da oficina e a imagem à direita, Figura 3(c), ilustra a entrada da oficina.

Neste dia foi realizado um levantamento prévio dos principais equipamentos da oficina com a finalidade de determinar sua estrutura inicial mínima, ponto de partida para o projeto detalhado. Tal levantamento foi possível devido ao croqui realizado pela Arquiteta Maria Alice, os materiais fornecidos pelo professor Dr. Eduardo e a visita realizada dia 11 de fevereiro de 2014. A partir dessas informações, a seguinte estrutura preliminar foi levantada:

- Mobiliário presente: três mesas, três bancadas de trabalho e dois armários;
- Torno CNC já adquirido e montado;
- Centro de Usinagem já adquirido ainda não montado;
- Cortadora a Laser ainda não adquirida; e
- Impressora 3D ainda não adquirida;



Com o levantamento da infra-estrutura preliminar, foi realizada uma lista dos seguintes requisitos técnicos mínimos que o projeto detalhado deveria conter:

1. Necessidade de reformulação total do sistema elétrico, pois a infra-estrutura do espaço no período não comportaria a demanda da oficina;
2. Inclusão de um sistema de ar comprimido para alimentação de duas máquinas operatrizes: o Torno CNC e o Centro de Usinagem;
3. O espaço da oficina encontra-se ao lado da biblioteca da PRO, portanto necessidade de um sistema de isolamento acústico foi levantada como requisito.
4. A necessidade de inserir, adjacente ao espaço destinado da Oficina, uma sala para um compressor de ar.

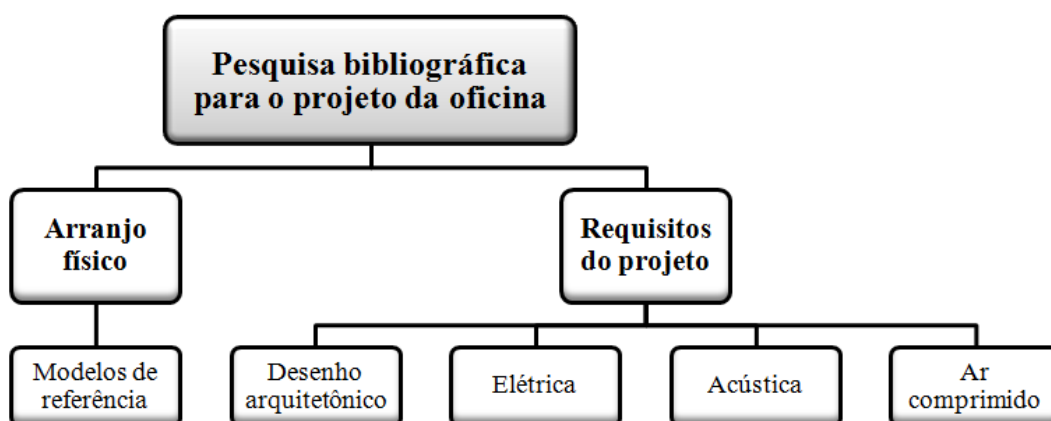
Os requisitos necessários foram o ponto de partida para realização da primeira pesquisa bibliográfica. Os requisitos em conjunto com o exame da situação da oficina no momento desta análise, que englobou informações compartilhadas e descritas neste tópico, definiram todas as etapas subsequentes do projeto detalhado.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é descrever as duas etapas de pesquisas bibliográficas. A primeira com a finalidade de suprir o projeto detalhado da oficina. Esta etapa apresentou duas vertentes necessárias, que pode ser visto na Figura 4. A segunda etapa da pesquisa objetivou o plano de implantação e operação da oficina e sua organização pode ser vista na Figura 5.

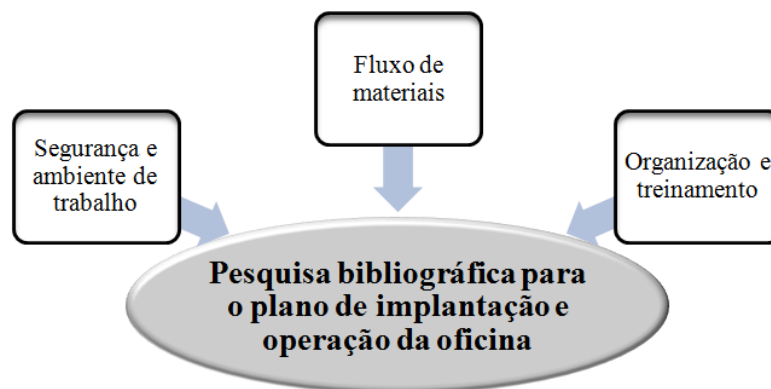
**Figura 4: Pesquisa bibliográfica orientada ao projeto detalhado**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 4 ilustra as duas das vertentes da primeira etapa de pesquisa. Uma sobre o espaço da oficina e o arranjo dos equipamentos e máquinas a fim de buscar uma configuração adequada. A outra incluiu uma busca de cunho técnico a fim de especificar o projeto condizentemente com os seus objetivos. Ambas as pesquisas foram realizadas paralelamente sob o aspecto temporal de execução desta fase do trabalho e serão divididas aqui com finalidade de facilitar a organização da informação.

**Figura 5: Pesquisa bibliográfica orientada ao plano de implantação e operação**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 5 ilustra a segunda etapa da pesquisa bibliográfica realizada, que contemplou os seguintes tópicos: segurança e ambiente de trabalho, movimentação de materiais, organização e treinamento. Todos os assuntos abordados tiveram a finalidade de compor a proposta de implantação e operação da oficina de forma complementar.

### 3.1. O projeto do arranjo físico

Segundo Slack (2002) o arranjo físico preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação na atividade produtiva. As decisões inerentes a um projeto de arranjo físico devem incluir: local de todas as instalações, das máquinas, equipamentos e o pessoal de produção. Embora tal processo apresente múltiplos estágios, o referido autor ressalta a importância de um projeto iniciar-se com os objetivos estratégicos da produção.

Sule (1988) destaca a dificuldade da formulação e resolução do problema de arranjo por métodos analíticos. Como todo o local disponível é um candidato a uma atividade, o número de arranjos possíveis pode ser estimado. Sendo  $m$  o número de locais disponíveis e  $n$  o número de atividades a serem alocadas, no caso de  $n < m$ , o número de possíveis arranjos é obtido pela seguinte fórmula:

$$\frac{m!}{(m - n)!}$$

Como o problema de leiaute não envolve somente a definição do número de combinações possíveis, tal problema assume proporções muito maiores. A definição de um arranjo envolve áreas, não simplesmente pontos. Tais definições afetam as formas, dimensões das atividades e distância entre as mesmas, ou seja, o número real de combinações pode assumir um valor infinito (SULE, 1988).

Para Müther (1978) todo o arranjo físico baseia-se em três conceitos fundamentais: inter-relações, espaço e ajuste. As inter-relações são os graus relativos de dependência ou proximidade entre atividades. O espaço engloba a quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados. Por último o ajuste diz respeito ao arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Müther (1978), Sule (1988) e Slack (2002) ressaltam a importância de um projeto detalhado devido à dificuldade e os problemas relacionados à mudança em uma atividade

produtiva já instalada, tais como: perda de tempo, ociosidade e interrupção do trabalho. O tempo despendido no planejamento pode, além de evitar perdas, facilitá-las caso sejam inevitáveis.

Sule (1988) ressalta em seu trabalho a importância da especificação técnica de serviços auxiliares para a atividade produtiva, tais como: água (potável, para refrigeração e processo), eletricidade, refrigeração, vapor, ar comprimido, lixo, ar condicionado entre outros.

Para Müther (1978) o arranjo físico é resultado da interação de dois elementos básicos: produto e quantidade. Tal afirmação vai de encontro com exposto por Slack (2002), pois para este autor o projeto de arranjo físico é uma manifestação física do tipo de processo produtivo escolhido, que é ditado pela relação volume-variedade.

### **3.1.1. Sistema SLP proposto por Müther (1978)**

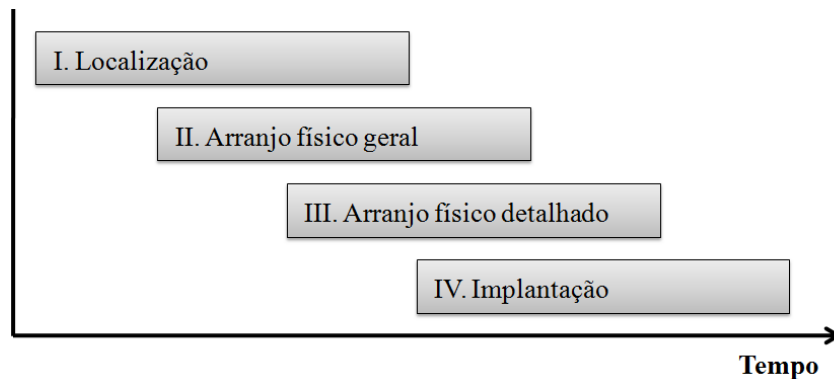
Müther (1978) apresenta o modelo SLP (Sistematic Layout Planning) com cinco aspectos chave do projeto de um arranjo, que derivam dos dois elementos básicos descritos anteriormente. Posterior a obtenção de informações do produto e quantidade, as informações sobre os seguintes aspectos completam o modelo: roteiro, serviços de suporte e tempo. O roteiro deve ser entendido como processos, operações e sequências. Os serviços de suporte devem ser entendidos como atividades auxiliares com a finalidade de suprir a área estudada e fornecer condições de serviço pleno. O tempo relaciona-se com o quando produzir ou quando o projeto será colocado em operação.

As fases do projeto de um arranjo físico do modelo SLP são:

- I. Localização: representa a determinação do local da instalação a ser feita em uma área atualmente em utilização, que pode ser liberada, ou determinação de um novo local.
- II. Arranjo físico geral: estabelece a posição relativa entre as áreas. Nesta fase as inter-relações entre as áreas devem ser trabalhadas em conjunto.
- III. Arranjo físico detalhado: estabelece a localização de cada máquina e equipamento. Cada uma das características físicas de cada área deve ser estabelecida também, incluindo todos os serviços.

- IV. Implantação: estabelece cada passo da implantação a fim de que toda instalação seja realizada conforme planejado.

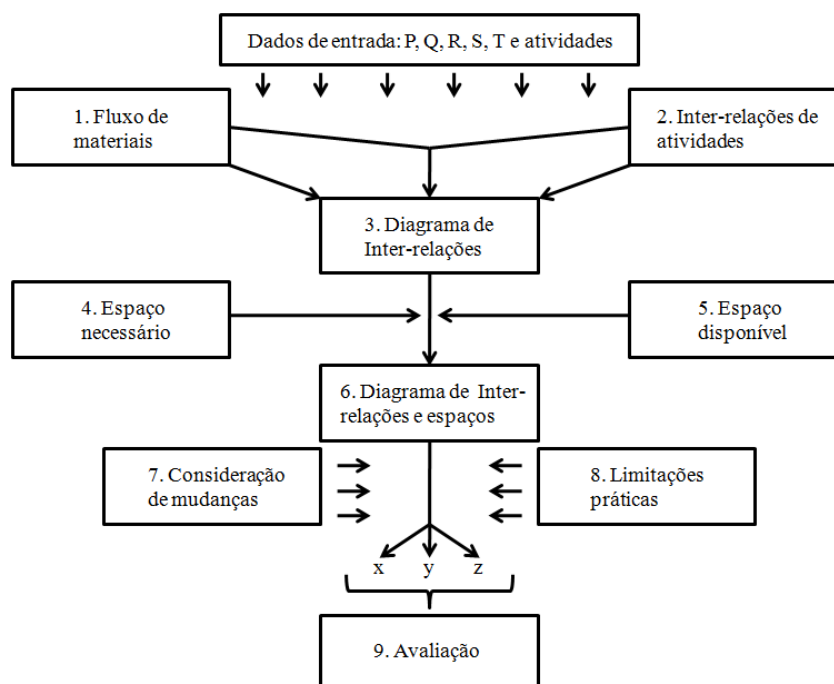
**Figura 6: Fases de um sistema SLP**



**Fonte: Müther (1978)**

Embora as fases do modelo sobreponham-se, na Figura 6 pode ser observada uma sequência lógica de execução. O Autor deixa clara a necessidade de que durante a execução de uma fase do modelo o projetista deverá estar ciente sobre o estabelecido na fase anterior. As fases II e III do modelo SLP constituem o projeto de arranjo físico propriamente dito.

**Figura 7: Procedimentos do modelo SLP para determinação do arranjo físico**



**Fonte: Müther (1978)**

A Figura 7 ilustra os passos de acordo com o modelo SLP para determinação do arranjo físico geral e o arranjo físico detalhado, este possuindo um nível de detalhes maior

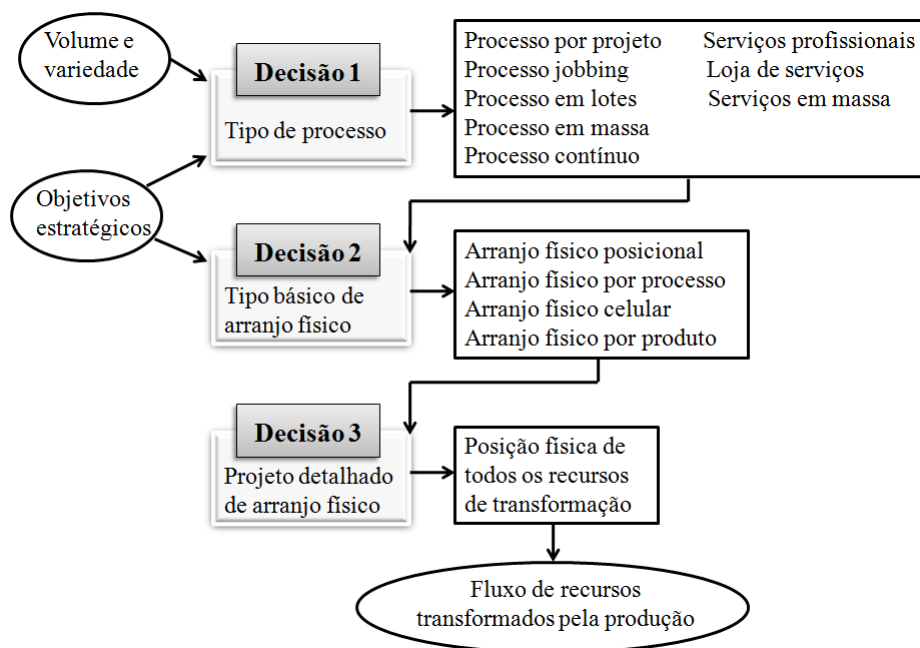
que aquele definido na fase II. Os dados de entrada, representados pelas letras P, Q, R, S e T, são respectivamente: produto, quantidade, roteiro, serviços de suporte e tempo.

A definição do fluxo de materiais (quadro 1) possui como principal entrada o roteiro, que muitas vezes é o fator predominante para o arranjo físico das indústrias. A determinação das inter-relações de atividades (quadro 2) inclui uma análise das relações entre áreas de suporte e produtiva. A posterior realização de um diagrama de inter-relações (quadro 3) tem como finalidade a combinação dos dados do fluxo e inter-relações das atividades. Após estes passos, o espaço necessário (quadro 4) e o disponível (quadro 5) devem ser confrontados para realização de um diagrama de inter-relações de espaços (quadro 6), que já é um arranjo físico todavia não definitivo. Tal arranjo deve ser confrontado com as considerações de mudanças (quadro 7), limitações práticas (quadro 8) e com as alternativas resultantes realiza-se a avaliação (quadro 9) para definição o arranjo final.

### 3.1.2. Os três níveis de decisão propostos por Slack (2002)

Partindo do binômio volume-variedade, Slack (2002) propõe três níveis de decisões a serem tomadas na determinação do arranjo físico, que podem ser vistos na Figura 8.

**Figura 8: Os níveis de decisões de um arranjo físico**



**Fonte: Slack (2002)**

Como pode ser visto na Figura 8, o volume e a variedade de produção juntos são determinantes para a definição do tipo de processo produtivo a ser empregado. Slack (2002) trabalha tanto os processos gerais da manufatura quanto os de serviços, estes listados à direita: serviços profissionais, lojas de serviços e serviços em massa.

De acordo com os objetivos de desempenho estratégico almejados e a definição do processo, uma ou mais das quatro espécies básicas de arranjo físico podem ser escolhidas. Slack (2002) frisa a possibilidade do uso de um arranjo misto de acordo com a especificidade de cada situação examinada. As espécies básicas de arranjos físicos representam uma forma geral de disposição produtiva e são listados abaixo:

- I. Arranjo físico posicional: acontece quando os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores.
- II. Arranjo físico de processo: ocorre quando processos similares são próximos uns aos outros por conveniências da operação, que domina a decisão sobre o arranjo físico.
- III. Arranjo físico celular: os recursos transformados movimentam-se em uma parte específica da operação, que apresenta todos os recursos necessários para seu processamento.
- IV. Arranjo físico por produto: a localização dos recursos transformadores segue a melhor conveniência dos recursos transformados.

Slack (2002) destaca que tal decisão não envolve simplesmente a escolha de um entre os quatro arranjos, pois mais de uma opção pode ser escolhida. A decisão de escolha do arranjo físico básico deve ser influenciada no entendimento correto das vantagens e desvantagens de cada arranjo (vide Tabela 1).

A partir de um ou mais de um arranjo básico escolhido, o projeto detalhado deve possuir as seguintes saídas: localização física de todas as instalações, equipamentos, máquinas e pessoal que fazem parte do centro de trabalho, o espaço a ser alocado a cada centro de trabalho e por fim as tarefas que serão executadas pelos centros de trabalho. Slack (2002) lista diversos requisitos necessários exigidos a um bom arranjo físico: segurança, clareza de fluxo, conforto para mão de obra, acesso a máquinas e equipamento, canalização do fluxo conforme objetivos da operação, uso do espaço adequado e flexibilidade de longo prazo.



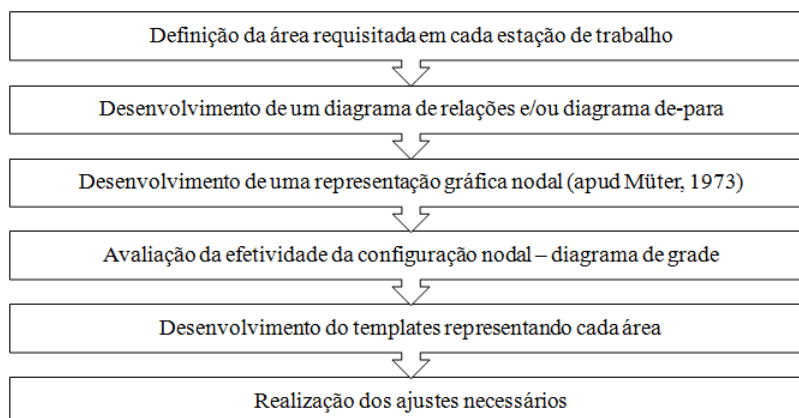
**Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico**

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Posicional</b>	Flexibilidade muito alta de Mix e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para mão de obra	Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
<b>Processo</b>	Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
<b>Celular</b>	Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
<b>Produto</b>	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamentos Movimentação conveniente de clientes e materiais	Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo

**Fonte: Slack (2002)**

### 3.1.3. Abordagem convencional proposta por Sule (1988)

Sule (1988) apresenta um modelo composto de seis passos a serem executados para obtenção de um arranjo físico. Este procedimento apresenta uma sequência lógica na qual cada passo apresenta uma ferramenta específica, que pode ser visualizada na Figura 9. Ao estabelecer a posição dos centros de trabalho o passo seguinte é a definição do leiaute detalhado. O autor destaca três modos de definição do leiaute detalhado: esboços, desenho bidimensional ou/e modelos tridimensionais.

**Figura 9: Abordagem convencional para realização de um leiaute**

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir do modelo de Sule (1988)**

Como podem ser visualizados na Figura 9, os passos propostos por Sule (1988) iniciam-se com a definição da área requerida para cada estação de trabalho. A estação de trabalho pode ser entendida como um departamento ou unidade produtiva.

O segundo passo constitui na realização de um gráfico de relação e/ou um de-para, este com escopo quantitativo de relação entre estações de trabalho e aquele uma representação qualitativa das mesmas. O segundo passo deve alimentar uma representação gráfica nodal, terceiro passo do modelo. A representação nodal oferece uma visão inicial do arranjo e é referenciada por Sule (1988, apud Mütther, 1973).

O diagrama de grade, quarto passo do modelo, é uma representação em escala aproximada da representação modal. Com o diagrama de grade é possível visualizar a área ocupada por cada unidade de trabalho, visualizada apenas por um nó no gráfico nodal. Cada área gera um *template*, quinto passo, que posteriormente é ajustado ao espaço real disponível, sexto passo.

No leiaute detalhado de cada centro de trabalho, Sule (1988) destaca a importância da indicação de dutos, pontos de energia com indicação de tensão, saídas de água, gás, ar comprimido e outras utilidades técnicas necessárias. Também é destacado a importância da indicação de colunas, portas, janelas e meios de acesso que podem ser os principais meios de movimentação de materiais.

### **3.2. Requisitos técnicos**

A pesquisa acerca dos requisitos técnicos possuiu o principal objetivo de suprir uma das necessidades do projeto detalhado: sua especificação técnica.

#### **3.2.1. Desenho arquitetônico**

Esta pesquisa possuiu o foco dirigido à devida representação do projeto, uma vez que um dos objetivos do projeto seria a apresentação junto ao Departamento de Engenharia da

Poli-USP. A fonte de informação foi ABNT, que possui diversas normas com a finalidade de representação de desenhos técnicos arquitetônicos.

As normas pesquisadas compuseram os parâmetros de realização do projeto detalhado e tiveram finalidade de cobrir os seguintes aspectos:

- NBR 10067: Norma que fixa a forma de representação de desenhos técnicos. Esta norma contempla condições gerais de representação e condições específicas de representação de desenhos técnicos tais como representação de cortes, detalhes e vistas etc;
- NBR 10647: Esta norma define os termos empregados em desenho técnico. Engloba definições de diversos tipos de desenhos e modos de obtenção e execução;
- NBR 10068: Esta norma padroniza as características dimensionais das folhas a serem aplicadas na elaboração de desenhos técnicos. Esta norma engloba formatos das folhas, legenda dos desenhos, margens e escalas numéricas;
- NBR 10582: Esta norma fixa condições exigíveis para localização e disposição do espaço para desenhos, espaços para texto, legenda e demais conteúdos pertinentes aos desenhos técnicos;
- NBR 13142: Esta norma define as condições exigíveis para dobramento de cópia de desenhos técnicos em referencia aos formatos definidos pela norma NBR 10068;
- NBR 8403: Esta norma fixa os tipos e diversas larguras de linhas para uso em desenhos técnicos;
- NBR 10126: Esta norma fixa os princípios gerais de cotação a serem aplicados em todos os desenhos técnicos. Não trata de casos específicos;
- NBR 8196: Esta norma estabelece as exigências para o emprego de escalas e suas designações em desenhos técnicos; e
- NBR 6492: Esta norma fixa condições exigíveis de representação gráfica de projetos de arquitetura, visando a sua boa compreensão. Esta norma não abrange exigências referentes a legislações específicas de Estados e Municípios.

### 3.2.2. Elétrica

A fonte de informação neste caso também foi a ABNT. A norma NBR 5410 foi largamente empregada para realização do projeto das instalações elétricas que a oficina teria. Esta norma possui um escopo abrangente acerca de instalações elétricas prediais residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão e é aplicada:

1. Aos circuitos alimentados com tensão igual ou inferior a 1.000V em CA, frequências inferiores a 400Hz, ou 1.500V em CC;
2. Aos circuitos, que não internos aos equipamentos, funcionando sobre uma tensão superior a 1.000V e alimentado através de uma instalação igual ou inferior a 1.000V em CA;
3. A toda fiação e linha elétrica que não sejam cobertas aos equipamentos de utilização; e
4. Às linhas elétricas fixas de sinal, que não internas aos equipamentos.

Os desenhos técnicos elétricos realizados neste trabalho seguiram o modelo de representação apresentado na NBR 5444, que trata da simbologia aplicada para representação projetos de instalações elétricas prediais.

### 3.2.3. Acústica

Esta pesquisa contemplou informações técnicas provenientes de fabricantes, que serão devidamente trabalhadas na exposição do projeto detalhado. A pesquisada também usufruiu de informações de duas normas da ABNT sobre o assunto:

- NBR 12179: Esta norma estabelece os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados; e
- NBR 10151: Esta norma fixa as condições exigíveis para aceitabilidade do ruído.

### **3.2.4. Ar comprimido**

As duas principais fontes desta pesquisa foram dois manuais técnicos realizados por fabricantes de materiais pneumáticos. Bosch (2009) apresenta um material sobre a tecnologia de ar comprimido, que engloba principalmente os requisitos necessários e aspectos gerais de um sistema de ar comprimido. Parker (2006) apresenta um manual de treinamento técnico sobre dimensionamento de sistemas de ar comprimido.

Ambos os manuais e informações de fabricantes de equipamentos pneumáticos, que serão destacados no decorrer da exposição de trabalho, foram utilizados no projeto da oficina.

### **3.3. Segurança e ambiente de trabalho**

Esta etapa de pesquisa bibliográfica englobou diversos aspectos referentes ao trabalho, cujas fontes de pesquisa foram estudos que englobam aspectos da ergonomia no projeto do ambiente do trabalho.

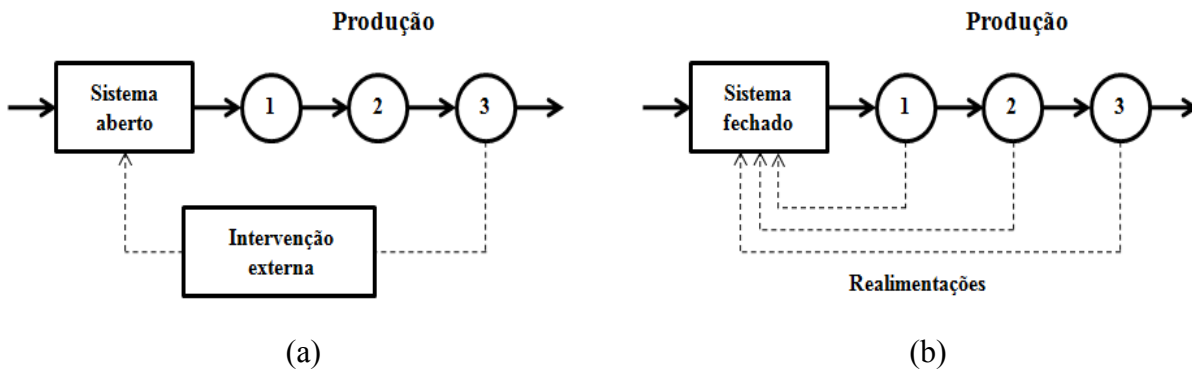
Wisner (1987) define o trabalho em um aspecto geral como uma atividade obrigatória, que englobaria neste caso o trabalho assalariado, mas também não deixa de englobar o familiar e o escolar, por exemplo. Um segundo aspecto restringe o trabalho a uma atividade que acrescenta algum tipo de valor e entra no circuito monetário. Muitas reflexões sobre o assunto restringirem-se ao trabalho assalariado, que resulta uma legislação e regulação altamente concentrada nesta espécie de trabalho.

De acordo com Guérin (2001) o trabalho abrange três realidades: a atividade, as condições de trabalho e o resultado do trabalho. O trabalho seria representado pela unidade destas três realidades. A análise do trabalho consistiria na análise deste sistema e seu funcionamento, que possuem considerações diversas, tais como: o economista aborda o trabalho a partir do valor produzido, o sociólogo a partir das relações que se estabelecem entre os diferentes atores, o fisiologista e o psicólogo interessam-se pelos componentes físicos e mentais das atividades.

Iida (2003) trabalha uma abordagem ergonômica de sistemas com o objetivo de mostrar que um projeto de um equipamento ou ambiente de trabalho, por exemplo, não pode

ser considerada uma atividade isolada. O projeto deve considerar todos os elementos que influirão no desempenho do subsistema projetado dentro do ambiente que o mesmo irá operar. Duas categorias de sistemas são definidas pelo autor e um modelo esquemático de cada uma pode ser visualizado na Figura 10.

**Figura 10: Sistema aberto x Sistema fechado**



**Fonte: Iida (2003)**

Como pode ser visualizado no modelo esquemático da Figura 10a, no sistema aberto são necessárias intervenções externas para introduzir correções. Já no sistema fechado, representado no modelo ilustrado na Figura 10b, as correções são feitas de forma automática e contínua com as realimentações. Os sistemas fechados, compostos de servossistemas que impedem a propagação de erros através de realimentações, possuem desempenho superior aos sistemas abertos, porém são tecnologicamente mais complexos e sua construção pode ser demasiadamente cara.

Abrahão (2009) elenca o seguinte objetivo da ergonomia: transformar o trabalho de forma a adaptá-lo às características do homem e do processo produtivo. Tal transformação visa o estabelecimento do bem-estar, segurança, produtividade e qualidade do trabalho. A International Ergonomics Association (IEA) apresenta três áreas de competências que podem ser desenvolvidas pela atuação ergonômica (ABRAHÃO, 2009):

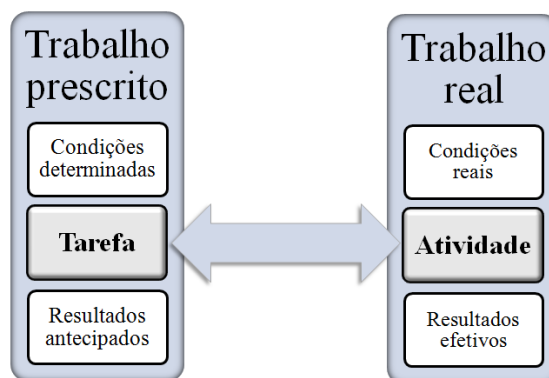
- a. Ergonomia física: engloba estudo das características da anatomia humana, fisiologia, antropometria e biomecânica e sua relação com a atividade física;
- b. Ergonomia cognitiva: estudo dos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora e seus efeitos nas interações humanas e outros elementos do sistema;
- c. Ergonomia organizacional: estuda a otimização de sistemas sociotécnicos, incluindo as estruturas organizacionais, regras e processos.

Wisner (1987) levanta as seguintes contribuições da ergonomia, de acordo com a ocasião em que é realizada a intervenção ergonômica:

- a. Ergonomia da concepção: permite ação precoce sobre subsistema ou sistema projetado;
- b. Ergonomia da correção: ação realizada em situações reais para resolver problemas constatados como segurança, conforto dos trabalhadores etc;
- c. Ergonomia da mudança: permite reunir vantagens das outras modalidades de intervenção sem seus inconvenientes, podendo gerar soluções tão radicais como a da ergonomia da concepção, mas estarão assentadas em bases mais realistas.

Guérin (2001) define tarefa e atividade sob a perspectiva da diferença entre o trabalho prescrito e o trabalho efetivamente realizado. A tarefa é definida pelo autor como resultado antecipado do trabalho, fixado dentro de condições determinadas. Todavia as condições determinadas não condizem com a realidade o que torna a antecipação do resultado do trabalho em um resultado não efetivo.

**Figura 11: Contraste entre tarefa e atividade**



**Fonte: Guérin (2001)**

A Figura 11 destaca o confronto entre a tarefa e a maneira como os resultados são obtidos em condições reais de execução. Para Iida (2003) existem dois enfoques para projeto de um posto de trabalho, definido como menor unidade produtiva: o tradicional e o ergonômico. O tradicional consiste no estudo dos princípios da economia de movimentos, cuja principal orientação é nitidamente taylorista. O enfoque ergonômico é baseado principalmente na análise biomecânica da postura. O autor apresenta um denso estudo sobre os aspectos biomecânicos, procurando colocar o homem em uma boa postura de trabalho principalmente sobre o esforço físico exercido pelos trabalhadores em suas atividades de trabalho.

Abrahão (2009) levanta a importância de aspectos fisiológicos e perceptivos na análise ergonômica e como estes são influenciados por outros componentes tais como: a qualidade da iluminação ambiente, a qualidade do ruído, a temperatura e ventilação. Uma vez que o sistema sensorial é a porta de entrada para o processamento da informação humana, o projeto de trabalho deve considerá-los, pois podem representar estímulos para execução de tarefas do trabalho ou causar a falta de concentração para execução do mesmo. Os aspectos relevantes levantados pelo autor sobre os sentidos são: o som e ruído, as exigências visuais, temperatura, dor, o senso cinestésico e equilíbrio.

Em geral a ambiência física do trabalho é abordada por seu aspecto negativo, todavia existe um lado positivo de interesse na análise ergonômica sobre os aspectos físicos do ambiente de trabalho. Um ruído pode vir a representar um determinado estágio de realização do produto, por exemplo, compondo assim uma importante fonte de informação. Para medida de análise das ambiências físicas do trabalho é necessário considerar duas exigências: espacial e temporal. A exigência espacial consiste nas medidas realizadas no posto de trabalho. O aspecto temporal por sua vez indica a necessidade de garantia da reprodutibilidade das medidas a fim de apreender a variabilidade de um ciclo para outro (MILLANVOYE, 2007).

Wisner (1987) trata a análise das atividades em trabalhos complexos, cujas situações de trabalhos fogem das geralmente configuradas em um modelo industrial taylorista. Em muitas situações as atividades do trabalhador são múltiplas, sendo preciso realizar numerosas tarefas e ainda muitas delas podem concorrer umas com as outras do ponto de vista temporal. A interação com seres humanos como em hospitais ou creches, por exemplo, é levantada como uma fonte de complexidade da tarefa para autor. Os trabalhos complexos exigem observações metodológicas devidamente orientadas.

Segundo Daniellou e Béguin (2007) a característica essencial da ação ergonômica é a ação, pois ela não contempla produzir apenas conhecimento sobre as situações de trabalho. O primeiro passo da intervenção ergonômica é a definição do problema. Uma vez que a atividade ergonômica visa à ação, as seguintes características a descreve: a demanda a ser tratada, meios colocados à disposição, escolha das soluções de trabalho que ele vai procurar analisar, dimensões da atividade e saídas possíveis identificadas à situação.

Ainda segundo Daniellou e Béguin (2007) a variabilidade é uma importante dimensão de análise, todavia é impossível analisar as atividades de todas as pessoas e em todas as situações que se possam apresentar. Porém a análise ergonômica deve introduzir uma reflexão



sobre a variabilidade, que englobam fatores biológicos, fadiga, eventos inesperados ou incidentes etc. A diferença entre o trabalho prescrito e atividade devem ser refletidas, inclusive prescrições mais indiretas como no caso da configuração dos meios de trabalho, por exemplo.

### **3.4. Fluxo de materiais**

Dentro da atividade produtiva, homens, materiais e equipamentos estão em constante movimentação (FRANCISCHINI; GURGEL, 2002). Segundo Gurgel (1996) o fluxo de materiais possui uma visão dinâmica, diferentemente dos estoques que possuem uma visão estática dentro da atividade produtiva. O autor define as seguintes categorias de deslocamento de materiais:

- Manuseio: deslocamento pelos esforços dos operários;
- Movimentação: deslocamento com equipamentos; e
- Transporte: Deslocamentos externos a empresa.

Ainda segundo Gurgel (1996) na administração do fluxo de materiais, os seguintes aspectos devem contemplar seu planejamento: posição, tempo e quantidade. A posição é o posicionamento dos produtos junto aos usuários para sua maior facilidade de utilização. O tempo diz respeito ao momento em que o usuário tem a necessidade de utilização do material, pois este deve estar disponível. A quantidade refere-se aos valores necessitados pelos usuários.

De acordo com Arnold (1999) o modo como os produtos são projetados determina a escolha dos processos disponíveis para produzi-los, pois determina processos básicos para converter as matérias-primas e componentes no produto acabado. A flexibilidade do processo produtivo dependerá diretamente da variação de demanda existente para o produto. Seguindo este raciocínio o autor divide duas categorias de equipamentos produtivos de acordo com a sua especialização: equipamento de propósito geral, que permite várias operações, e equipamentos de propósitos específicos, que desempenha operações específicas.

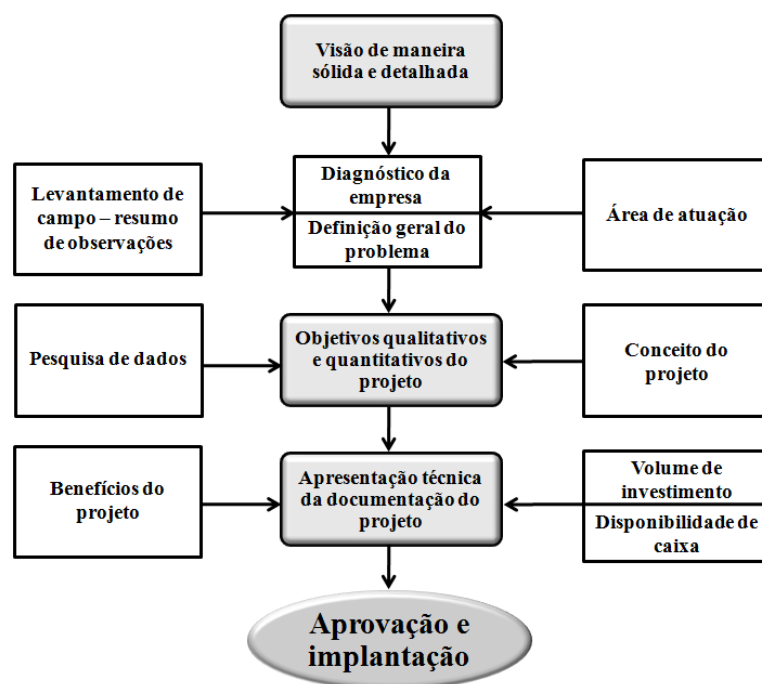
Francischini e Gurgel (2002) levantam seguintes diretrizes de um sistema de movimentação de materiais:

- a. Redução de custos: busca na redução de mão-de-obra, redução de perdas do processo e o devido uso de equipamentos;
- b. Aumento da capacidade produtiva: consequência da racionalização dos processos de transporte e estoques;
- c. Melhores condições de trabalho: busca de uma maior segurança e redução da fadiga de operários; e
- d. Melhor distribuição: busca da melhoria de circulação, melhoria de serviços ao usuário e maior disponibilidade.

Sule (1988) destaca a intensa interdependência entre o fluxo de materiais com o projeto de leiaute. A relação entre os dois estudos envolvem objetivos e informações comuns para as duas categorias de projeto, tais como uso do espaço e padrões de fluxos. A construção do projeto de leiaute exige conhecimento dos departamentos e relações de fluxo entre eles, assim como o projeto de movimentação de materiais deve possuir conhecimento sobre os espaços, os tempos de movimentação e as origens-destinos dos materiais dentro planta projetada.

Gurgel (1996) apresenta um método para execução de projetos na área de fluxos de materiais, que pode ser visualizado na Figura 12.

**Figura 12: Método para execução de projetos proposto por Gurgel (1999)**



Fonte: Gurgel (1999)

A Figura 12 ilustra as etapas a serem executadas na elaboração de um projeto de fluxo de materiais, que deve ter seu início no diagnóstico da situação atual e posteriormente o entendimento da definição do problema a ser atacado. Após a definição do problema, os objetivos do projeto devem estar muito bem definidos para que possam gerar soluções factíveis e que efetivamente representem benefícios para empresa.

Existem duas abordagens típicas de projetos de fluxo de materiais: projetos de concepção e projetos de correção. Os projetos ditos de concepção não possuem restrições iniciais, permitindo maior grau de liberdade de elaboração e execução. Os projetos de correção são elaborados em ambientes com restrições irremovíveis, que decorre de algum problema da atual situação (FRANCISCHINI; GURGEL, 2002).

### **3.5. Organização e treinamento**

Esta etapa da pesquisa englobou aspectos de organização do trabalho, cujo principal modelo de estudo foi a organização sócio-técnica. Tal escolha foi justificada devido ao fato da organização na perspectiva sócio-técnica ser um sistema aberto, que interage com ambiente, capaz de auto-regulação e com equifinalidade, pois é possível atingir um objetivo através de diferentes caminhos e uso de recursos diversos (BIAZZI JR., 1994).

Em seu trabalho Salerno (1998) discute projetos organizacionais e trata de alguns aspectos da abordagem sócio-técnica, que questiona a carga prescritiva e o planejamento externalizado do trabalho. O autor constata que a abordagem sócio-técnica tradicional é consistente em organizações que possuem ambientes pouco previsíveis e o fato dos princípios de um projeto serem genéricos nesse tipo de organização do trabalho.

Segundo Biazzi Jr. (1994) a abordagem sócio-técnica é formada por dois subsistemas: o técnico e o social. O subsistema técnico são máquinas e equipamentos. O subsistema social diz respeito a todos os aspectos humanos que acompanham o trabalho: indivíduos, comportamentos, capacidades, culturas, sentimentos etc. Os indivíduos apresentam diferenças referentes às necessidades e expectativas, todavia a abordagem sócio-técnica considera que o comportamento das pessoas face ao trabalho depende de como este está organizado. Seguindo este raciocínio o projeto de um ambiente de trabalho deve

considerar o subsistema técnico e social não somente de forma particular, mas também suas relações conjuntas.

As propostas sócio-técnicas podem ser resumidas nos seguintes pontos (SALERNO, 1998 apud CHERNS, 1979; GERWIN e KOLODNY, 1992:152-9):

- Gestão de fronteiras e controle de variâncias: o controle dos desvios de metas ou objetivos (variâncias) devem estar o mais próximo possível da fonte;
- Filosofia e valores organizacionais: o ambiente deve propiciar a valorização do ser humano, pois organizações devem ser vistas como sistemas abertos, ou seja, produto de seu ambiente;
- Princípio da compatibilidade: é necessário que o projeto organizacional seja compatível com os resultados esperados, ou seja, é incompatível alcançar uma organização participativa na ausência de processos participativos;
- Multiquificação: desenvolvimento de múltiplas habilidades em uma pessoa;
- Princípio da mínima especificação crítica: a especificação deve estar voltada aos resultados e objetivos, mas não na forma de como realizar o trabalho; e
- Princípio do incompleto: um projeto organizacional nunca está completo.

De acordo com Sitter, Dankbaar e Hertog (1994) cada vez mais o sistema produtivo está orientado por seus processos e seu controle está cada vez mais no chão de fábrica, ou seja, junto com a operação. Os autores frisam a característica de um sistema aberto da perspectiva sócio-técnica e a decorrência de um controle inovador e uma coordenação balanceada de diversos aspectos do sistema técnico e social, estes definidos de forma similar a Biazzi Jr. (1994).

Ainda segundo Sitter, Dankbaar e Hertog (1994) o projeto de organização sócio-técnica deve possuir os seguintes conceitos:

- O conceito de projeto integrado: deve ser baseado na interação dos diversos aspectos dos sistemas (logística, qualidade, manutenção, etc.);
- O conceito de um sistema controlável: não consiste especificamente no alcance de metas, mas sim na capacidade de formular e atingir metas;
- O sinônimo entre produção e controle: juntos determinam a possibilidade de interferência e sensibilidade dos problemas; e

- O conceito de parâmetros estruturais: os parâmetros referem-se à produção e controle como concentração funcional, especialização, controle especializado e diferenciado etc.

Referente à implementação dos grupos semi-autônomos a fonte de pesquisa foi de Marx (1998), que apresentou um estudo acerca da implementação dos grupos em algumas empresas. Para o autor o processo de planejamento implica inevitavelmente em uma boa compreensão do estágio no qual a organização se encontra em relação à área de atuação. A situação futura desejável deve ser descrita após o posicionado de maneira convincente diante do problema. O cuidado a ser tomado refere-se aos passos realizados e as devidas reavaliações destes para alcançar tal situação futura desejável, pois esses podem se tornar “camisas-de-força” que dificultem o próprio processo de mudança ou realinhamento organizacional.

O autor recomenda a formação de um grupo de projetos para consolidar o compromisso com a viabilidade e o referido grupo seria responsável pelo detalhamento do projeto organizacional. O grupo de projeto dever ser responsável pelas seguintes questões (MARX, 1998):

- Consideração dos princípios de gestão por processos, que privilegia a horizontalização dos fluxos comunicacionais e a estruturação da empresa em processos que adicionam valor ao cliente;
- Mudanças no processo produtivo (leiaute, aquisições de equipamentos etc.);
- Definição de áreas-piloto e formato dos grupos;
- Processo de seleção dos componentes;
- Programa de treinamento (técnico e comportamental);
- Autonomia dos grupos (o que cada equipe pode/deve fazer);
- Discussão de níveis hierárquicos, novos papéis e responsabilidades (lideranças, apoios, dinâmicas de relacionamento);
- Sistemas de apoio (avaliação, remuneração, comunicação etc.); e
- Etapas e cronograma para implantação.



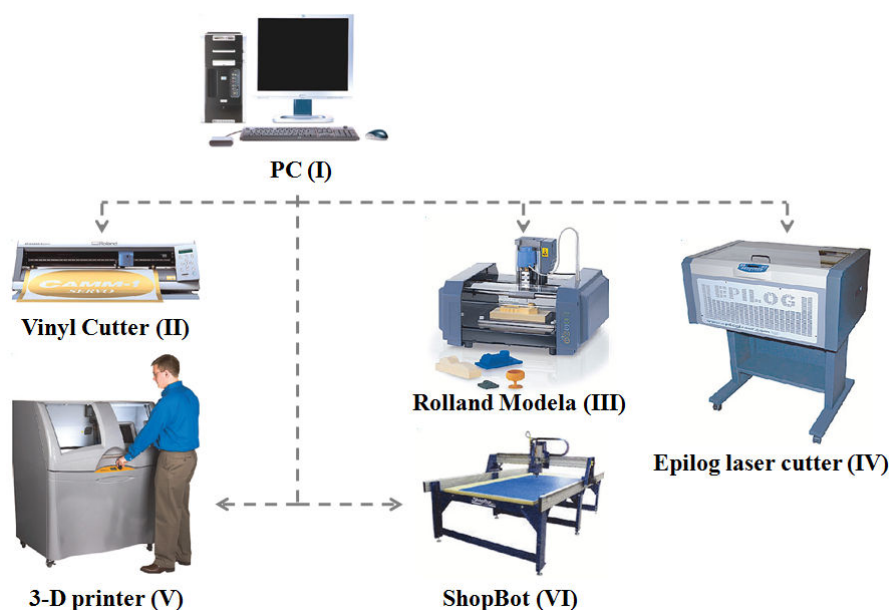
## 4. BENCHMARKING

Este capítulo apresenta um benchmarking acerca de oficinas e laboratórios com objetivos semelhantes ao projeto InovaLab. A finalidade deste benchmarking foi estabelecer pontos de referência para o levantamento da proposta de operação da oficina através de pesquisas de laboratórios que seguem o modelo da FabLabs. Os laboratórios pesquisados foram: MIT's Center for Bits na Atoms, CITRIS Invention Lab e Product Realization Lab.

A ideia dos FabLabs é descentralizar o desenvolvimento de tecnologias através do *empowerment* (empoderamento) de pessoas, técnicas orientadas ao desenvolvimento de projetos e resolução de problemas locais em escalas pequenas para negócios de alta tecnologia<sup>2</sup>. De acordo com Mangels (2014) o conceito FabLab surgiu nos anos 90 com a ideia de trazer a fabricação digital até as massas e a finalidade de simplificar e racionalizar o processo de transformação de ideias em produtos. Tal processo de transformação seria facilitado através do acesso público às ferramentas de projetos e fabricação antes restritas aos departamentos de engenharia de grandes empresas.

Em seu artigo Mangels (2014) levanta os equipamentos necessários para montagem de um FabLab e estima que seus custos variam entre 50 e 100 mil dólares.

**Figura 13: Equipamentos de um FabLab**



**Fonte: Mangels (2014)**

<sup>2</sup> Disponível em: <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/>. Acessado em: 9 set. 2014

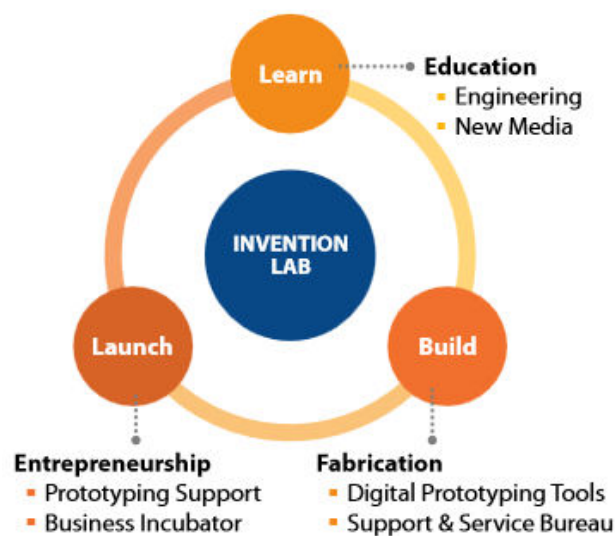
Os maquinários levantados na Figura 13 são:

- I. Computadores: ponto de partida para execução de um projeto e realização da interface entre os projetos e os recursos de manufatura;
- II. Cortadora de vinil: equipamento similar a uma impressora de pequeno porte que corta equipamentos finos;
- III. Fresadora CNC: equipamento que permita realização de operações flexíveis de furação e fresamento na confecção de peças;
- IV. Cortadora a Laser: capaz de cortar equipamentos de espessuras razoáveis (até 1/4" ou 6,35mm) bem como realizar gravações em diversos materiais;
- V. Impressora 3D: capaz de imprimir peças tridimensionais; e
- VI. Router CNC: realiza cortes complexos em madeira.

#### 4.1. CITRIS Invention Lab<sup>3</sup>

O objeto do CITRIS Invention Lab é possibilitar o rápido desenvolvimento e prototipação de produtos integrados com diversas tecnologias. A área disponível do laboratório é de 158 m<sup>2</sup> (1.700 ft<sup>2</sup>).

**Figura 14: Funções do CITRIS Invention Lab**



**Fonte: CITRIS Invention Lab**

A Figura 14 ilustra as principais funções do laboratório, que são:

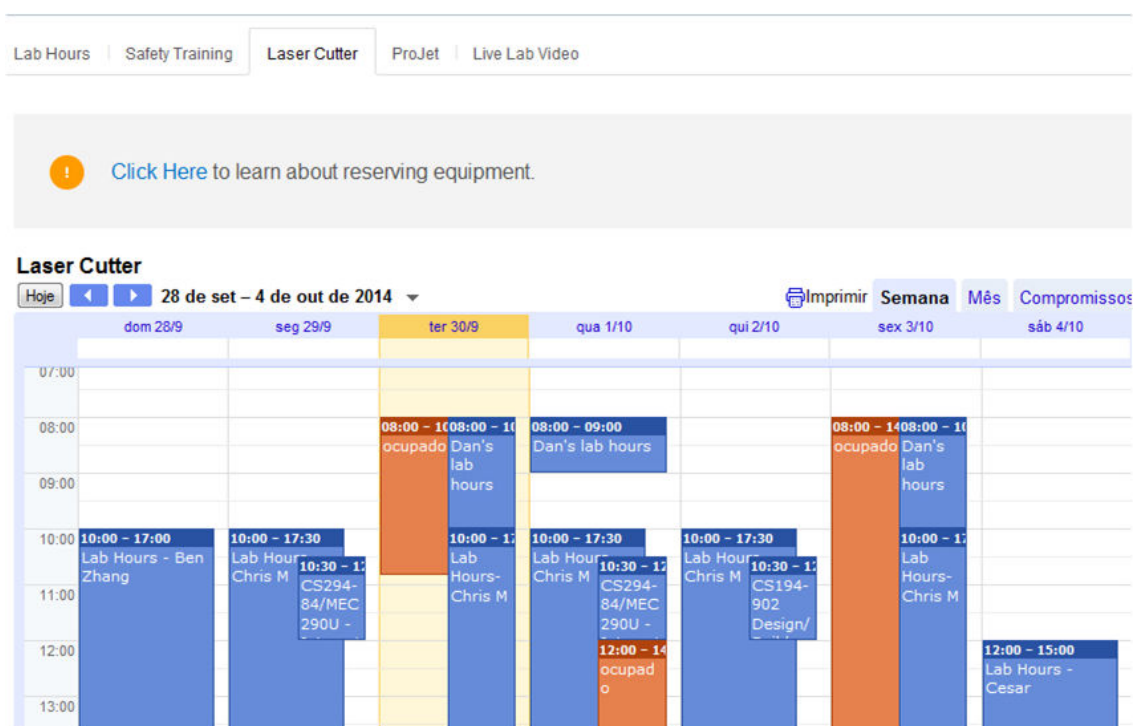
<sup>3</sup> Disponível em: <http://invent.citris-uc.org/>. Acessado em: 9 set. 2014



- Aprendizado: ensino de engenharia, de novas mídias no desenvolvimento e prototipação de produtos interativos;
- Construção: oferecimento de ferramentas, suporte técnico e serviços para criação de protótipos funcionais; e
- Lançamento: promoção da transformação de conceitos em negócios através de um espaço para encubação do negócio.

O CITRIS possui um esquema de agendamento de equipamentos on-line, bem como disponibiliza os horários de funcionamento e treinamento oferecidos pelo laboratório. Para que o aluno torne-se um membro do laboratório é requisitada a realização de um treinamento de segurança.

**Figura 15: Horários e agendamento de equipamentos no CITRIS Invention Lab**



**Fonte: CITRIS Invention Lab<sup>4</sup>**

A Figura 15 ilustra os horários de agendamento e treinamento para os alunos interessados em utilizar o espaço da oficina.

Outro aspecto operacional relevante do CITRIS é a possibilidade da obtenção de peças para realização de um protótipo pelo aluno no *Store* do laboratório, que são vendidas a preço

<sup>4</sup> Disponível em: <http://invent.citris-uc.org/about/calendar/>. Acessado em: 30 set. 2014

de custo para o aluno nas dependências do laboratório. Existe também a possibilidade de aluguel de peças que farão parte do protótipo do aluno temporariamente do CITRIS.

**Figura 16: Lista de itens a venda no CITRIS Invention Lab**

CITRIS Invention Lab - List of Items for Sale

Item	Source	Part Number	Price
Proto Board 7x9 cm Plated-thru holes	Yourduino	SKU: TT-500504	\$1.75
Pushbutton			\$0.15
Raspberry Pi			\$35
Raspberry Pi Breakout Board			\$7.16
Raspberry Pi USB power cable (microusb with wall adapter)	Amazon	SPN5504A	\$5
Reed Switch, 200V	Digikey - 306-1124-1-nd	306-1124-1-nd	\$0.75
Resistor, 1/4W through hole	Jameco		\$0.05
RFID Mifare NFC Tag	Adafruit	360	\$2.5
RFID/NFC Reader/Writer			\$40
Ribbon Cable 100ft., Per foot			\$0.7
Rotary Encoder	Adafruit		\$4.5
Safety Glasses			\$4
SD/Micro SD Memory Card 4GB SDHC	Adafruit	PID: 102	\$8

**Fonte: CITRIS Invention Lab<sup>5</sup>**

A Figura 16 ilustra os itens disponíveis para compra dos alunos na realização de protótipos.

**Figura 17: Citris Invention Lab**



**Fonte: CITRIS Invention Lab**

A Figura 17 ilustra o espaço da oficina do CITRIS com alunos realizando operações nas máquinas.

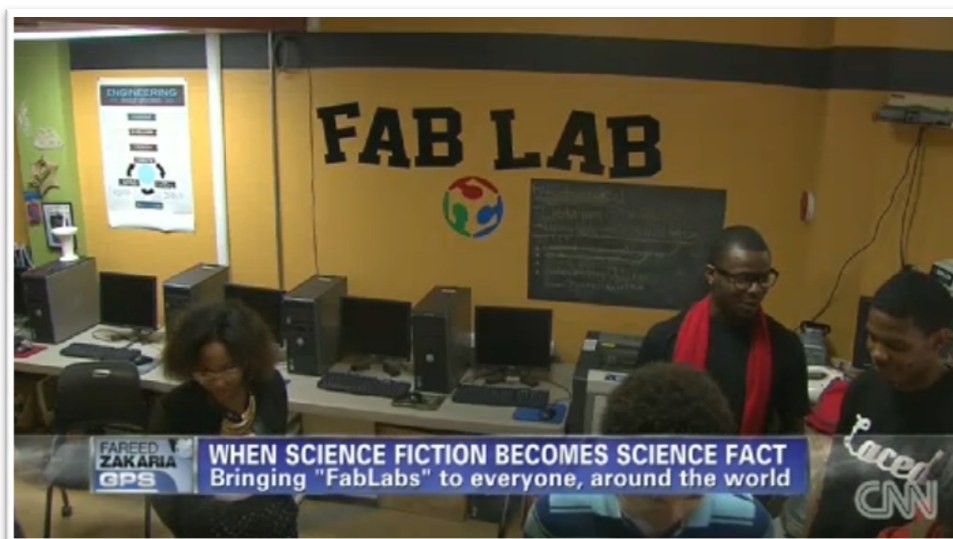
<sup>5</sup> Disponível em: <http://husk.eecs.berkeley.edu/inventionlab/store/list.php>. Acessado em: 5 out. 2014

## 4.2. MIT's Center for Bits and Atoms<sup>6</sup>

O laboratório do MIT faz parte de um projeto de extensão da fabricação digital com a finalidade de prototipação rápida na busca de inovação e promoção de atividades empreendedoras. O MIT coordena a organização, instalação, treinamento e processos de Fab Lab através do projeto de coordenação global: Fab Foundation. A principal qualificação de um Fab Lab é seu acesso público e suas principais responsabilidades são<sup>7</sup>:

- Segurança: não machucar as pessoas ou danificar os equipamentos;
- Operações: ajudar na limpeza, manutenção e melhoria do laboratório; e
- Conhecimento: contribuir com documentação e instruções.

**Figura 18: Fab Foundation**



**Fonte: CNN<sup>8</sup>**

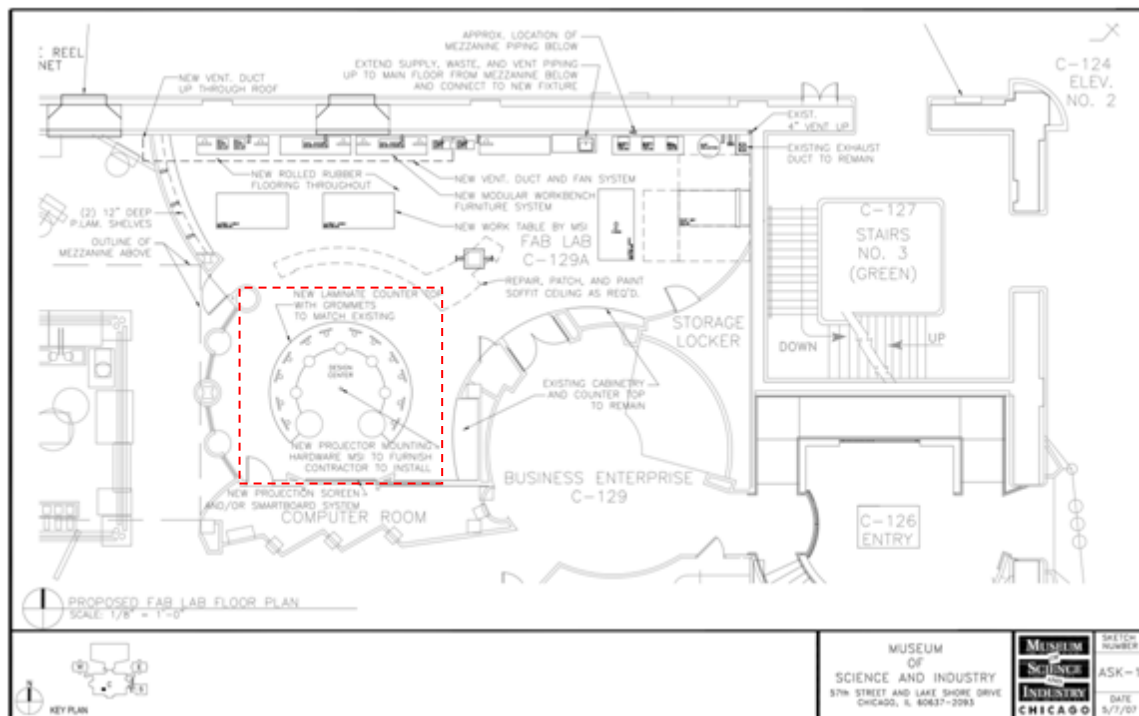
A Figura 18 ilustra o laboratório que faz parte da rede Fab Foundation. A fundação oferece orientação tais como espaço necessário, leiaute proposto, hardware e software necessários entre outras.

<sup>6</sup> Disponível em: <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/>. Acessado em: 5 out. 2014

<sup>7</sup> Disponível em: <http://www.fabfoundation.org/fab-labs/fab-lab-criteria/>. Acessado em: 5 out. 2014

<sup>8</sup> Disponível em: <http://edition.cnn.com/video/?/video/bestoftv/2013/07/17/exp-gps-gershenfeld-3d-printing.cnn>. Acessado em: 5 out. 2014

**Figura 19: Leiaute de Fab Lab de Chicago**



**Fonte: MIT Center for Bits and Atoms**

A Figura 19 ilustra o laboratório de Chicago (Museum of Science and Industry), exemplo divulgado pela Fab Foundation. O espaço foi projetado para acomodar grupos grandes de estudantes. Destacado na Figura 19 encontra-se um espaço denominado Design Center. Este espaço foi projetado para uso dos computadores na realização de projetos, que ocupa aproximadamente 90% do tempo de uso do espaço, por grupos de doze alunos e também videoconferências ou apresentação de um tutor com ferramentas de projeção no espaço central.

### 4.3. Product Realization Lab<sup>9</sup>

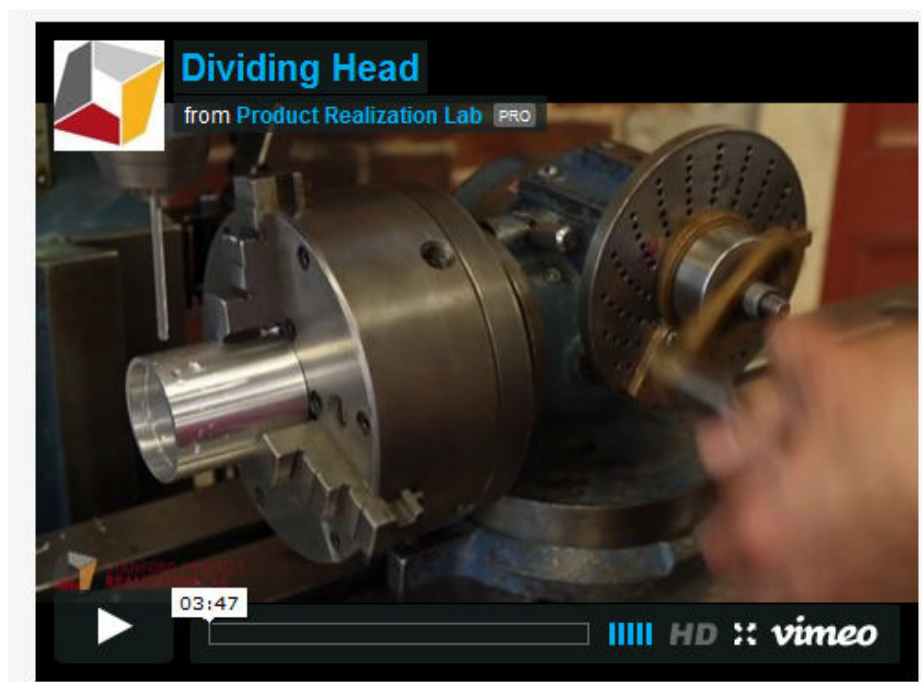
O laboratório Product Realization Lab, ligado ao Departamento de Engenharia Mecânica de Stanford, apresenta diversos recursos de manufatura para realização dos mais diversos tipos projetos.

O laboratório apresenta seções de treinamento sobre os equipamentos e procedimentos de segurança obrigatórios para os alunos que queiram utilizar o espaço do

<sup>9</sup> Disponível em: <https://productrealization.stanford.edu/>. Acessado em: 5 out. 2014

laboratório quando desejarem. Para realização dos treinamentos é necessário fazer um cadastro no site em algum horário disponível. Um importante complemento do treinamento dos alunos são vídeos de orientação que o laboratório disponibiliza em seu site.

**Figura 20: Treinamento on-line do Stanford Realization Lab**



**Fonte: Stanford Realization Lab**

A Figura 20 ilustra um vídeo passo-a-passo disponível no site do Product Realization Lab do uso de um disco divisor. O vídeo mostra todos os passos necessários para o uso do equipamento na oficina a partir de uma operação de cinco furos igualmente distribuídos em uma peça cilíndrica.

O laboratório de Stanford apresenta em seu site vários materiais e manuais de operação das máquinas, que podem ser acessados pelos alunos. Outras informações importantes referentes à operação do laboratório é uma lista de diversos fornecedores com informações de contato para que o aluno possa adquirir materiais necessários para construção de protótipos.

**Figura 21: Fornecedores de materiais recomendados pelo Product Realization Lab**

Common Suppliers	COMMON SUPPLIERS
Art Supplies	<b>McMasterCarr</b>
Electronics	P.O. Box 54960, Los Angeles, CA
Fabric	(562) 692-5911, (562) 641-2800
Glass	<i>Monday - Friday 7:00 AM - 6:00 PM, Saturday 7:00 AM - 3:30 PM</i>
General Hardware	Even if you don't buy your metal, plastic, tools, screws, fasteners, etc. from McMaster, definitely use it as an encyclopedic reference. Sells and tells you about nearly everything you'd want to use in the machine shop or welding room. Pros: has an amazing selection and is a good material reference. Cons: Takes time to ship, kind of expensive.
Jewelry	
Metal & Metalworking	
Paint	
Plastic	<b>Alan Steel</b>
Small Parts	505 East Bayshore Road, Redwood City, CA 94063
Wood	(650) 369-2526
Miscellaneous	<i>Monday - Friday 8:00 am - 4:30 pm</i>
	Nearby metal supplier, has stacks of material of all kinds. They sell by the pound, it's expensive by weight but being able to have it cut to just the right amount often makes it cheaper than McMaster-Carr.
	<b>Palo Alto Hardware</b>
	875 Alma Street, Palo Alto, CA 94301
	(650) 327-7222
	<i>Monday - Friday 7:30 am - 8:00 pm, Saturday - Sunday 8:00 am - 6:00 pm</i>
	Great for small quantities, last-minute purchases, and easy access. Basic wood, small pieces of sheet metal, hinges, and fasteners sold by the box or by the screw. (don't buy your hinges, clasps, or other hardware there) 7 minute bike ride from the PRL.

**Fonte: Product Realization Lab**

A figura 21 ilustra parte uma lista de fornecedores disponíveis no site do laboratório para que o aluno possa adquirir materiais e também informações técnicas sobre os equipamentos a serem usados em seus projetos.

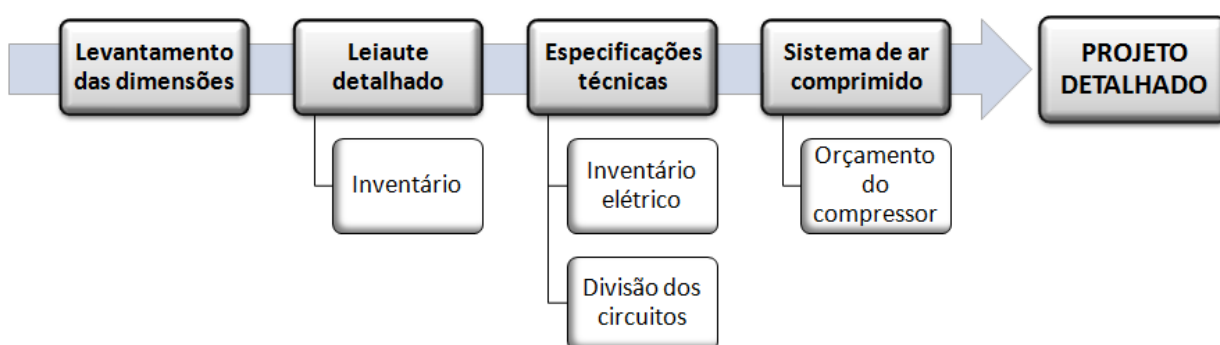
## 5. PROJETO DETALHADO DA OFICINA

Este capítulo possui o objetivo de apresentação dos passos que envolveram a realização do projeto detalhado da oficina. Os materiais utilizados e entregas realizadas nesta fase do trabalho encontram-se em anexos e apêndices, que serão destacados ao longo da exposição do projeto. As entregas e pesquisas que visaram os objetivos do projeto foram realizadas em paralelo de acordo com a demanda do projeto. A demanda por entregas foi orientada pelo professor Dr. Eduardo, que foi o responsável pela interface entre este projeto e o Departamento de Engenharia da Poli-USP.

Esta fase apresentou quatro passos, que geraram quatro versões do projeto InovaLab (V1.0, V2.0, V3.0 e V4.0) e ficaram registrados no controle de alterações. Cada passo apresentou inclusão e revisão de detalhes que compuseram o projeto final encaminhado ao Engenheiro Edivaldo Gaban e a Arquiteta Alessandra Miranda, responsáveis pelo processo de licitação do Departamento de Engenharia da Poli-USP. Cada passo foi avaliado pelo professor Dr. Eduardo Zancul e Arquiteta Maria Alice Gonçalves com a finalidade de enriquecer o projeto por meio de orientações, recomendações e mudanças.

Durante a realização do projeto detalhado o autor acompanhou dois grupos de estudantes do segundo ano da Poli-USP, que realizaram um projeto de engenharia para uma competição no final do primeiro semestre de 2014. Tal procedimento teve a finalidade de verificar de perto as interações entre alunos e fornecer uma relevante fonte de informação e confirmação de decisões adotadas durante o projeto. A Figura 22 apresenta um esquema geral de entregas do projeto detalhado.

**Figura 22: Entregas do projeto detalhado**



**Fonte: Realizado pelo autor**



A Figura 22 ilustra as etapas realizadas e acrescidas em cada versão do projeto detalhado e como essas se relacionaram entre si temporalmente.

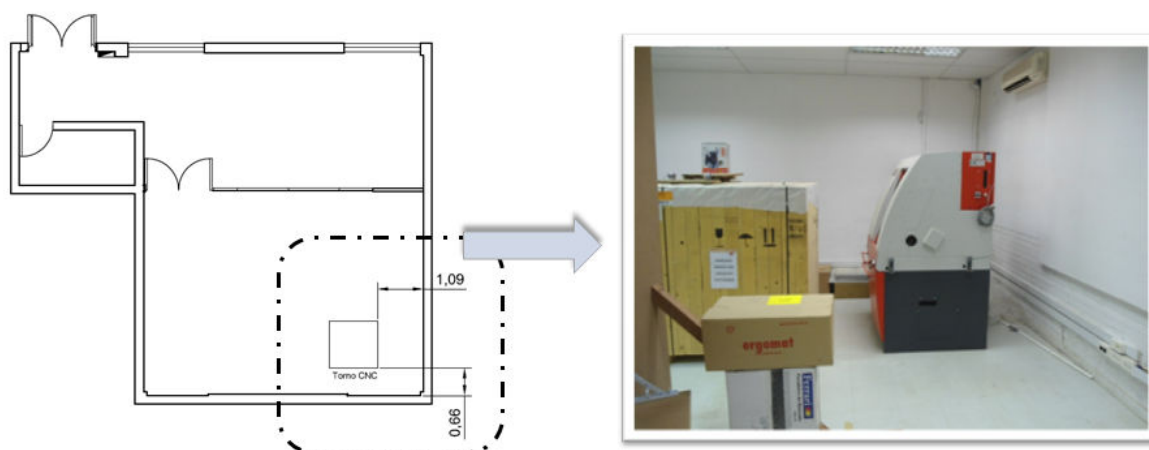
### 5.1. Pressupostos do projeto detalhado

Este tópico possui o objetivo de esclarecer pressupostos adotados nesta fase do trabalho, que foram determinantes para os passos do projeto e as entregas associadas aos mesmos, ilustradas na Figura 22. Os três pressupostos adotados foram:

1. A configuração do arranjo físico geral não foi inclusa no escopo do trabalho;
2. Os dados quantitativos de relação entre as estações de trabalho não foram inclusos no estudo do arranjo físico detalhado; e
3. A obra resultante do projeto deveria evitar trabalhos de alvenaria ou que pudessem danificar equipamentos já presentes na oficina.

O primeiro pressuposto diz respeito à manutenção da divisão dos espaços definidos anteriormente pela Arquiteta Maria Alice Gonçalves e ilustrado na Figura 2. Esta decisão influenciou diretamente o escopo do projeto realizado neste trabalho, pois não foi sua responsabilidade alterar o arranjo físico geral, ou seja, as três áreas e localização das mesmas já definidas. A partir de tal pressuposto, coube ao projeto a responsabilidade de execução do arranjo físico detalhado.

**Figura 23: Localização do Torno CNC CT105**



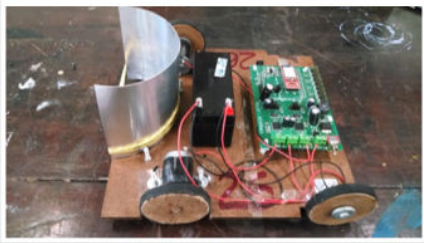



**Fonte: Elaborado pelo autor**



A decisão resultante do primeiro pressuposto, escopo do projeto limitado ao arranjo físico detalhado, possuiu origem em uma redução de um grau de liberdade altamente relevante: o Torno CNC. A Figura 23 ilustra tal redução, pois o torno já havia sido adquirido, posicionado conforme indicação no detalhe à esquerda da imagem e o InovaLab não possuía recursos facilmente acessíveis para sua alteração. Este pressuposto originou-se de uma restrição observada no diagnóstico da oficina, pois a imagem à direita da Figura 23 ilustra a posição do Torno CNC verificada dia 11 de fevereiro de 2014 (vide Figura 3a).

O segundo pressuposto empregado definiu todo o estudo realizado durante o processo de detalhamento do arranjo físico. O estabelecimento de relações quantitativas entre as estações de trabalho, descritas nos modelos de arranjo estudados, são originárias do fluxo de materiais entre tais estações e provenientes de um roteiro. O acompanhamento dos alunos na execução do projeto proposto na disciplina PMR 2201, sua descrição encontra-se no Anexo A, revelou aspectos importantes da organização dos alunos na execução de um projeto completo. O projeto apresenta os mesmos objetivos, restrições técnicas e lista de materiais disponíveis para sua construção de duas máquinas e mesmo assim os dois grupos acompanhados pelo autor criaram concepções de projetos distintos, que resultaram em processos de fabricação e montagem totalmente distintos das máquinas.

**Tabela 2: Ilustração dos resultados dos grupos de PMR 2201 examinados**

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>
<b>Máquina 1</b>		
<b>Máquina 2</b>		

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Tabela 2 ilustra os resultados das máquinas para competição dos dois grupos. O acompanhamento das concepções das máquinas, a forma de organização e divisão do

trabalho, realização de esboços e planejamento de fabricação dos grupos ocorreram paralelamente à realização do projeto detalhado da oficina. Tal acompanhamento reforçou o segundo pressuposto levantado e a Tabela 2 ilustra a concretização de tal pressuposto: projetos com mesmos objetivos, restrições e lista de materiais resultaram máquinas distintas.

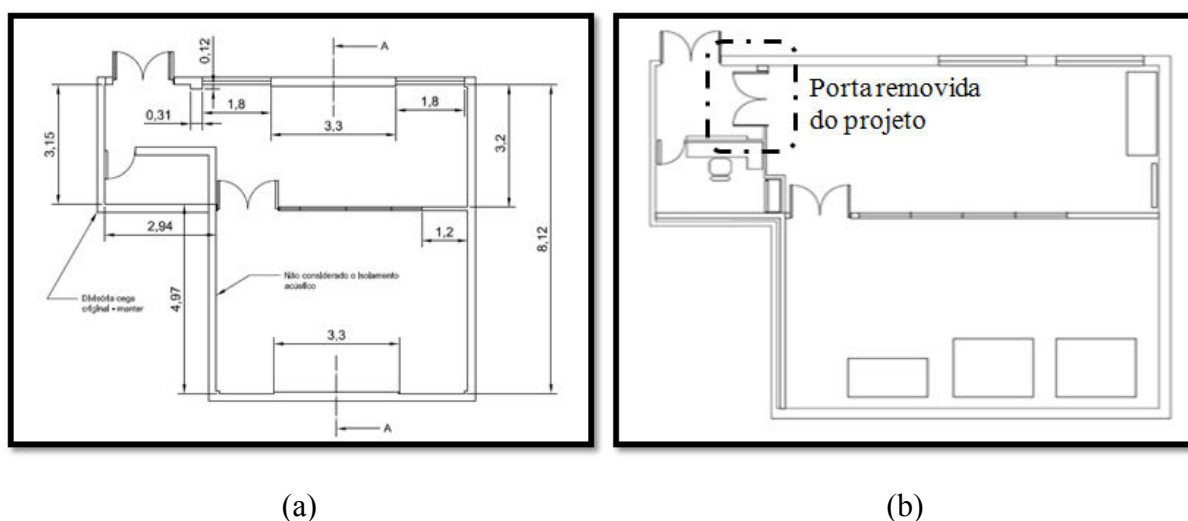
O terceiro pressuposto foi resultante de uma preocupação do professor Dr. Eduardo acerca da obra resultante do projeto. Uma obra “limpa”, isenta de alvenaria e de trabalhos que viessem a danificar os equipamentos presentes ou prolongar a obra, deveria ser prioridade nas decisões realizadas no projeto.

Estes três pressupostos juntos conduziram toda realização do projeto exposto nos tópicos seguintes deste capítulo.

## 5.2. Levantamento das dimensões

Este tópico tem o objetivo de apresentar a primeira etapa realizada no projeto detalhado, que delimitou as dimensões do espaço disponível. Esta primeira etapa gerou os insumos necessários para a etapa seguinte, a elaboração do leiaute detalhado, e também a primeira entrega do projeto, que se encontra no Apêndice A.

**Figura 24: Contraste entre as representações do espaço da oficina**



**Fonte: Elaborada pelo autor com uso do croqui da Arquiteta Maria Alice**

A Figura 24 ilustra o contraste entre o primeiro detalhamento do espaço, realizado pelo autor (Figura 11a), e o croqui realizado inicialmente pela Arquiteta Maria Alice (Figura

11b). A primeira alteração foi a remoção de uma porta indicada no detalhe destacado na imagem à direita, Figura 11b. Esta remoção foi realizada porque a dimensão do corredor com uma porta de saída não foi considerada segura pelo autor no caso de uma evacuação.

O levantamento das medidas, ilustradas na Figura 11a, foi realizado junto a Arquitecta Maria Alice com auxílio de uma trena eletrônica no dia 11 de fevereiro de 2014. O desenho do Apêndice A foi entregue ao professor Dr. Eduardo dia 12 de fevereiro de 2014.

### 5.3. Leiaute detalhado

A elaboração do leiaute foi fundamental para as especificações técnicas posteriores. Esta segunda etapa foi altamente interativa, pois diversos aspectos que influenciariam as etapas posteriores do projeto foram levados em consideração. A Tabela 3 indica todas as entregas realizadas nesta etapa, que foram consolidadas dia 3 de março de 2014.

**Tabela 3: Entregas realizadas na elaboração do leiaute detalhado**

Fase do projeto	Apêndice	Entregas	Documentos incluídos	Observações
Leiaute detalhado	B	Inventário completo	Inventário de máquinas, equipamentos e ferramentas	Insumo necessário para elaboração do arranjo detalhado
	C	Planta – InovaLab V2.0	Folha 1/2 - Detalhamento - dimensões	
			Folha 2/2 - Leiaute	
	D	Projeto Elétrico – InovaLab V2.0	Folha 1/1 - 1º levantamento elétrico	Realizado em caráter apenas ilustrativo - indicação dependente do leiaute

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Para a elaboração do leiaute, um inventário manuscrito foi realizado dia 18 de fevereiro de 2014 e com ele foi possível levantar a definição da área requisitada por cada estação de trabalho. Esta fase possuiu o objetivo de contemplar máquinas, equipamentos atuais e os que a oficina viria a ter. O Apêndice B contém os equipamentos levantados no inventário, que foram distribuídos entre as áreas estabelecidas anteriormente. Vale ressaltar que no Apêndice B os equipamentos acompanham um código na primeira coluna à esquerda, que serão usados com a finalidade de indicação durante a exposição da elaboração do leiaute.

O leiaute foi então determinado e encontra-se no Apêndice C com a indicação das estações de trabalho e as dimensões do espaço entre elas. Junto a este leiaute um croqui com

objetivo de indicar dos pontos de tomadas elétricas foi realizado e encontra-se no Apêndice D. Este primeiro levantamento elétrico foi realizado nesta etapa e possuiu um objetivo apenas ilustrativo, pois tal indicação era totalmente dependente do resultado do arranjo físico e insumo vital para o projeto elétrico, que será descrito detalhadamente na terceira etapa do projeto detalhado.

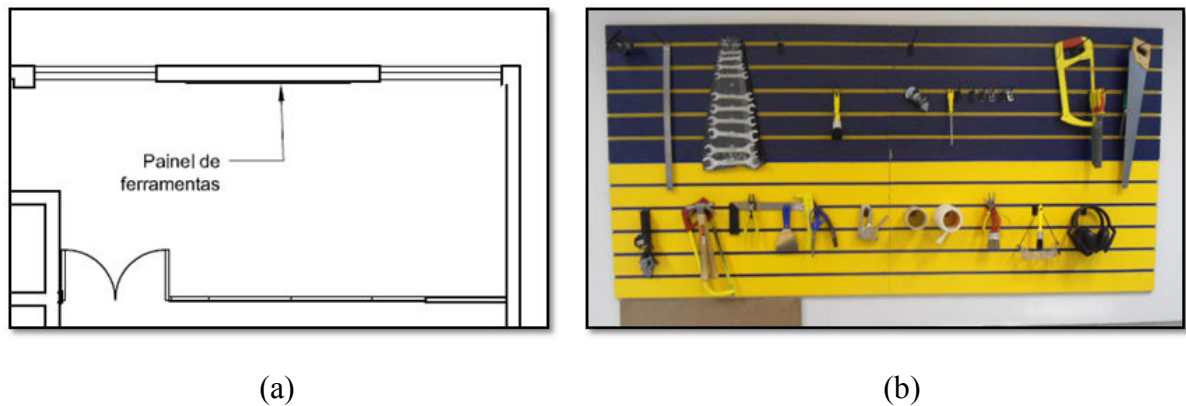
### **5.3.1. Escritório**

Na especificação do escritório não houve ruptura da concepção anterior prevista pela Arquiteta Maria Alice, que se encontra ilustrada na Figura 24b. A área do escritório foi mantida a mesma da etapa anterior, já definida no Apêndice A e ocupando 1,3 m x 2,94 m. A única diferença foi referente à retirada de ferramental, pois seria mais interessante estar próximo das bancadas de trabalho.

### **5.3.2. Área de montagem e equipamentos de marcenaria**

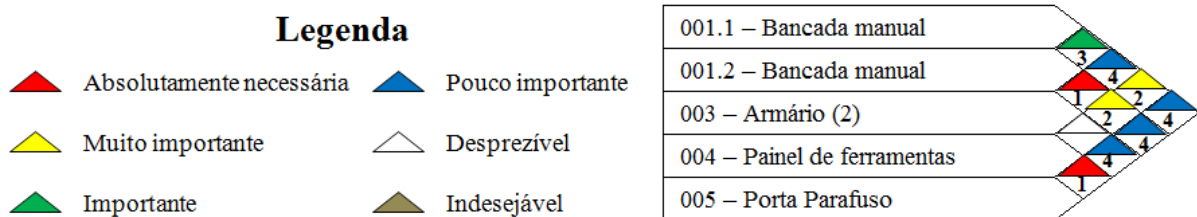
Para esta área estavam reservadas as máquinas e ferramentas de uso manual. Os trabalhos realizados neste espaço seriam resultados de intensa operação manual dos alunos, especialmente em peças de madeiras e montagem de pequenos conjuntos mecânicos e/ou eletro-eletrônicos. Os seguintes equipamentos estavam reservados a esta área: duas bancadas manuais (001), armário (003), os painéis de ferramentas (004) e o porta parafusos (005).

Um mutirão foi organizado pelo professor Dr. Eduardo dia 14 de fevereiro de 2014 para organização do espaço e seu uso no primeiro semestre de 2014. O Pannel foi fixado conforme indicado pela Figura 25.

**Figura 25: Painel de ferramentas****Fonte: Elaborado pelo autor**

Como pode ser visto na Figura 25a, o painel ficou fixado entre as duas janelas e centralizado a uma altura de 0,9 m do solo. Uma vez fixado o painel, o planejamento das posições das estações de trabalho desta região orbitaram sob ele, pois não havia intenção de trocá-lo de lugar devido à dificuldade relacionada à organização de um mutirão para tal.

No planejamento deste arranjo detalhado uma carta de interligações preferenciais foi empregada, pois o fluxo quantitativo de materiais entre estações de trabalhos não foram considerados relevantes para a oficina. Muther (1978) levanta o fato de o fluxo ser irrelevante entre outros motivos para o uso da carta de interligações.

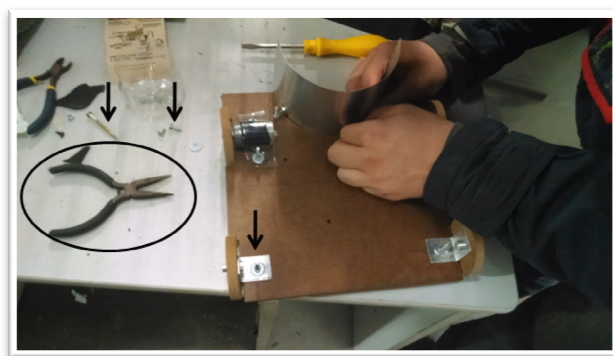
**Figura 26: Carta de interligações da área de montagem****Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 26 mostra a avaliação realizada pelo autor da importância desta inter-relação das estações de trabalho. É importante destacar a distinção prevista para as operações realizadas nas bancadas denominadas 001.1 e 001.2. A bancada denominada 001.1 seria uma bancada livre com a finalidade de operações em peças relativamente grandes como corte, por exemplo, e outras que necessitariam de mais espaço. A denominada 001.2 seria uma bancada com espaços reduzidos, pois foi prevista fixação de morsas para trabalhos manuais como: limagem de peças, furação, rosqueamento manual, fixação de peças pequenas etc.

Os motivos levantados para consideração da importância entre as interações das estações de trabalho estão listados abaixo:

1. Atividades correlatas - A relação entre o armário, que ficaria responsável por armazenar máquinas-ferramentas manuais, e as bancada 2 foi determinada como absolutamente necessária, pois era de se esperar que a maior parte dos trabalhos nesta bancada fossem realizados com máquinas-ferramentas. O mesmo motivo foi levantado para o caso do porta parafusos e o painel de ferramentas.

**Figura 27: Trabalhos manuais de montagem**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 27 acima ilustra trabalhos de montagem manual acompanhado pelo autor dos grupos de PMR 2201, que confirmam a avaliação anterior da interligação entre elementos de montagem e ferramentas manuais. Como pode ser visto é de se esperar, que embora a sequência de montagem não pudesse ser determinada, a seleção de ferramental e elementos de montagem teriam alta correlação.

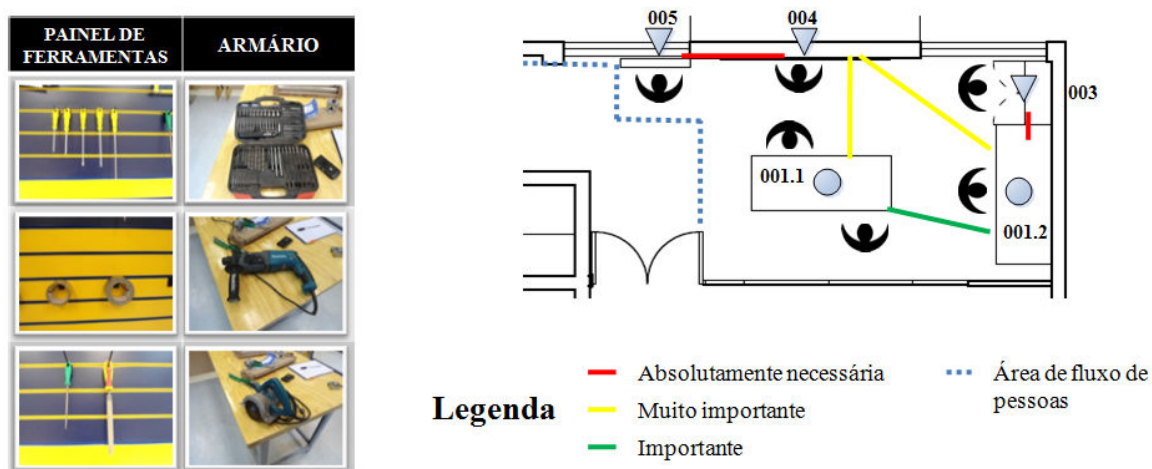
2. Conveniência de acesso - A idéia inicial era de que o painel de ferramentas concentraria todas as ferramentas de montagem desta área como chaves de fenda, chaves de boca, alicates entre outras. Tal paradigma foi definido devido ao espaço limitado e quantidade de ferramentas manuais, que resultava na conveniência de acesso entre o painel de ferramentas e bancadas.

3. Previsão de atividades sequenciais - Foi considerada importante a inter-relação entre bancadas, pois o aluno ou grupo de alunos poderia ir de uma bancada a outra no caso de dividir peça grande em menores para operações subsequentes, de maneira análoga ao definido em selecionar elementos de fixação e ferramentas para montagem.

4. Pouco importante: Não foi possível estabelecer alguma lógica na relação entre estas estações de trabalho.

Como o espaço para tal leiaute já estava definido (3,2 m x 6,62 m) pelo autor e aprovado pelo professor Dr. Eduardo na etapa anterior, algumas opções foram levantadas para escolha definitiva, que se encontra em escala no Apêndice C. O resultado foi fruto de reuniões, conversas, e-mail com croquis elaborados pelo autor e a contribuição da Arquiteta Maria Alice. A Figura 28 ilustra um mapa de fluxo genérico no espaço determinado.

**Figura 28: Mapa de fluxo genérico da área de montagem**



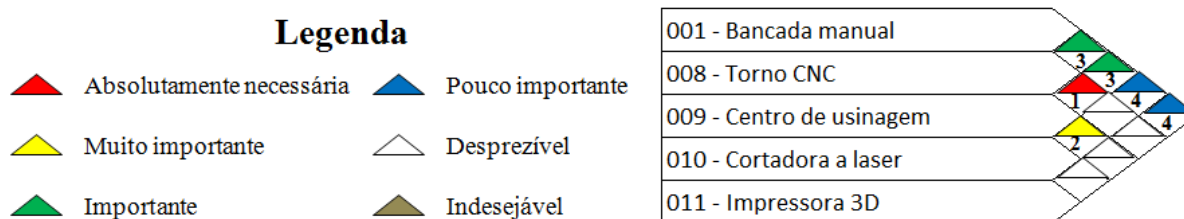
**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 28 ilustra à esquerda uma segmentação dos tipos de ferramentas a serem armazenadas no armário e no painel, este com ferramentas totalmente manuais e aquele com máquinas-ferramentas manuais e suas respectivas peças. À direita da Figura 28, um mapa de fluxo genérico indica a relevância até o nível definido como importante das inter-relações entre as estações de trabalho. Por recomendação da Arquiteta Maria Alice, a bancada central seria destinada a ter seu espaço de trabalho livre, pois possuiria dois acessos para que grupos de alunos trabalhassem juntos. Inicialmente o autor havia estimado os dois acessos com diversas morsas, que levou o armário a estar inicialmente onde está indicado o porta parafusos na Figura 28. O porta parafusos foi alocado à esquerda, próximo ao corredor de saída, devido a previsão do professor Dr. Eduardo de um local de armazenamento de sobras abaixo do painel de ferramentas.

### 5.3.3. Área dos equipamentos de prototipagem

A área de equipamentos de prototipagem seria reservada especialmente para interação dos alunos com maquinários não manuais de porte médio ou grande. Os seguintes equipamentos estavam reservados para este espaço: uma bancada manual (001), um torno CNC (008), um centro de usinagem (009), uma cortadora a laser (010) e uma impressora 3D (011). Uma das mesas seria necessária para alocar computador(es) e a impressora 3D.

**Figura 29: Carta de interligações preferenciais da área de prototipagem**

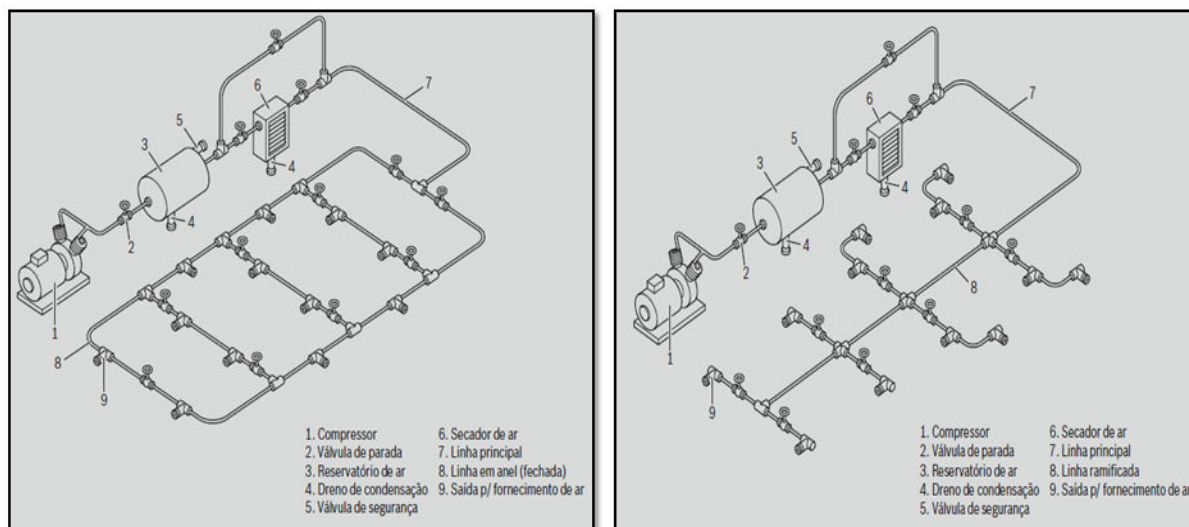


**Fonte: Realizado pelo autor**

A figura 29 ilustra a avaliação das inter-relações entre as estações de trabalho na área de prototipagem, cujas razões da avaliação estão descritas a seguir:

1. Compartilhamento do sistema de ar comprimido - O Torno CNC CT105 deveria ficar ao lado do Centro de Usinagem CM55, pois esses equipamentos eram dependentes do sistema de ar comprimido.

**Figura 30: Redes de ar comprimido**



(a)

(b)

**Fonte: Bosch (2009)**



A Figura 30 ilustra os dois tipos de redes de alimentação de ar comprimido. A Figura 30a ilustra um sistema anelar (fechado), que possui a vantagem de fechar diferentes setores da planta com diversos equipamentos pneumáticos. A Figura 30b ilustra o sistema de ramificações (galhos) que se mostrava apropriado para a oficina, pois não havia um setor da oficina dedicado a equipamentos pneumáticos. Segundo Bosch (2009) o sistema de ramificações apresenta grande economia de instalação, mas possui uma perda de pressão mais severa que o sistema anelar. Tal fato foi de fundamental para estabelecer a proximidade entre as duas máquinas como absolutamente necessária, pois ambas as máquinas poderiam fazer uso de um único ramo do sistema.

2. Conveniência de acesso - Ambas as máquinas, cortadora a laser e centro de usinagem, trabalhariam com peças planas. A possibilidade de um corte realizado na cortadora a laser com dimensões superiores as limitações dos eixos do centro de usinagem e posterior acabamento neste último foi considerado relevante.

3. Previsão de atividades sequenciais - A usinagem de peças no torno ou centro de usinagem e seu posterior acabamento foi considerado importante, pois na bancada da área de prototipagem uma furadeira de bancada e espaços para morsas eram previstos.

**Figura 31: Ferramentas reservadas para área de prototipagem**



(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor**

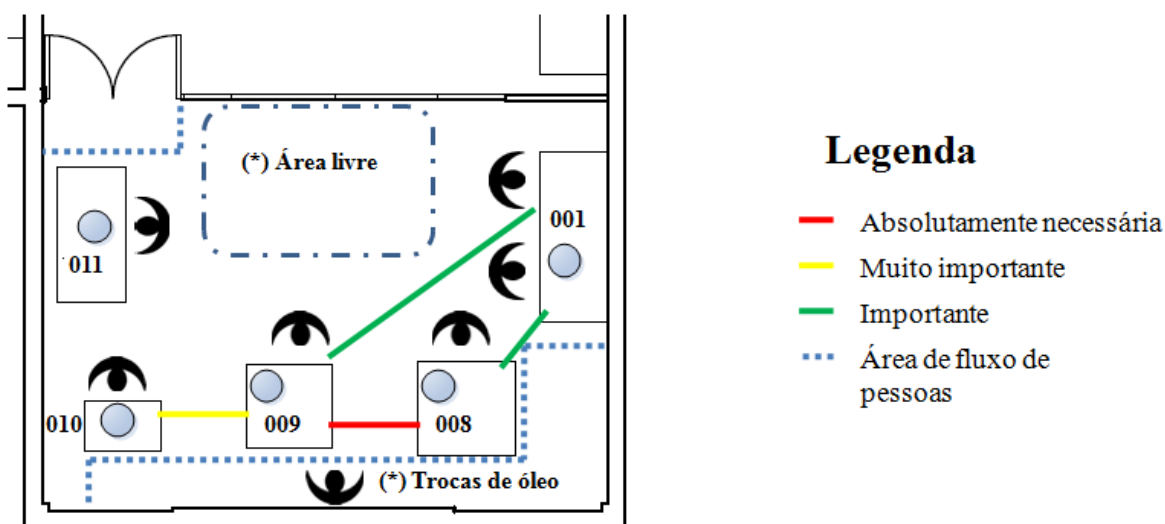
A Figura 31 mostra equipamentos previstos para estarem na bancada da área de prototipagem. Tais equipamentos são amplamente utilizados após a operação de usinagem seja para realizar um furo transversal ou fora de centro, no caso da furadeira de bancada

indicada na Figura 31a, seja para remover rebarbas resultantes do processo, no caso de uso da morsa indicada na Figura 31b.

4. Pouco importante - Não foi possível estabelecer alguma lógica na relação entre estas estações de trabalho.

Vale ressaltar a pouca interação prevista para a impressora 3D e as demais estações de trabalho. A impressora indicada pelo professor Dr. Eduardo, 3D uPrint SE<sup>10</sup>, apresenta alta capacidade de impressão, que possivelmente limitaria a quantidade de processos posteriores necessários as peças nela impressas.

**Figura 32: Mapa de fluxo genérico da área de montagem**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 32 ilustra um mapa de fluxo genérico da região de prototipagem. Vale ressaltar a reserva de um espaço central por dois motivos: o primeiro a possibilidade de montagens de conjuntos de grandes dimensões com uma área de 2m<sup>2</sup> e altura de 2m, por exemplo, e o segundo uma possível montagem de outra bancada nesta área futuramente. O segundo motivo da reserva do espaço central competiria ao professor Dr. Eduardo caso a capacidade instalada do espaço tornasse limitada com o passar do tempo. Toda a montagem deste leiaute partiu do torno, que já se encontrava na posição indicada no início do trabalho. Vale ressaltar aqui o espaço na parte traseira das máquinas estimada para troca de óleo de lubrificação das mesmas.

<sup>10</sup> Disponível em: <http://www.stratasys.com/3d-printers/idea-series/uprint-se>. Acessado em fev. de 2014.

## 5.4. Especificações técnicas

A terceira versão do projeto detalhado possuiu o objetivo de realizar as especificações técnicas necessárias, que foram consolidadas dia 23 de março de 2014. Foi incluso no projeto a determinação da divisória necessária, o isolamento acústico, a divisão das instalações elétricas e a indicação do espaço reservado para o compressor. A Tabela 4 mostra todas as entregas desta etapa, que serão descritas neste tópico.

**Tabela 4: Entregas realizadas na especificação técnica**

Fase do projeto	Apêndice	Entregas	Documentos incluídos	Observações
Especificações técnicas	E	Planta – InovaLab V3.0	Folha 1/4 - Detalhamento – dimensões	
			Folha 2/4 - Especificação da porta	
			Folha 3/4 - Especificação da divisória e isolamento	
			Folha 4/4 - Leiaute detalhado	
	F	Inventário do maquinário	Inventário de máquinas elétricas	Insumo necessário para divisão dos circuitos
	G	Projeto Elétrico – InovaLab V3.0	Folha 1/2 - Levantamento elétrico	
			Folha 2/2 - Levantamento luminotécnico	

**Fonte: Elaborado pelo autor**

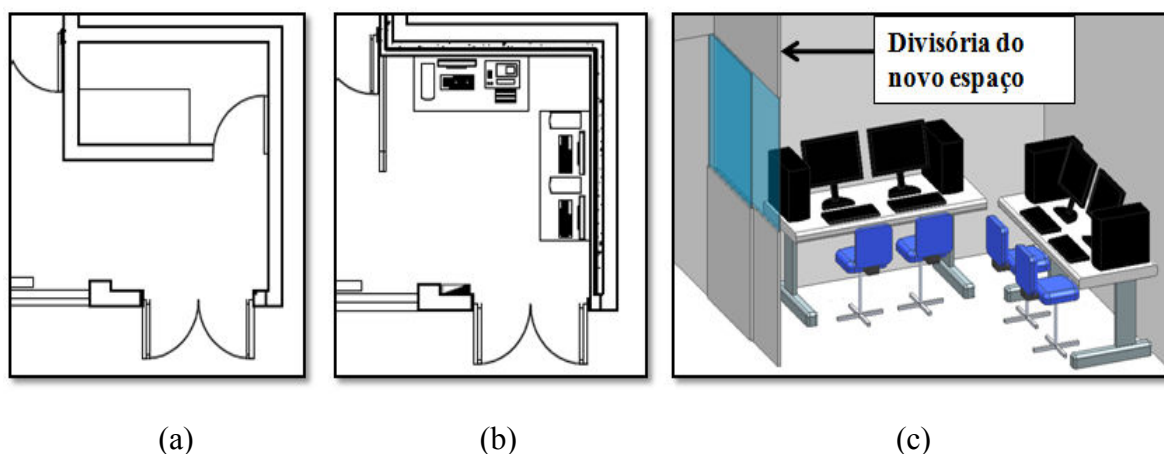
O primeiro passo foi a realização de um inventário elétrico similar ao da etapa anterior, porém neste caso com o objetivo de levantar a demanda elétrica da oficina. Este inventário elétrico encontra-se no Apêndice F e foi insumo indispensável para determinação do número de circuitos elétricos que a oficina viria a ter. A divisão de circuitos foi realizada seguindo a norma ABNT NBR 5410 (2004). Tal divisão era requisito indispensável para elaboração do quadro elétrico da oficina.

Paralelamente ao levantamento das informações elétricas, as especificações acerca do projeto arquitetônico da oficina foram realizadas e a terceira versão do projeto da planta da oficina encontra-se no Apêndice E. Com todas as especificações do projeto arquitetônico, a demanda elétrica estimada e as correções em cima do primeiro levantamento elétrico, realizado na etapa anterior, foi possível detalhar o projeto elétrico da oficina, que se encontra no Apêndice G.

### 5.4.1. Especificações arquitetônicas

O primeiro passo desta etapa consistiu na revisão do espaço anteriormente reservado ao escritório com auxílio do professor Dr. Eduardo e a Arquiteta Maria Alice. O escritório acabou sendo definido como um uso ineficiente do espaço. O espaço foi reformulado de tal maneira que apenas uma divisória seria posta na entrada da área de montagem, pois além de garantir acesso a micros para os alunos realizarem outras atividades além da manufatureira, não cogitados anteriormente, o espaço tornar-se-ia aberto.

**Figura 33: Reformulação do espaço reservado ao escritório**



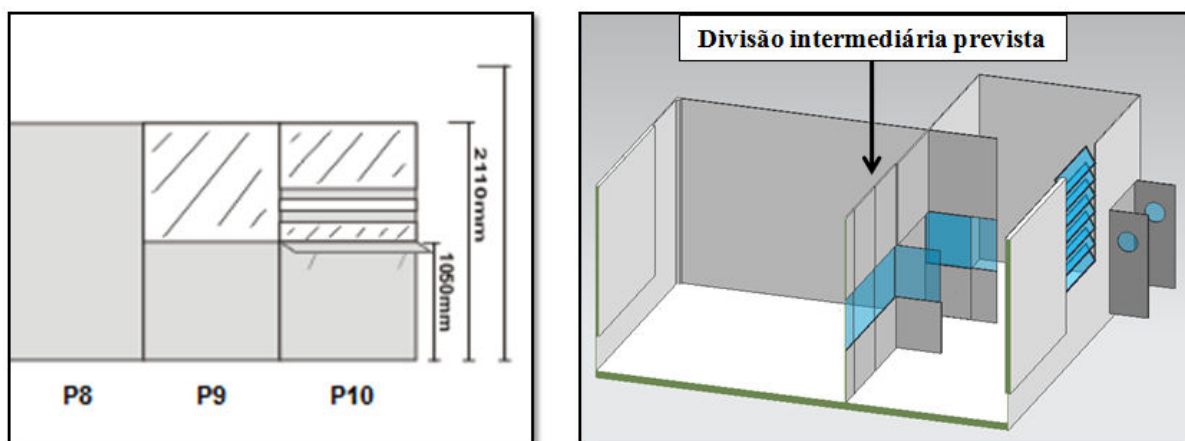
**Fonte: Elaborado pelo autor**

Como pode ser visto no contraste entre as imagens da Figura 33a, concepção anterior do escritório, e a imagem 33b, nova concepção, o espaço resultante da eliminação do escritório apresentou um melhor aproveitamento do espaço. A imagem à direita foi realizada pelo autor em ambiente tridimensional do CAD para melhor visualização dos espaços. A perspectiva do espaço, imagem 33c, destaca sua configuração resultante da reformulação com utilização de quatro micros computadores.

O segundo passo desta etapa foi a especificação da divisória a ser utilizada para separação dos espaços. As possíveis divisórias levantadas foram: o Drywall, PVC e Eucatex<sup>11</sup>. A pesquisa foi realizada em fabricantes especializados a fim de indicar as dimensões no desenho condizentes com o padrão de mercado. O material escolhido foi o PVC, que resultaria uma obra limpa, com os módulos de 1,05 m por 1,2 m e vidro laminado na parte intermediária conforme recomendação da Arquiteta Maria Alice.

<sup>11</sup> Disponível em: <http://www.atelometrica.com.br/index.html>. Acessado em mar. de 2014.

**Figura 34: Divisória dos espaços**



(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor com dados de Durin Divisórias<sup>12</sup>**

A Figura 34a ilustra as dimensões dos módulos escolhidos para oficina de acordo com as especificações de uma empresa especializada em montagens de divisórias de PVC (Durin). A Figura 34b ilustra em CAD o espaço da oficina em corte lateral realizado pelo autor e sem mobiliário e maquinário. Vale ressaltar que nesta etapa houve a decisão de remoção do forro presente na oficina, que consequentemente aumentou o pé direito do espaço para 3,5 m (vide Apêndice E, folha 1/4).

As especificações das portas consistiram o terceiro passo e seguiram recomendações da Arquiteta Maria Alice e professor Dr. Eduardo. As portas de acesso seriam de folha dupla, a porta de entrada da oficina utilizaria o espaço já aberto e ambas teriam barras antipânico para caso de evacuação. Para especificação da altura das barras antipânico o documento *BP-02 – Barra Antipânico Dupla*<sup>13</sup> – da Fundação para o Desenvolvimento da Educação foi a fonte pesquisada. Tal documento apresenta as dimensões e tolerâncias das barras de acordo com a norma ABNT NBR 11785 (1997) e as instruções técnicas 11:2004 e 20:2004 do Corpo de Bombeiros – CBPMESP (vide Apêndice E, folha 2/4 e 3/4).

O quarto, último passo realizado, foi a especificação do isolamento acústico. Infelizmente este passo careceu de equipamentos de medição para previsão das pressões sonoras, que inviabilizou o estudo geométrico-acústico e o cálculo do tempo de reverberação recomendados pela ABNT NBR 12179 (1992). Inicialmente o material do isolamento proposto foi a Lã de vidro, recomendada pelo professor Dr. Eduardo e revisado pelo autor

<sup>12</sup> Disponível em: <http://www.durindivisorias.com.br/divisorias-para-escritorios-sp.html>. Acessado em mar. de 2014.

<sup>13</sup> Disponível em: [http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu\\_site/componentes.htm](http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/componentes.htm). Acessado em mar. de 2014.

para Lã de Rocha. Esta revisão ocorreu devido ao fato da Lã de Rocha ter um índice de absorção superior a Lã de Vidro.

**Tabela 5: Comparação do índice de absorção dos materiais propostos**

Material pesquisado (D = 80kg/m <sup>3</sup> )	Espessura (mm)	Índice de absorção sonora			
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Lã de vidro - PI – I 80 <sup>14</sup>	150	0,12	0,69	0,98	1,02
Lã de rocha - PSE – 80 <sup>15</sup>	100	0,88	1,23	1,19	1,16

**Fone: Elaborado pelo autor com dados da Tecnotermo**

A Tabela 5 mostra uma comparação entre os índices de absorção sonora dos dois materiais levantados fornecidos pela empresa Tecnotermo. Os dois modelos possuem densidades iguais (80 kg/m<sup>3</sup>) e percebe-se uma capacidade superior de absorção da Lã de Rocha para as faixas de frequências indicadas. Esta comparação foi qualitativa, pois nos padrões dos materiais as especificações não se igualavam, perceba a diferença de espessura entre as placas de Lã de Rocha e Lã de Vidro fornecidas pela empresa.

O índice de absorção ( $\alpha$ ) influenciaria diretamente a energia sonora que incidiria na biblioteca proveniente da oficina, pois tal índice é uma relação entre potência sonora absorvida e incidida no ambiente projetado<sup>16</sup>. Vale mencionar uma diferença entre a referência deste parágrafo e os valores do fabricante na Tabela 5, pois  $\alpha$  também leva em consideração a geometria do ambiente. Esta consideração não é feita pelo dado padrão do fabricante, indicado na Tabela 5, todavia influencia o  $\alpha$  resultante do projeto acústico.

Com este levantamento em mãos, a Lã de Rocha foi aprovada como isolante acústico entre oficina e a biblioteca, pois as salas de estudo da biblioteca segundo a indicação da ABNT NBR 10151 (2000) deveria possuir um ruído de no máximo 50 dB(A) no período diurno. A especificação do isolamento encontra-se na folha 3/4 do Apêndice E.

O quinto e último passo desta fase foi a indicação do espaço reservado à sala do compressor, que utilizaria o espaço adjacente a oficina indicadas na Planta – InovaLab (Apêndice E).

<sup>14</sup> Disponível em: [http://www.tecnotermo.com.br/prod\\_la\\_vidro/paineis.htm](http://www.tecnotermo.com.br/prod_la_vidro/paineis.htm). Acessado em mar. de 2014.

<sup>15</sup> Disponível em: [http://www.tecnotermo.com.br/prod\\_la\\_rocha/paineis.htm](http://www.tecnotermo.com.br/prod_la_rocha/paineis.htm). Acessado em mar. de 2014.

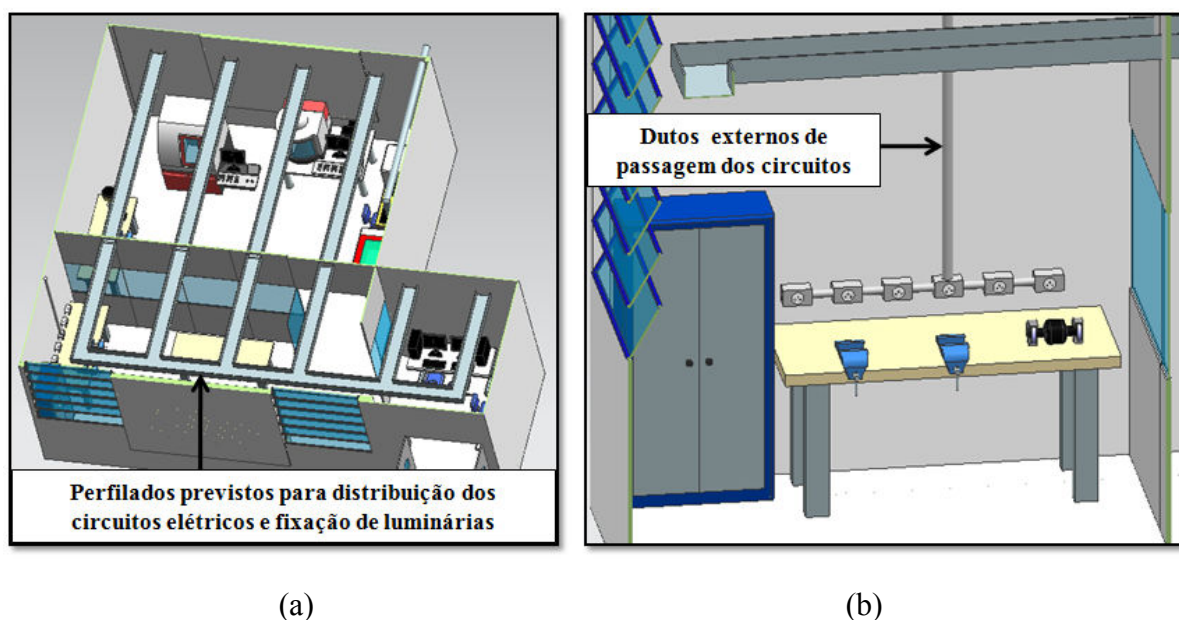
<sup>16</sup> Disponível em: <http://www.rockfon.com.br/ac%C3%Bastica/a+ci%C3%Aancia+do+som/absor%C3%A7%C3%A3o+do+ru%C3%ADdo>. Acesso em mar. de 2014.

### 5.4.2. Especificações elétricas

Este passo incluiu o inventário elétrico, divisão de circuitos e indicação de toda instalação elétrica no projeto. Todas as entregas que serão descritas nesta etapa foram altamente dependentes uma da outra, pois não seria possível montar o quadro elétrico sem o projeto elétrico. Consequentemente sem a divisão de circuitos, o projeto elétrico não poderia ser especificado. E nenhum destes passos poderia ser realizado sem a previsão da demanda de energia e o leiaute detalhado, este definido na etapa anterior.

O primeiro passo desta etapa consistiu no alinhamento do projeto elétrico com os pressupostos do projeto, levantados anteriormente, cujo ponto de partida foi o primeiro levantamento elétrico da etapa anterior (vide Apêndice D). Inicialmente o autor havia previsto dutos elétricos embutidos ao piso, porém tal decisão foi revista pelo professor Dr. Eduardo pelo resultado da obra. A solução resultante consistiu no uso de perfilados no teto por onde passariam os circuitos provenientes do quadro elétrico e sua distribuição nos pontos de uso seria realizada por dutos externos verticalmente dispostos e ligados à parede (vide Apêndice G). A Figura 35 ilustra o resultado de tal decisão.

**Figura 35: Ilustração da distribuição dos circuitos elétrico da oficina**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

Percebe-se na Figura 35 que a distribuição dos circuitos não seria embutida. Perfilados, Figura 35a, distribuiriam os circuitos provenientes do quadro e comportariam luminárias. A Figura 35b ilustra dutos de superfície e tomadas externas.

O segundo passo consistiu no levantamento do inventário das máquinas elétricas da oficina, que se encontra no Apêndice F. Com esta informação em mãos e a localização das estações de trabalho, definida no leiaute detalhado, a divisão de circuitos foi realizada segundo recomendação da seção 4.2.5 da ABNT NBR 5410 (2004): *Divisão da instalação*. “(...) Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para pontos de tomada.” (ABNT, 2004, p. 18).

A Tabela 6 apresenta um mapeamento dos equipamentos na oficina. Com mapeamento realizado da Tabela 6 foi possível identificar as Tomadas de Uso Geral (TUG) e as Tomadas de Uso Específico (TUE), bem como sua distribuição no espaço. A principal regra utilizada para categorização das tomadas foi a que os equipamentos com corrente superior a 10A requisitariam TUE conforme recomendação da seção 9.5.3.1 da ABNT NBR 5410 (2004).

**Tabela 6: Levantamento da demanda elétrica da oficina**

Dependências	Dimensões		Equipamentos elétricos (Qtd)
	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	
Entrada	9,3	12,2	5 - Computadores pessoais 127V (250W) 1 - Impressora 127V (50W)
Casinha do compressor	Área inferior a 6m <sup>2</sup>		1 - Compressor 8 bar
Área de prototipagem	32,6	23,1	1 - Furadeira de Bancada 127V (372W) 1 - Torno CNC 230V (2.300VA - 16A) 1 - Centro de usinagem 230V (850VA - 12A) 1 - Cortadora laser 220V (1200W) 1 - Impressora 3D 127V (15A) 1 - Sistema de limpeza 127V (1200W) 1 - Computador Pessoal 127V (250W)
Área de montagem	21,2	19,6	2 - Furadeiras manuais 127V (780W) 1 - Furadeira manual 127V (650W) 1 - Furadeira 127V (780W - 6,5A) 1 - Serra de Disco 220V (1.300W - 6,1A) 1 - Ferramenta rotativa 127V (1,15A) 1 - Esmeril 127V (360W)

**Fonte: Realizado pelo autor**

Embora as máquinas elétricas tivessem sido mapeadas, a divisão de circuitos não poderia estar limitada às máquinas presentes e à previsão de aquisições da oficina, ambas indicadas na Tabela 6, pois futuras expansões poderiam ocorrer durante o uso da oficina e equipamentos dos alunos poderiam ser usados no espaço.



**Tabela 7: Divisão dos circuitos elétricos da oficina**

<b>Circuito</b>	<b>Finalidade</b>
1	Alimentação de computadores-impressora
2	Alimentação de computadores-impressora
3	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
4	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
5	<b>(220V)</b> Alimentação de ferramentas de bancada - serra de disco
6	<b>(220V)</b> Alimentação de ferramentas de bancada - serra de disco
7	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
8	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
9	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
10	Alimentação de ferramentas de bancada para alunos - furadeira, notes, osciloscópio etc
11	<b>(220V)</b> Alimentação de ferramentas de bancada - serra de disco
12	<b>TUE - Torno CNC CT105</b>
13	<b>TUE - Centro de Usinagem CM55</b>
14	<b>TUE - Cortadora à Laser</b>
15	<b>Impressora 3D e seu sistema de limpeza - os dois ultrapassa 10A de corrente</b>
16	Alimentação de computadores que venham acompanhar as máquinas com circuitos exclusivos
17	Alimentação de ferramentas manuais no perfilado através de uma extensão <sup>17</sup>
18	<b>TUE - compressor de 8 bar</b>

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Tabela 7 mostra os circuitos, que na montagem do quadro representariam elementos protetores distintos. Encontram-se em negrito as TUE e os pontos de tomada com tensão nominal de 220V. As TUG foram divididas a fim de suprir a demanda local de utilização e as TUE foram selecionadas de acordo com a maior demanda de potência ou corrente previstas pelo fabricante dos seguintes equipamentos<sup>18</sup>:

- Torno CNC CT 105: de acordo com seu manual de instruções apresenta uma amperagem máxima de 16A;
- Centro de Usinagem CM 55: de acordo com seu manual possui amperagem máxima de 12A;
- Cortadora a Laser: de acordo com a proposta comercial (vide Anexo B), realizada pelo professor Dr. Eduardo Zancul e enviada ao autor, a cortadora possui uma potência de alimentação de 1,2kW com uma alimentação de 220V – corrente de aproximadamente 5A;
- Impressora 3D uPrint SE: necessitaria de um circuito dedicado de 15A em uma tomada de 110V e seu sistema de limpeza possui uma potência de 1,2kW<sup>19</sup>; e
- Compressor: ainda não havia sido dimensionado.

<sup>17</sup> Finalidade desta inclusão foi possibilitar flexibilidade para os alunos trabalharem na área livre, reservada para montagem de grandes conjuntos, e permitir trabalhos na oficina como fixação de prateleiras, por exemplo (vide Apêndice G).

<sup>18</sup> Manuais de instrução dos equipamentos encontram-se disponíveis na oficina.

<sup>19</sup> Disponível em: <http://www.stratasys.com/3d-printers/idea-series/uprint-se>. Acessado em fev. de 2014.

Todos estes circuitos, a indicação dos pontos de tomada e luminárias, que seriam mantidas, encontram-se devidamente indicados no projeto elétrico no Apêndice G.

#### 5.4.3. Reformulação do leiaute

Uma reformulação do leiaute definido na etapa anterior foi necessária (vide Apêndice E, folha 4/4). Esta reformulação atingiu a posição da Cortadora a Laser ZL9060 e a Impressora 3D uPrint SE, pois a instalação do Centro de Usinagem CM55 não foi realizada de acordo com a configuração prevista na fase anterior. A Figura 36 ilustra a instalação do Centro de Usinagem acompanhada pelo autor dia 11 de março de 2014.

**Figura 36: Instalação do Centro de Usinagem CM55 dia 11 de março de 2014**



(a)

(b)

**Fonte: Realizada pelo autor**

A Figura 36a mostra a base de suporte para o Centro de Usinagem com dimensões de 1.200 mm por 1.800 mm. Esta base não estava prevista na elaboração do leiaute da fase anterior, que se encontra no Apêndice C. Como pode ser visto na Figura 36b, o Centro de Usinagem ocuparia um espaço inferior caso a base fornecida fosse compatível a dimensão do Centro de Usinagem CM55: 960 mm por 1.000 mm. A instalação prevista era similar a realizada no Torno CT105, que possuiria uma base de acordo com as dimensões do Centro de Usinagem e um suporte para teclado retrátil. A Figura 37 mostra o contraste entre a instalação esperada e a efetivamente realizada.

**Figura 37: Configurações de instalação de Centro de Usinagem CM55**



(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor com uso de imagem da EMCO<sup>20</sup>**

A Figura 37a, retirada do catálogo da EMCO, ilustra a instalação esperada pelo autor e levada em consideração para elaboração do leiaute detalhado da etapa anterior. A Figura 37b ilustra a efetiva instalação com uma ocupação de espaço não previsto anteriormente. Devida a esta instalação o leiaute precisou ser formulado, que influenciou na posição da Cortadora a Laser ZL9060 e identificação de sua respectiva tomada do Projeto Elétrico. A posição da cortadora manteve-se próximo a parede devido o fato da previsão de uma saída para exaustão (vide Apêndice E, folha 4/4)

## 5.5. Sistema de ar comprimido e consolidação do projeto detalhado

Esta última etapa, que gerou a quarta versão do projeto detalhado, consistiu na revisão de todos os aspectos trabalhados anteriormente e o efetivo dimensionamento do sistema de ar comprimido. Após esta etapa o projeto foi consolidado e finalmente finalizado<sup>21</sup>.

O Torno CNC CT105 e o Centro de Usinagem CM55 fariam uso do sistema de ar comprimido e a pressão requisitada em suas operações é de 6 bar. A Cortadora a Laser ZL9060 não foi incluída como usuária do sistema, pois em sua proposta comercial, seção

<sup>20</sup> Manual disponível na oficina

<sup>21</sup> Embora a consolidação do projeto detalhado tenha sido realizada dia 25 de abril de 2014, devia às revisões seu efetivo término foi em maio de 2014.

Itens Inclusos do Anexo B, uma bomba de ar contínua fazia parte de sua estrutura. Vale ressaltar aqui que também fazia parte da proposta comercial da Cortadora ZL9060 um exaustor e os tubos de exaustão, todavia o trabalho de alvenaria referente à saída do tubo de exaustão era de responsabilidade do comprador.

**Tabela 8: Entregas realizadas na consolidação do projeto detalhado**

Fase do projeto	Apêndice	Entregas	Documentos incluídos	Observações
Consolidação do projeto detalhado	H	Planta – InovaLab V4.0	Folha 1/4 - Detalhamento - dimensões	Incluso especificação do furo de exaustão
			Folha 2/4 - Especificação da porta	
			Folha 3/4 - Especificação da divisória e isolamento	Revisado espessura do isolamento acústico
			Folha 4/4 - Leiaute detalhado	Acabamento exigido na exaustão
	I	Projeto Elétrico – InovaLab V4.0	Folha 1/2 - Levantamento elétrico	Incluso TUE para Impressora 3D
			Folha 2/2 - Levantamento luminotécnico	Redefinição das distâncias e indicação dos ares-condicionados
	J	Ar comprimido – InovaLab V4.0	Folha 1/2 - Especificação da tubulação	
			Folha 2/2 - Especificação da sala do compressor	
	L	Especificação do compressor	Especificação técnica do compressor	

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Tabela 8 indica todas as entregas da etapa final do projeto. Nesta etapa final todo o projeto foi entregue ao Engenheiro Edivaldo Gaban e a Arquiteta Alessandra Miranda, que realizaram a consolidação de todo o trabalho no padrão da Poli-USP. A consolidação do projeto encontra-se nos Anexos C e D. As revisões do projeto, indicadas no campo observações da Tabela 8, foram realizadas pelo autor com a colaboração da Arquiteta Alessandra Miranda, que também realizou a montagem do quadro elétrico de acordo com a divisão de circuitos elaborado pelo autor.

**Figura 38: Ar-condicionado instalado da oficina**

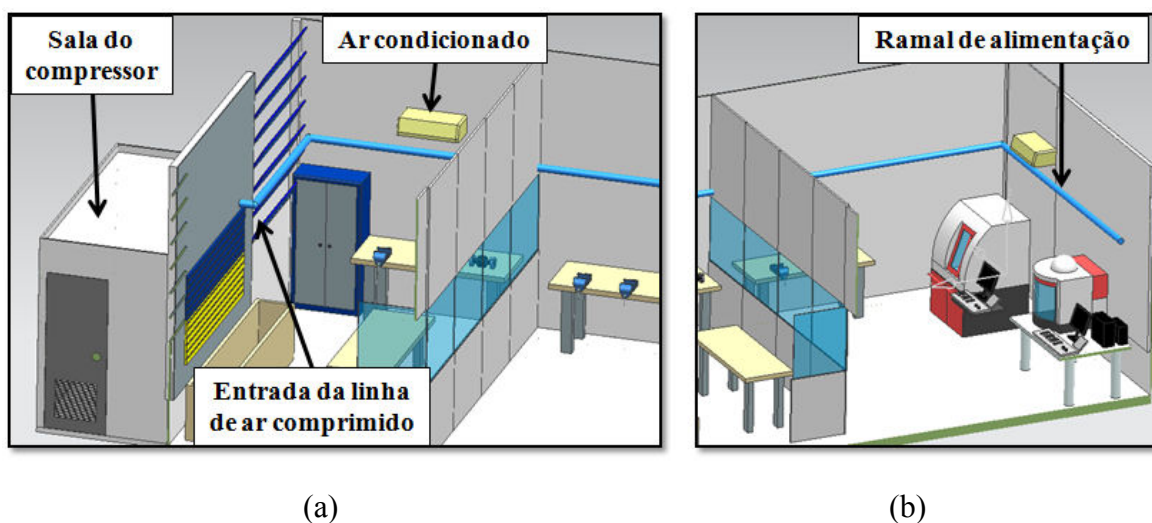


**Fonte: Elaborado pelo autor**

A primeira revisão diz respeito à indicação dos ares-condicionados no desenho (vide Apêndice I, folha 2/2), pois a cada um deles seria reservado um circuito específico no quadro elétrico. A Figura 25 acima ilustra o modelo de ar condicionado instalado na oficina e seu posicionamento logo abaixo ao forro. A segunda revisão foi a redefinição dos pontos de luminárias, pois estes coincidiam com a divisória na especificação anterior (vide Apêndice G, folha 2/2). A redução da espessura do isolamento acústico definido anteriormente em 100 mm para 80 mm, por recomendação do Engenheiro Edivaldo Gaban, foi a terceira alteração. A quarta revisão foi a inclusão de um circuito exclusivo para a Impressora 3D.

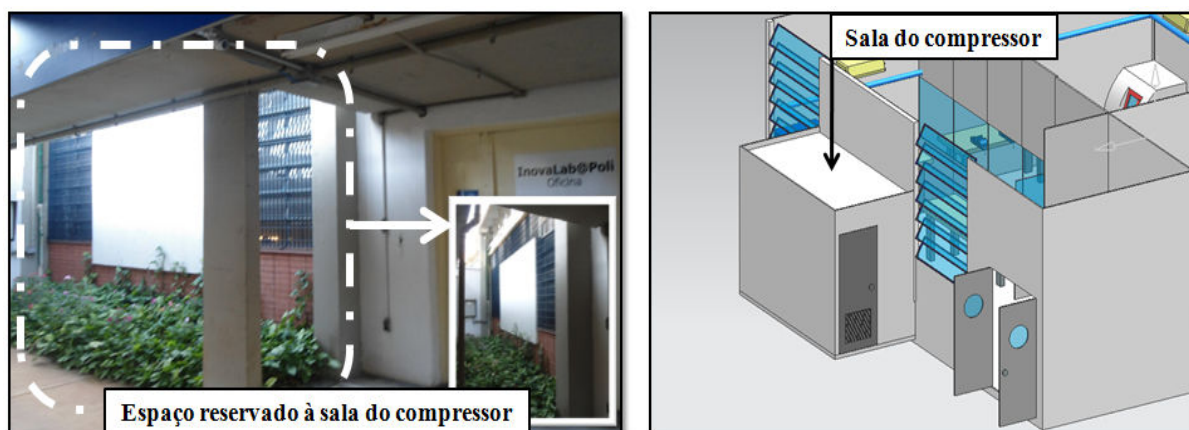
Após a consolidação das especificações com as devidas revisões, o segundo passo desta etapa foi a especificação do sistema de ar comprimido. A especificação incluiu a indicação de uma tubulação, desenho detalhado da sala do compressor, adjacente ao espaço da oficina, e o dimensionamento do compressor. A Figura 39 ilustra a tubulação de ar comprimido e sua passagem pelo espaço projetado da oficina.

**Figura 39: Tubulação de ar comprimido**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 39a mostra a entrada da tubulação de ar comprimido proveniente da sala do compressor. Esta entrada foi determinada de tal maneira que alterasse o mínimo possível a configuração do espaço da oficina, pois a definição da coordenada de entrada na parede não resultaria em remoção do painel de ferramentas nem dos ares-condicionados já instalados no local a uma altura de 2,54 m. A Figura 39b ilustra o ramal que alimentaria os pontos de uso de ar comprimido: Torno CNC CT105, Centro de Usinagem CM55 e os dois bicos de ar comprimido.

**Figura 40: Espaço reservado à sala do compressor**

(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 40 ilustra o espaço externo reservado à instalação da sala do compressor. A Figura 40a mostra o espaço reservado e a Figura 40b a previsão da sala do compressor, representação complementar à Figura 39 que ilustra as instalações internas ao espaço da oficina (vide Apêndice J).

Posterior às especificações do sistema de ar comprimido, o dimensionamento do compressor foi realizado. Duas informações são vitais para o referido dimensionamento: a pressão de trabalho do compressor e o consumo volumétrico de ar dos equipamentos (PARKER, 2006). A pressão de trabalho deve ser a máxima de trabalho entre os equipamentos do sistema, neste caso 6 bar. Duas pistolas pneumáticas, indicadas na folha 1/2 do Apêndice J, seriam empregadas para limpeza de peças e trabalhariam a pressão de 2,5 bar. A Tabela 9 mostra o quadro de dimensionamento do compressor.

**Tabela 9: Dimensionamento do compressor**

DIMENSIONAMENTO DO COMPRESSOR				
Descrição do equipamento	Quant.	Consumo em l/min	Pressão de trabalho (bar)	Taxa de utilização
Pistola pneumática	2	170	2,5	30%
Torno CNC CT105	1	200	6	30%
Centro de Usinagem CM55	1	200	6	30%
<b>TOTAL - SISTEMA</b>		<b>222</b>	<b>6</b>	<b>30%</b>

**Fonte: Elaborado pelo autor com dados de Parker (2006)**

O consumo total do sistema, indicado na Tabela 9, foi calculado a partir da soma da estimativa de consumo de cada unidade pneumática. A taxa de utilização refere-se ao fato de que o consumo volumétrico do equipamento não ocorre ininterruptamente no tempo (PARKER, 2006). Logo o cálculo do consumo estimado foi igual à soma do seguinte produto



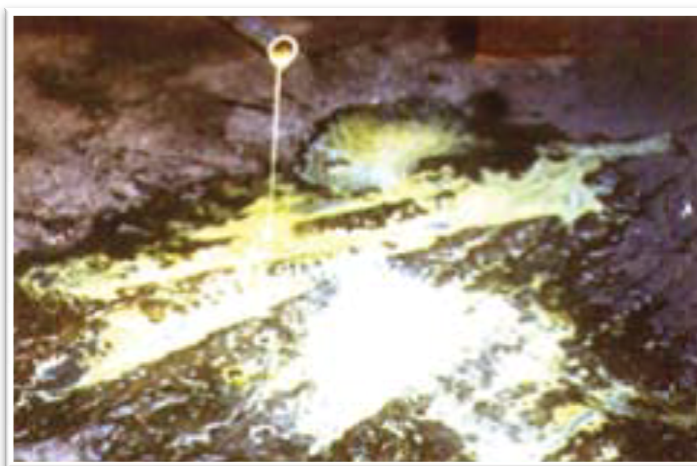
de cada equipamento: **número de equipamentos x consumo volumétrico x taxa de utilização.**

O valor de consumo volumétrico de ar da pistola pneumática foi retirado diretamente de uma estimativa presente no manual da Parker (2006), porém o mesmo não pode ser feito para as máquinas. Para estimativa dos valores de consumo das máquinas CNC um levantamento de equipamentos foi avaliado e encontram-se listados abaixo (PARKER, 2006):

- Calibrador de pneus – pressão de trabalho entre 6,3 e 8,3 bar – consumo de 57 l/min;
- Guincho – pressão de trabalho entre 6,3 e 12,3 bar – consumo de 85 l/min;
- Parafusadeira de impacto – pressão de trabalho 6,3 bar – consumo 258 l/min;

Os itens selecionados e listados acima trabalham em uma faixa de pressão próxima a de trabalho das máquinas CNC (6 bar). O calibrador foi estimado como um consumo inferior às máquinas, porém o mesmo não acontece com a parafusadeira de impacto, que foi estimada com o consumo superior devido à atuação pneumática cíclica após seu acionamento. A estimativa de consumo prevista para o Torno e o Centro de Usinagem foi 200l/min cada uma, indicado na Tabela 9, superior ao guincho devido o fato deste equipamento priorizar força em virtude da velocidade de seus deslocamentos por consequência do princípio de Pascal.

**Figura 41: Danos causados na tubulação devido à umidade**



**Fonte: Parker (2006)**

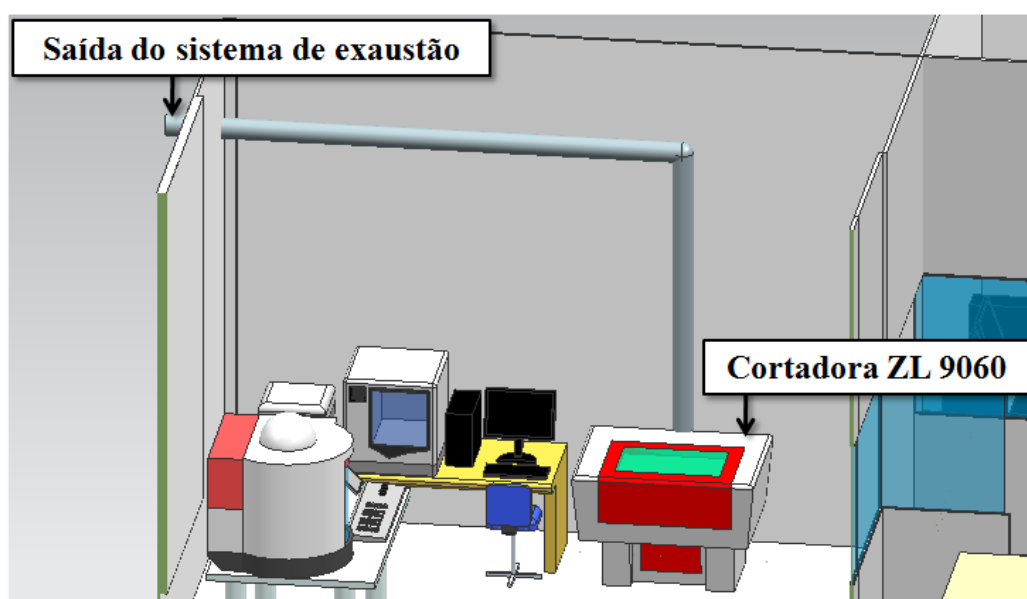
A Figura 41 ilustra os danos causados devido à presença excessiva de umidade em tubulações de ar comprimido. No dimensionamento do compressor foi incluso a previsão de um secador que possuiria um filtro embutido. A inclusão do secador teve o objetivo de

prolongar a vida útil da tubulação bem como evitar danos nos equipamentos devido à umidade presente na compressão de ar, segundo recomendação da norma ISO 8573-1 (1991) e Parker (2006).

Prevendo uma futura expansão do sistema e queda de pressão com o tempo de uso, o compressor especificado foi o de pressão mínima de 6,9 bar<sup>22</sup>. Três cotações do sistema dimensionado e especificado foram realizadas a pedido do professor Dr. Eduardo. As cotações encontram-se nos Anexos E, F e G<sup>23</sup>. A compra do compressor foi realizada em uma licitação do tipo pregão acompanhada pelo autor dia 03 de setembro de 2014 e as cotações realizadas pelo autor tiveram a finalidade de reserva orçamentária para compra pelo Departamento de Compra da Escola Politécnica.

O último passo realizado nesta fase foi a especificação da exaustão da Cortadora a Laser ZL 9060. A Figura 42 ilustra a previsão de instalação da Cortadora ZL 9060.

**Figura 42: Saída do tubo de exaustão**



**Fonte: Elaborado pelo autor<sup>24</sup>**

A Exaustão foi especificada de tal maneira que saísse do prédio como indicado na Figura 42. O trabalho de alvenaria realizado deveria ser acabado, ou seja, no formato do duto

<sup>22</sup> Especificação completa do compressor e secador encontra-se no Apêndice L.

<sup>23</sup> Orçamentos realizados respectivamente nos seguintes distribuidores especializados: **Nowak Comércio de Máquinas e Equipamentos Ltda**, **RR Comércio e Equipamentos Industriais Ltda** e **Zaffa Máquinas e Ferramentas Ltda**.

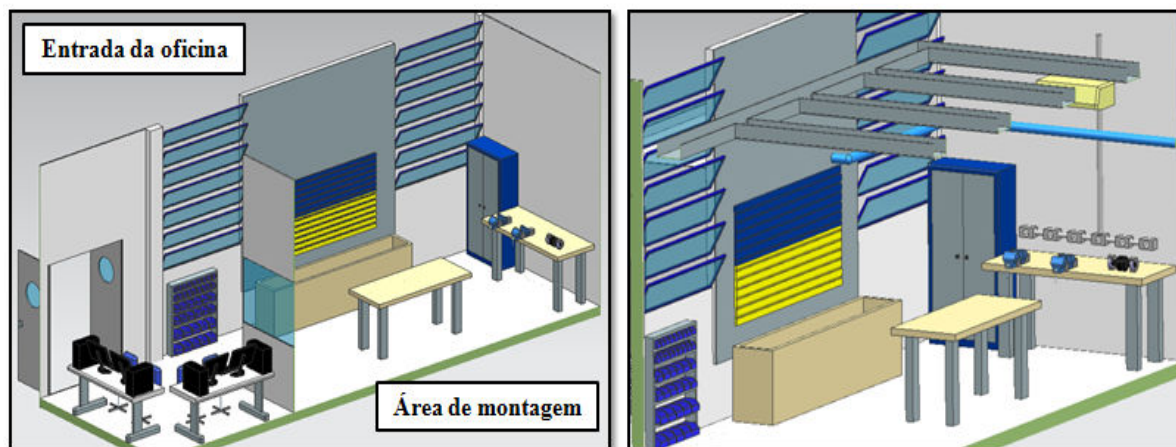
<sup>24</sup> Devido à limitação de espaço causada pela instalação do Centro de Usinagem CM 55, a posição da Cortadora a Laser foi alterada ficando à direita da Impressora 3D.



de exaustão com a tolerância superior de sua dimensão nominal a fim de permitir a passagem do duto conforme indicado na folha 4/4 do Apêndice H.

Após a consolidação de todas as especificações no projeto detalhado, este foi encerrado e o resultado dos espaços planejados encontra-se ilustrados nas Figuras 43 e 44.

**Figura 43: Espaço planejado para entrada e área de marcenaria**



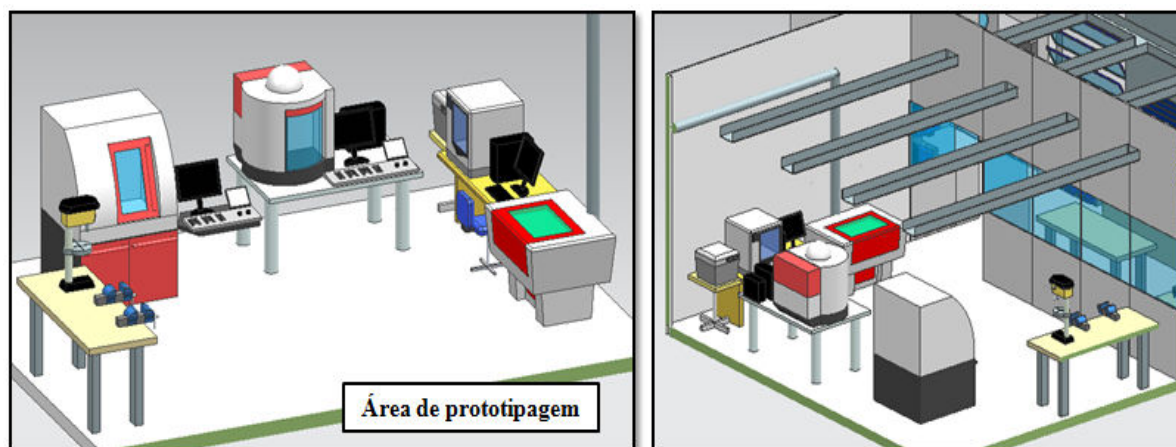
(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 43a mostra a entrada e a área de montagem da oficina, ausente de perfisados e linha de ar comprimido, e a Figura 43b mostra o leiaute estimado no projeto detalhado para a área de montagem, ambas as perspectivas em corte.

**Figura 44: Espaço planejado para área de prototipagem**



(a)

(b)

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 44a ilustra o posicionamento final estimado das máquinas na área de prototipagem e a Figura 44b ilustra outra perspectiva da mesma. Ambas as perspectivas em corte com a finalidade de oferecer uma melhor visualização do espaço.

## 6. PLANO DE OPERAÇÃO

O presente capítulo possuiu o objetivo de levantar propostas de operação do laboratório. Devido à realização da obra da oficina não ter ocorrido dentro do prazo de execução deste trabalho, previsão de início para dia 05 de dezembro de 2014, esta etapa consistiu no levantamento de propostas para que possam ser avaliadas e implantadas, caso sejam consideradas factíveis, *a posteriori*.

Segundo Dennis (2008) no modelo Lean a estabilidade é o ponto de partida para todas as melhorias contínuas no planejamento, uma vez que fornece uma base de comparação. A estabilidade começa com o gerenciamento visual e o sistema 5S:

- S1 – Separar: separar o que não é necessário;
- S2 – Classificar: organizar o que sobrou para minimizar movimentos desnecessários;
- S3 – Limpar (e inspecionar): local de trabalho limpo e organizado;
- S4 – Padronizar: padrões claros, simples e visuais; e
- S5 – Manter: manter as conquistas.

**Figura 45: Gerenciamento visual de operação de maquinário**



**Fonte: Fornecido pela Arquiteta Maria Alice em visita Product Realization Lab**

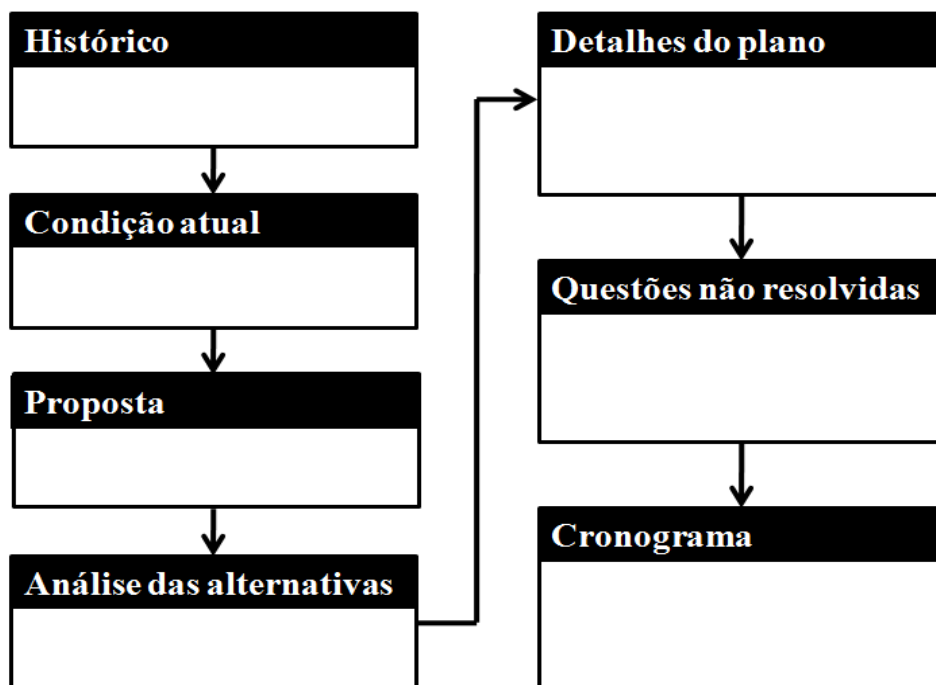
A Figura 45 ilustra um painel de instruções acerca da operação de uma máquina, que foi fornecido pela Arquiteta Maria Alice em uma visita realizada por ela no Product Realization Lab.

O modelo de referência para o levantamento de propostas foi o Relatório A3 de Proposta. O relatório A3 possui sete elementos chave (SOBEK e SMALLEY, 2010):

1. Processo de raciocínio lógico: aplicar metodologia científica de investigação;
2. Objetividade: objetividade de explicitação da situação e seu compartilhamento;
3. Resultados e processo: metas operacionais e de negócio;
4. Síntese, destilação e visualização: relatório A3 deve ser breve propositalmente;
5. Alinhamento: consenso prévio das partes envolvidas;
6. Coerência interna e consistência externa: fluxo lógico de uma seção do relatório para seguinte, que promove coerência interna; e
7. Ponto de vista sistêmico.

**Figura 46: Fluxo típico de um relatório A3 de proposta**

**Tema do relatório:**



**Fonte: Sobek e Smalley (2010)**

A Figura 46 ilustra os tópicos recomendados de um relatório A3 de proposta.

## 6.1. Organização do trabalho

A organização dos alunos deve ser o mais livre possível. Como a concepção do espaço disponibilizado pela oficina visa à livre iniciativa dos alunos, uma vez que o laboratório não é dedicado a nenhuma especialidade como mecânica dos fluídos, por exemplo, os alunos devem ter máxima liberdade de interação com os equipamentos.

Dentro da concepção trabalhada no projeto da oficina, qualquer restrição das atividades dos alunos deve ser pautada na segurança das interações com maquinário disponível e não na forma de organização dos alunos. Partindo desse pressuposto é de extrema importância que a restrição do acesso aos equipamentos seja uma exceção, apenas em casos necessários como reserva do local para ministrar uma disciplina específica, por exemplo.

Esta fase do estudo careceu de acompanhamento do uso do espaço, pois a obra não ficou concluída antes da apresentação do trabalho.

## 6.2. Fluxo de materiais

Devido à limitação de espaço, a aquisição de materiais para realização de protótipos deverá ser administrada pelos próprios alunos, pois a oficina não apresenta espaço necessário para possuir uma *Store* no mesmo modelo do CITRIS invention Lab. Os materiais dos quais a oficina deve ser responsáveis pela aquisição e controle em suas dependências devem ser:

- Ferramentas: as ferramentas necessárias para o uso do maquinário disponível no espaço da oficina sejam elas manuais ou automáticas tais como fresas, brocas, disco de corte etc;
- Materiais de fixação: materiais necessários para fixação de diferentes conjuntos manufaturados pelos alunos tais como parafusos, arruelas, porcas etc; e
- Sobras de materiais utilizados pelos alunos: as sobras dos materiais utilizados pelos alunos que permanecerem nas dependências da oficina.

**Figura 47: Materiais cuja administração é de responsabilidade da oficina**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

A Figura 47 ilustra os materiais cuja administração de seu fluxo deve ser de responsabilidade da oficina. Esta etapa da proposta careceu de um estudo detalhado por falta de acompanhamento da dinâmica do uso do espaço, pois a obra não ficou concluída antes da apresentação do trabalho.

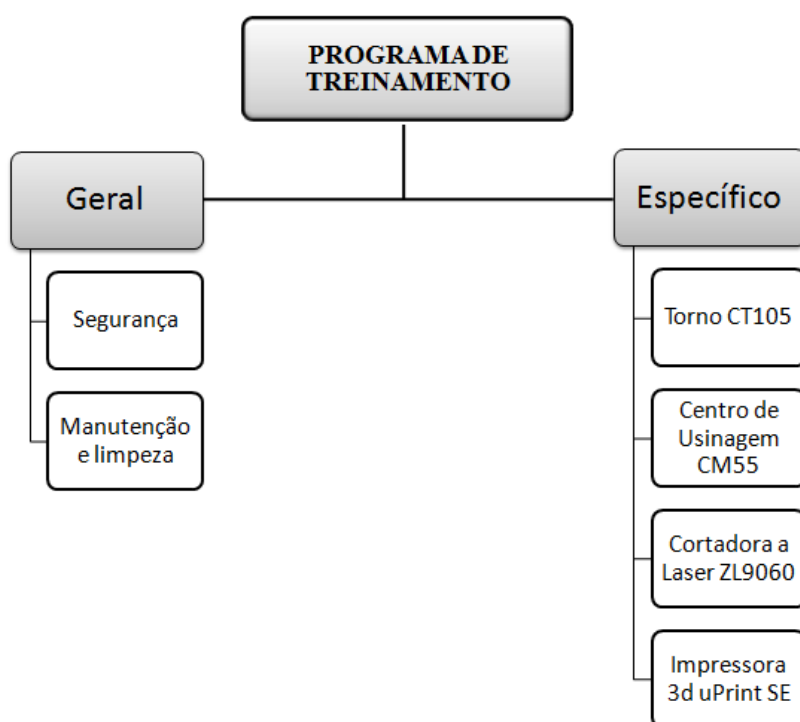
### **6.3. Treinamento dos alunos**

O treinamento deve englobar tanto os aspectos gerais referentes à segurança, manutenção no uso dos equipamentos, limpeza do espaço da oficina e treinamentos de caráter específico no uso dos equipamentos de médio e grande porte que apresentem complexidade inicial de operação.

Os seguintes equipamentos foram levantados para possuir um treinamento de caráter específico:

- Torno CNC CT105: o aluno deve aprender a linguagem de programação do equipamento, a interface gráfica da máquina, suas limitações técnicas, o uso do simulador disponível para verificação dos programas realizados, a limpeza e lubrificação da máquina e troca de ferramentas;
- Centro de Usinagem CM55: o aluno deve compreender a linguagem de programação, entender a interface gráfica, compreender os eixos que a máquina dispõe e suas limitações dimensionais, uso do simulador, limpeza e lubrificação da máquina e troca de ferramentas;
- Cortadora a Laser ZL9060: o aluno deve aprender a cortar e gravar peças usando a interface da máquina, conhecer as limitações referentes a materiais e dimensões suportadas pela máquina na operação de corte e limpeza da máquina; e
- Impressora 3D uPrint SE: os alunos devem aprender a imprimir peças e realizar a limpeza da máquina.

**Figura 48: Proposta do programa de treinamento da oficina**



**Fonte: Realizado pelo autor**

A Figura 48 mostra o esquema proposto para o programa de treinamento dos alunos para uso do espaço da oficina com a divisão de duas vertentes: treinamento geral e treinamento específico para os equipamentos mencionados. Uma experiência relevante que

poderia ser copiada são os vídeos de treinamento disponibilizados pelo Product Realization Lab.

Para os demais equipamentos manuais como serra de disco, por exemplo, uma simples orientação de uso e segurança já se mostra suficiente. Embora este tópico tenha tratado muito o aspecto técnico do treinamento é de extrema relevância que ele aborde aspectos intangíveis que vão de encontro ao ambicionado pelo espaço. O aluno precisa sentir-se responsável pelos equipamentos e a manutenção preventiva destes como lubrificação de um maquinário e a limpeza do espaço, por exemplo.

O treinamento deve enfatizar é a segurança e manutenção do espaço da oficina são de responsabilidade dos próprios alunos, uma vez que o uso dos equipamentos será realizado com muita liberdade. É de extrema importância que caso o aluno esteja com dúvida acerca de uma operação ele peça orientação ou possa refazer o treinamento orientado para o equipamento.

**Figura 49: Indicação visual do uso de EPI**



**Fonte: Realizado pelo autor**

A Figura 49 ilustra o uso do gerenciamento visual, que deve englobar não somente as instruções de segurança, mas também instruções do uso de maquinários da oficina conforme indicado na Figura 45. A proposta do programa de treinamento encontra-se estruturado no formato A3 de proposta no Apêndice M.



## 7. CONCLUSÃO

O presente trabalho possuiu o objetivo de contemplar o projeto e implantação da oficina do InovaLab e conforme apresentado nos capítulos anteriores atingiu seus objetivos centrais. O trabalho foi muito frutífero uma vez que possibilitou um ganho imediato ao projeto InovaLab e Escola Politécnica por oferecer uma contribuição relevante a concretização o espaço da oficina.

O principal objetivo da primeira fase proposta, o projeto detalhado da oficina, foi atingido com êxito. A segunda fase, plano de operação e implantação, careceu de um acompanhamento. Tal fato está intimamente ligado a relação de dependência entre a execução das propostas de operação e a construção do espaço, que foi estimado para ser realizado dia 5 de dezembro de 2014 após um processo licitatório do projeto detalhado já apresentado no Capítulo 5.

O principal ponto negativo do trabalho foi a falta de acompanhamento da construção e funcionamento do laboratório, que permitiria uma ação corretiva mais efetiva por parte do autor. Tal fato não influenciou diretamente a execução do projeto detalhado. Na segunda fase do trabalho mesmo carecendo de um acompanhamento, o levantamento de propostas permitirá que os pontos referentes à operação da oficina possam ser melhorados e implantados caso sejam considerados factíveis a partir da construção do espaço conforme concepção que orientou o projeto detalhado.

O trabalho apresentou uma pesquisa bibliográfica ampla a fim de cumprir todos os objetivos propostos pelo mesmo, porém ainda é considerada insuficiente pelo autor uma vez que os pontos levantados precisam ser melhorados e reformulados caso necessário no decorrer do funcionamento do espaço. Na visão do autor, um estudo referente às propostas levantadas no modelo A3 é a principal recomendação de próximos estudos sobre a oficina do InovaLab. Isso não exclui estudos acerca do projeto realizado por este trabalho sempre que se mostrarem necessários, pois com efetivo funcionamento do espaço e aquisição de novos equipamentos as reformulações no projeto tornam-se necessárias.



## 8. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8403: Aplicação de linhas em desenhos – tipos de linhas – larguras das linhas**. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 10068: Folha de desenho – leiaute e dimensões**. Rio de Janeiro, 1987a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10126: Cotagem em desenho técnico**. Rio de Janeiro, 1987b.

\_\_\_\_\_. **NBR 10582: Apresentação da folha para desenho técnico**. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. **NBR 10647: Desenho técnico - terminologia**. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 6492: Representação de projetos de arquitetura**. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 10067: Princípios gerais de representação em desenho técnico**. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 8196: Desenho técnico – Emprego de escalas**. Rio de Janeiro, 1999a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13142: Dobramento de cópia**. Rio de Janeiro, 1999b.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151: Acústica – Avaliação de ruídos em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 5444: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais**. Rio de Janeiro, 1989.

ABRAHÃO et al. **Introdução à ergonomia – da prática à teoria**. São Paulo, Edgard Blücher, 2009.

ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais**. São Paulo, Editora Atlas, 1999.

BIAZZI JR., F. **O trabalho e as organizações na perspectiva sócio-técnica**. Revista de Administração de Empresas, v.34, n.1, p.30-7, jan./fev. 1994.

BOSCH. **Tecnologia de ar comprimido**. Campinas, 2009. 30p. Disponível em [www.bosch.com.br/br/ferramentas\\_pneumaticas/produtos/downloads/manualpneumatica\\_ar\\_comprimido.pdf](http://www.bosch.com.br/br/ferramentas_pneumaticas/produtos/downloads/manualpneumatica_ar_comprimido.pdf). Acesso em 17 de fevereiro. 2014.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DANIELLOU, F.; BÉGUIN, P. **Metodologias da Ação Ergonômica: abordagens do trabalho real**. IN: FALZON, P. (editor). **Ergonomia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2007.

FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F. A. **Administração dos Materiais e do Patrimônio**. São Paulo, Cengage Learning, 2002.

GUÉRIN et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo**. São Paulo, Edgard Blücher, 2001.

GURGEL, F.A. **Administração dos Fluxos de Materiais e Produtos**. São Paulo, Atlas, 1996.

IIDA, I. **Ergonomia, projeto e produção**. São Paulo, Edgard Blücher, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 8573-1: Ar comprimido para uso geral – contaminantes e classes de qualidade**. Tradução de Metalplan. 1991, Cajamar. 9p. Disponível em: [http://www.metalplan.com.br/pdf/br2/iso\\_8573.pdf](http://www.metalplan.com.br/pdf/br2/iso_8573.pdf) Acesso em: 3 de março. 2014.

MARX, R. **Trabalho em grupo e autonomia como instrumentos da competição**. São Paulo, Atlas, 1998.

MANGELS, J. Fabrication labs let student and adult inventors create products, solve problems. Disponível em:  
<[http://www.cleveland.com/science/index.ssf/2009/06/fabrication\\_labs\\_let\\_student\\_a.html](http://www.cleveland.com/science/index.ssf/2009/06/fabrication_labs_let_student_a.html)>.  
Acesso em: 9 set 2014.

MILLANVOYE, M. **As ambiências físicas no posto de trabalho**. IN: FALZON, P. (editor). **Ergonomia**. São Paulo, Edgard Blutchter, 2007.

MÜTHER, R. **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. São Paulo, Edgard Blücher, 1978.

PARKER. **DIMENSIONAMENTO DE REDES DE AR COMPRIMIDO**. 2006, Jacareí. 70p. Disponível em  
<<http://www.parkerstoretaubate.com.br/catalogos/Treinamento/M1004%20BR%20Ap.pdf>>  
Acesso em 5 de março. 2014.

SALERNO, M. S. **Projeto organizacional de produção integrada e flexível**. São Paulo, EPUSP/PRO, 1998.

SITTER, L.U.; DANKBAAR, B.; HERTOOG, J.F. **Designing simple organisations and complex jobs**. Maastricht, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology , 1994.

SLACK, N. et al **Administração da produção**. São Paulo, Atlas, 2002.

SOBEK II, D. K.; SNALLEY, A. **Entendo o pensamento A3**. Porto Alegre, Bookman, 2010.

SULE, D.R. **Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design**. Boston, PWS-Kent, 1988.

WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho: Ergonomia: Método e Técnicas**. São Paulo, FTD, 1987.

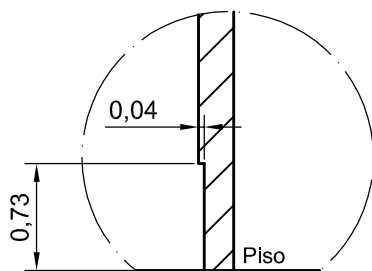
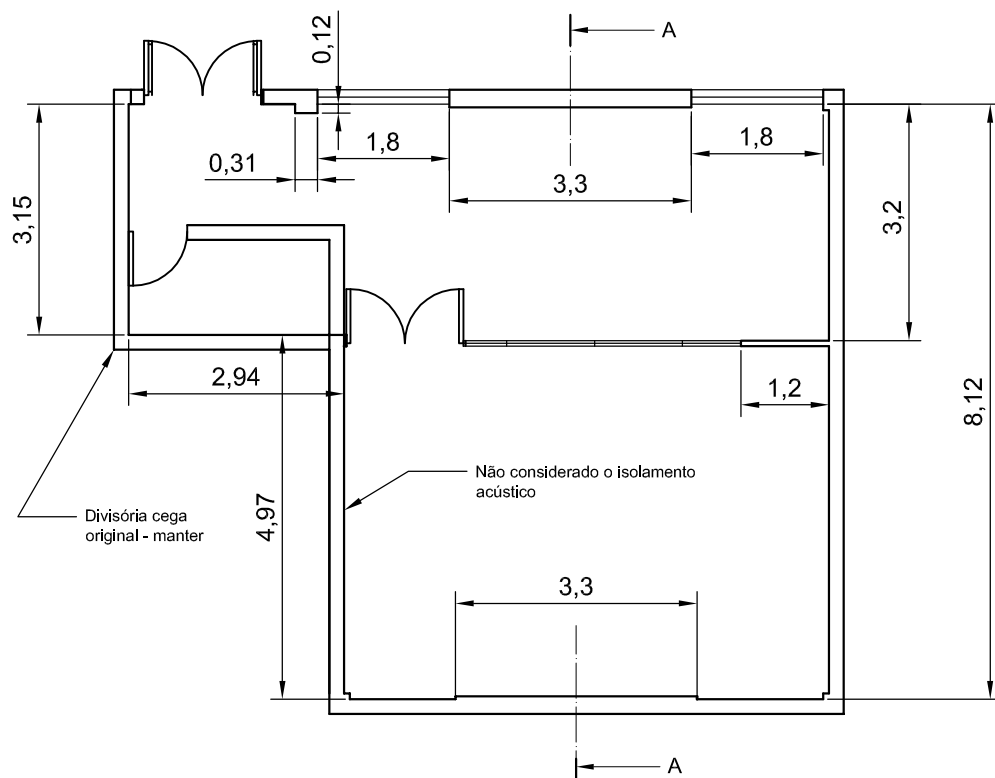


## **APÊNDICE A – DETALHAMENTO E DIMENSÕES - V1.0**





Pé direito - 2,90 m



Corte A-A  
Escala 1:50

Observações:

- (1) Planta preliminar não inclui equipamentos
- (2) Porta de saída entre laboratório e escritório removida devido falta de segurança em uma possível evacuação - espaço de 1,32m
- (3) Dimensão dos vidros considerados - 1m

01 | Detalhamento - dimensões  
CONTROLE DE ALTERAÇÕES



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO DA ESCOLA  
POLITÉCNICA DA USP

A4

Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 11/02/2014

Versão: 1.0




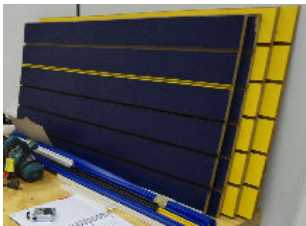

Folha:1/1







Escala.: 1:100

Projeto InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

## APÊNDICE B – INVENTÁRIO DA OFICINA

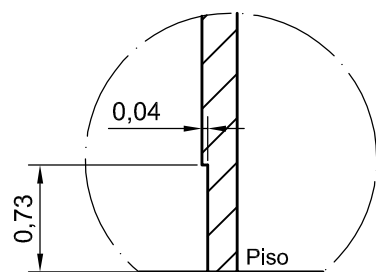
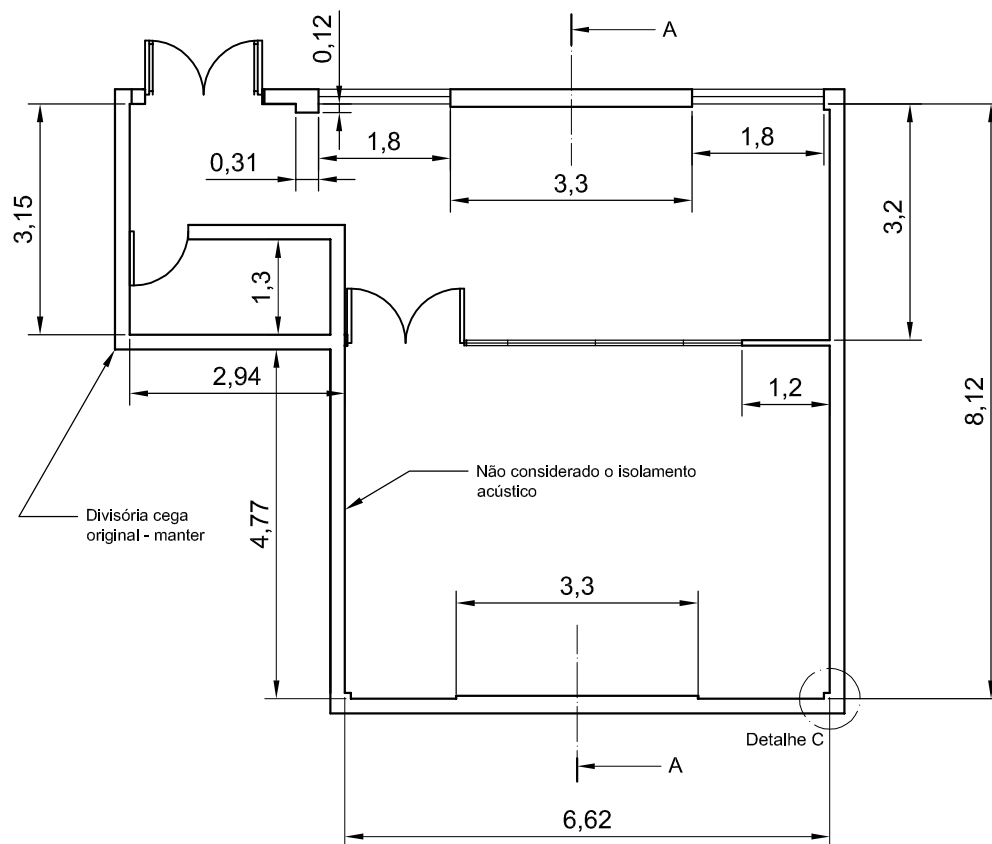
<b>CÓDIGO &amp; DESCRIÇÃO</b>	<b>ILUSTRAÇÃO</b>	<b>QUANT</b>	<b>DIMENSÕES (largura x comprimento x altura)</b>
<b>001</b> Bancada para trabalhos manuais		3	800 x 2.000 x 880 mm
<b>002</b> Armário (1)		1	460 x 800 x 1.550 mm
<b>003</b> Armário (2)		1	390 x 890 x 1.800 mm
<b>004</b> Painel porta Ferramentas		4 (2 azuis, 2 amarelos)	130 x 1.200 x 1.000 mm
<b>005</b> Porta parafuso		1	130 x 1.000 x 1.200 mm

<b>CÓDIGO &amp; DESCRIÇÃO</b>	<b>ILUSTRAÇÃO</b>	<b>QUANT</b>	<b>DIMENSÕES (largura x comprimento x altura)</b>
<b>006</b> Mesa (1)		1	800 x 1.600 x 745 mm
<b>007</b> Mesa (2)		2	700 x 1.600 x 730 mm
<b>008</b> Torno CT105		1	1.100 x 1.135 x 1.030 mm
<b>009</b> Centro de usinagem CM55		1 (Item não montado - 18/02/2014)	960 x 1.000 x 980 mm
<b>010</b> Cortadora a laser ZL9060		1 (item não adquirido - 18/02/2014)	Área de trabalho 900 x 600 mm
<b>011</b> Impressora 3D uPrint SE		1 (item não adquirido - 18/02/2014)	635 x 660 x 787 mm <u>Sistema de limpeza:</u> 430 x 480 x 430 mm

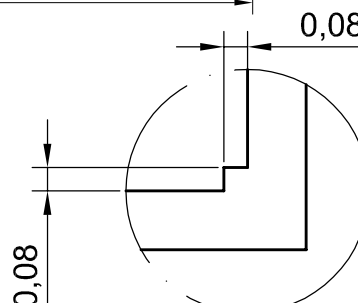
## **APÊNDICE C – PLANTA INOVALAB - V2.0**



Pé direito - 2,90 m



Corte A-A  
Escala 1:50



Detalhe C  
Esc.: 1:20

02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões

CONTROLE DE ALTERAÇÕES

Engenharia de Produção - PRO - USP

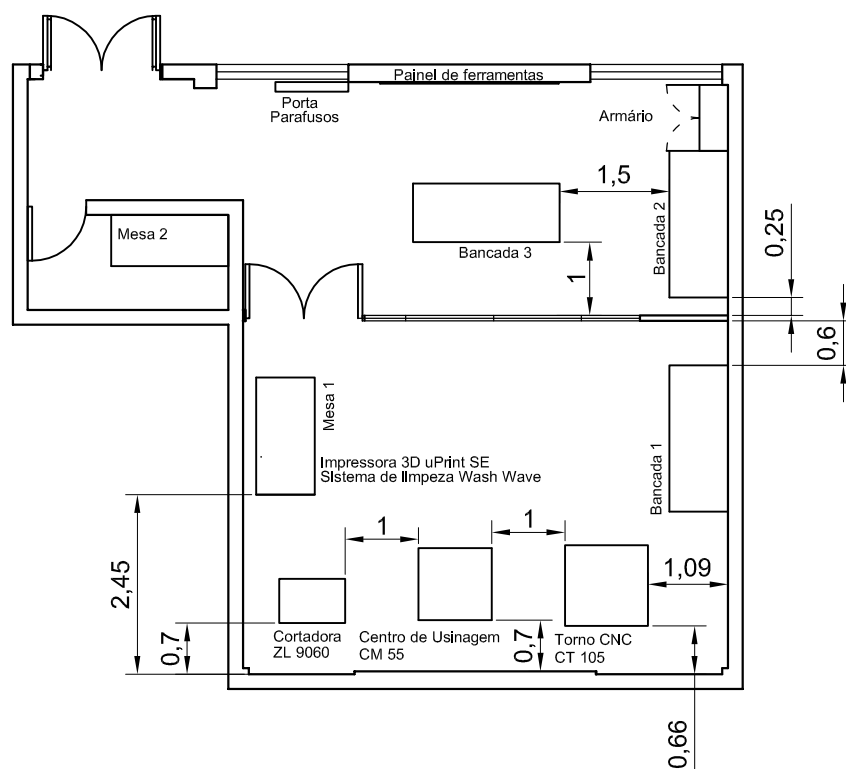
A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 03/03/2014 | Versão: 2.0 | Folha:1/2

Escala.: 1:100 | Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

# Layout



02	1° Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP			
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul		
Data.: 03/03/2014		Versão: 2.0	Folha:2/2
Escala.: 1:100		Planta - InovaLab	
Responsável.:Adriano Bezerra de Siqueira			

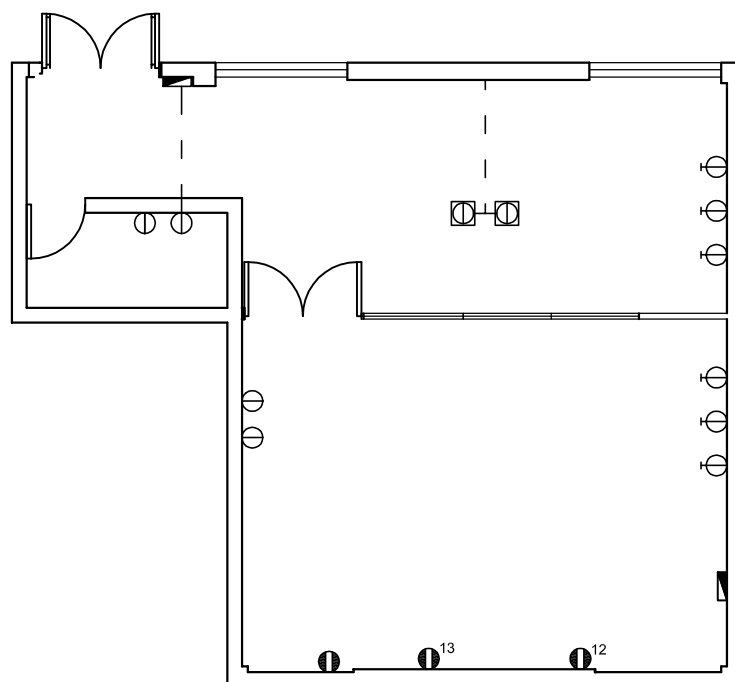
## **APÊNDICE D – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V2.0**





Identificação das tomadas

-- Conduíte embutido  
no piso



### LEGENDA ELÉTRICA

⊖	Tomada 110V - H=0,3m
⊖	Tomada 110V - H=1,1m
⊖	Tomada 110V no piso - H=0
⊖	Tomada 220V - H=0,3m
⊖	Tomada 220V - H=0,9m

02 1° Levantamento Elétrico

01 Detalhamento - dimensões

CONTROLE DE ALTERAÇÕES

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 03/03/2014 Versão: 2.0 Folha:1/1

Escala.: 1:100 Projeto Elétrico - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

## **APÊNDICE E – PLANTA INOVALAB – V3.0**

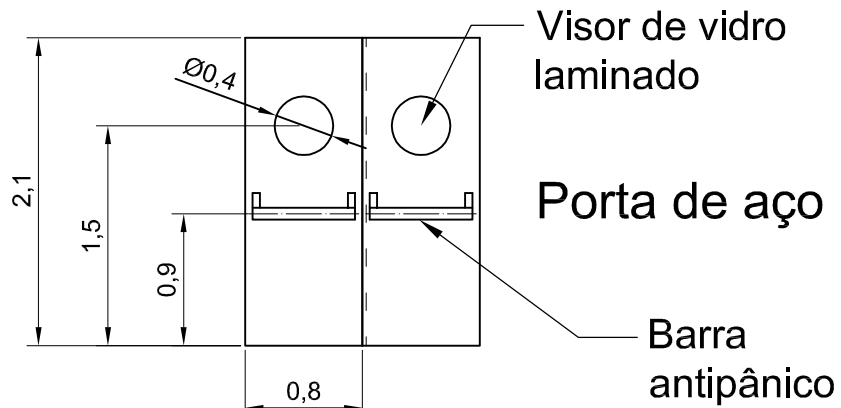


D

1	2	3	4
---	---	---	---

Engenharia de Produção - PRO - USP		
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul	
Data.: 23/03/2014	Versão: 3.0	Folha:1/4
Escala.: 1:100	Planta - InovaLab	
Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira		

# (1) Porta Folha dupla - Vista B-B



Esc.: 1:50

## Perspectiva Isométrica Vista externa

Fechadura superior

Porta com  
3 fechaduras

Fechadura intermediária  
e Maçaneta

Fechadura inferior

Esc.: 1:20

03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 23/03/2014 | Versão: 3.0 | Folha:2/4

Escala.: 1:100 | Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

1

2

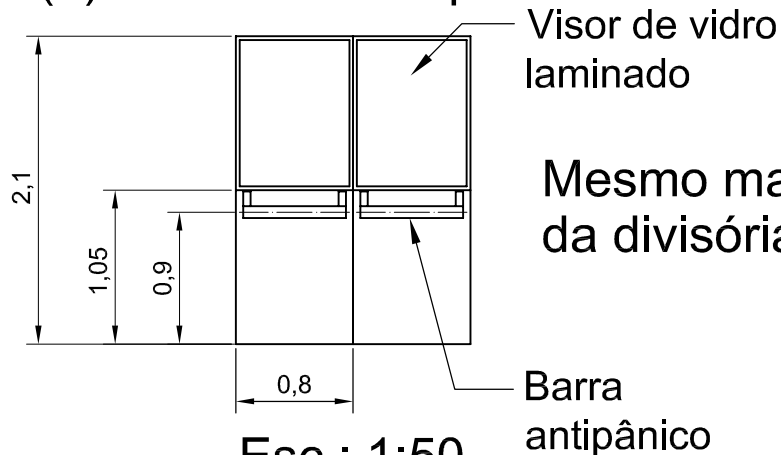
3

4

A

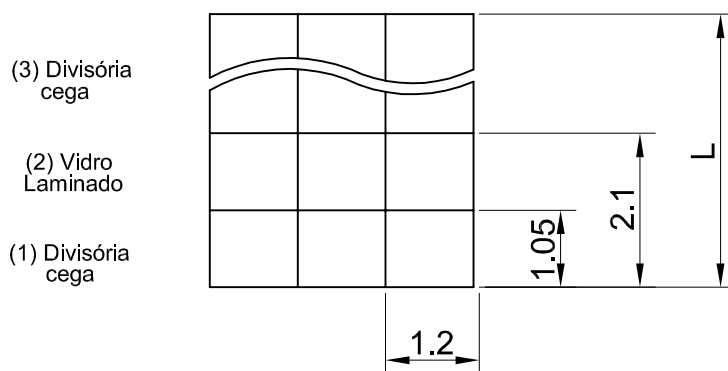
A

## (2) Porta Folha dupla - Vista C-C



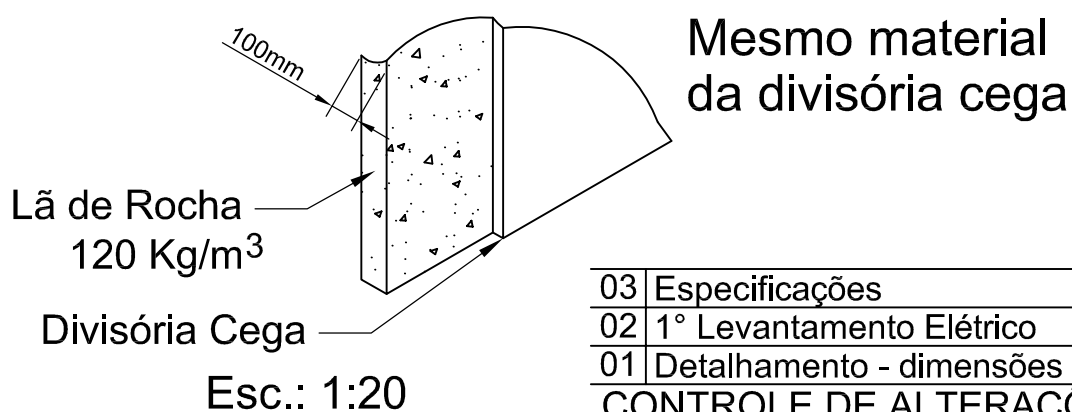
Esc.: 1:50

## (3) Divisória



Esc.: 1:100

## (4) Isolamento acústico



03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

C

C

D

D

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 23/03/2014 | Versão: 3.0 | Folha:3/4

Escala.: 1:100 | Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

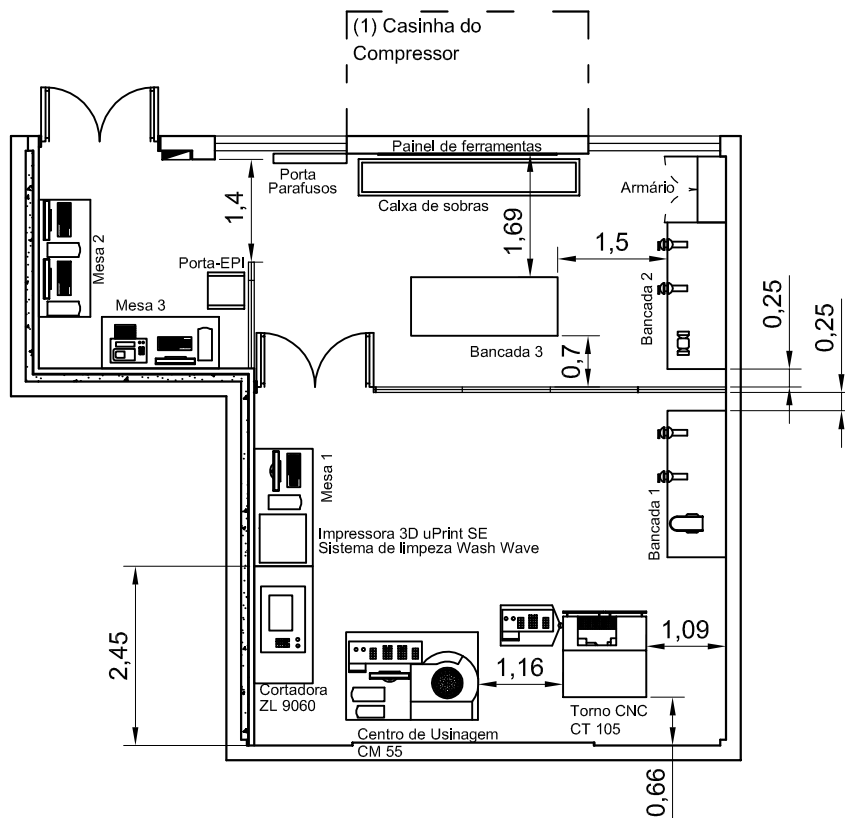
1

2

3

4



# Layout





03	Especificações
02	1° Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP			
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul		
Data.: 23/03/2014		Versão: 3.0	Folha:4/4
Escala.: 1:100		Planta - InovaLab	
Responsável.:Adriano Bezerra de Siqueira			




Torno CT 105			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p> <b>Entrada [V]:</b> 1/N/PE 230~  <b>Máx Flutuação de V [%]:</b> ±10  <b>Frequência [Hz]:</b> 50/60  <b>Carregador da máquina [KVA]:</b> 2.3  <b>Máx amperagem [A]:</b> 16                 </p>	<p> <b>Altura acima do solo [mm]:</b> 267  <b>Altura total [mm]:</b> 1030  <b>Área de instalação [mm]:</b> 1135x1100  <b>Peso total [Kg]:</b> 350                 </p>	<p> <b>Ruído médio:</b> 69db   <b>Pressão de fornecimento:</b> 6bar  <b>Conector de entrada:</b> f10mm                 </p>
Centro de usinagem CM 55			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p> <b>Entrada [V]:</b> 1/N/PE 115/230~  <b>Máx Flutuação de V [%]:</b> +5/-10  <b>Frequência [Hz]:</b> 50/60  <b>Carregador da máquina [KVA]:</b> 0,85  <b>Máx amperagem [A]:</b> 12                 </p>	<p> <b>Altura total [mm]:</b> 980  <b>Área de instalação [mm]:</b> 960x1000  <b>Peso total [Kg]:</b> 220                 </p>	<p> <b>Ruído médio:</b> 70db   <b>Pressão de fornecimento:</b> 6bar  <b>Conector de entrada:</b> f10mm                 </p>

Cortadora Laser ZL9060			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p>Entrada [V]: 220~          Frequência [Hz]: 60          Potência da alimentação [KW]: 1,2</p>	<p>Área de instalação [mm]: 900X600</p>	<p><b>Exaustor 60W</b>  <b>saída do tudo de exaustão - 60mm (incluso)</b>  <b>Bomba de ar contínuo (incluso)</b></p>
Impressora 3D uPrint SE			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p>1)          Entrada [VAC]: 100/127~          Frequência [Hz]: 50/60          Min. Circuito dedicado [A]: 15          2)          Entrada [V]: 220/240~          Frequência [Hz]: 50/60          Min. Circuito dedicado [A]: 7</p>	<p><b>Com 1 baía de alimentação</b>          Área de instalação [mm]: 635 w x 660 d x 787 h          Peso total [Kg]: 76 kg  <b>Com 2 baías de alimentação</b>          Área de instalação [mm]: 635 w x 660 d x 940 h          Peso total [Kg]: 94 kg</p>	<p><b>Contém sistema de limpeza (WaveWash)</b>          Dimensões: 203x203x152mm          Alimentação: 100/240VCA, 50/60Hz, 1200W</p>

Furadeira de bancada Ferrari			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p>Entrada [VAC]: 127/220~  Frequência [Hz]: 60  Potência [HP]: 1/2</p>	<p>Área de trabalho [mm]: 200 x 450  Altura [mm]: 850</p>	
Furadeira manual DWT			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p>Entrada [V]: 127  Frequência [Hz]: 50-60  Potência [W]: 780</p>		
Furadeira manual Enhell			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p>Entrada [V]: 127  Frequência [Hz]: 60  Potência [W]: 650</p>		

Furadeira manual Makita			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
1 unidade 	Entrada [V]: 127 Frequência [Hz]: 50-60 Potência [W]: 780 Corrente [A]: 6,5		
Serra circular Makita			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
1 unidade 	Entrada [V]: 220 Frequência [Hz]: 50-60 Potência [W]: 1300 Corrente [A]: 6,1		
Serra circular Makita			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
1 unidade 	Entrada [V]: 127 Frequência [Hz]: 50-60 Corrente [A]: 1,15		

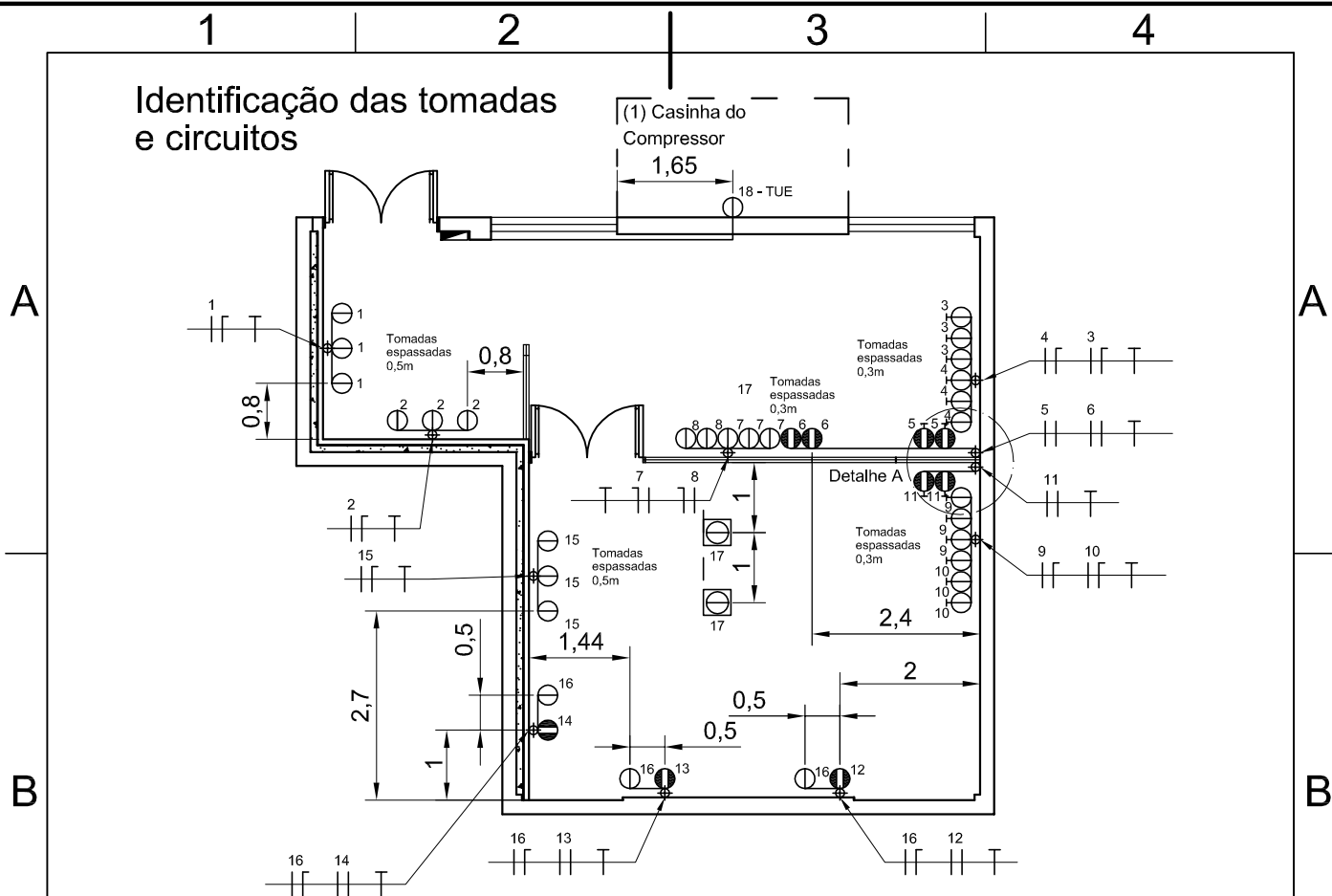
Esmeril Skill			
ILUSTRAÇÃO	DADOS ELÉTRICOS	DIMENSÕES-PESO	OBS
<p>1 unidade</p> 	<p> <b>Entrada [V]:</b> 127  <b>Frequência [Hz]:</b> 60  <b>Potência [W]:</b> 360 (1/2HP)  <b>Corrente [A]:</b> 3         </p>		







## **APÊNDICE G – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V3.0**

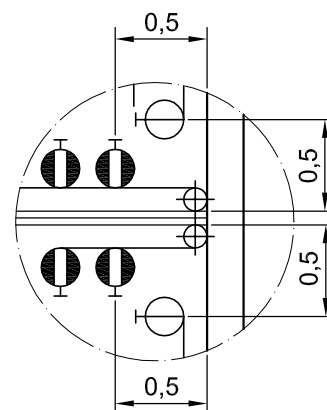






## LEGENDA ELÉTRICA

	Tomada 110V - H=0,3m
	Tomada 110V - H=1,1m
	Tomada 110V - H=3,0m (eletrocalha)
	Tomada 220V - H=0,3m
	Tomada 220V - H=0,9m
	Duto de superfície horizontalmente Disposto
	Duto de superfície verticalmente Disposto
	Eletrocalha - H=3,0m
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor Terra
	Ponto de luz - luminária

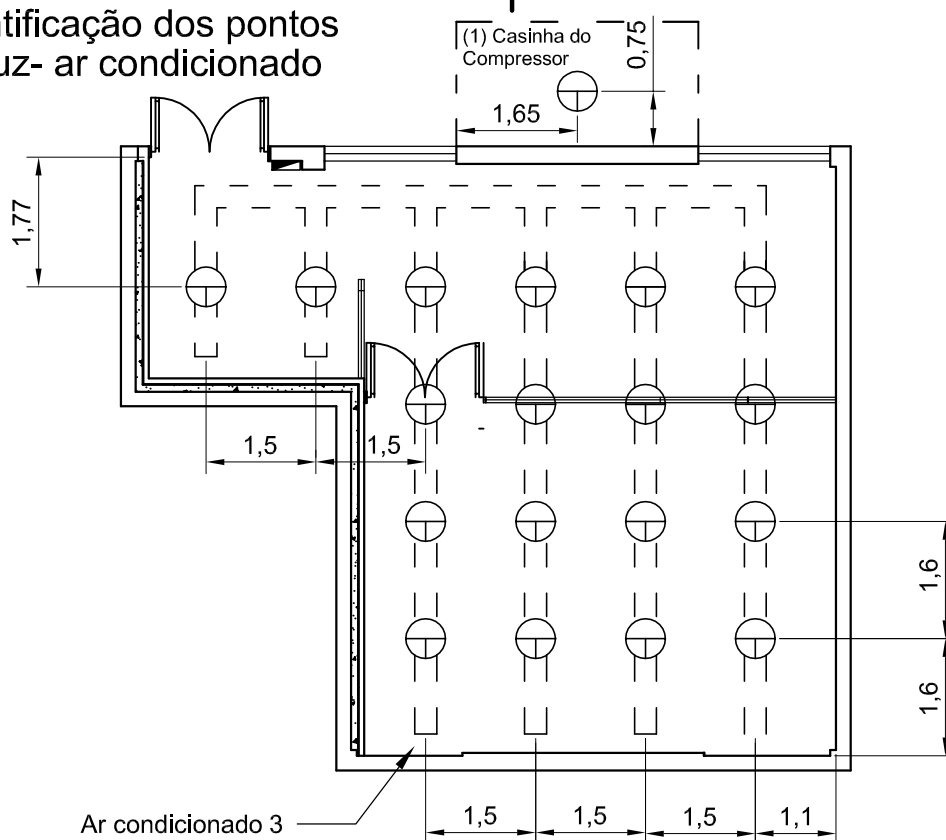


Detalhe A  
Esc.: 1:40

03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP			
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul		
Data.: 23/03/2014		Versão: 3.0	Folha:1/2
Escala.: 1:100		Projeto Elétrico - InovaLab	
Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira			

# Identificação dos pontos de luz- ar condicionado



## LEGENDA ELÉTRICA

	Tomada 110V - H=0,3m
	Tomada 110V - H=1,1m
	Tomada 110V - H=3,0m (eletrocalha)
	Tomada 220V - H=0,3m
	Tomada 220V - H=0,9m
	Duto de superfície horizontalmente Disposto
	Duto de superfície verticalmente Disposto
	Eletrocalha - H=3,0m
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor Terra
	Ponto de luz - luminária

03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 23/03/2014 | Versão: 3.0 | Folha:2/2

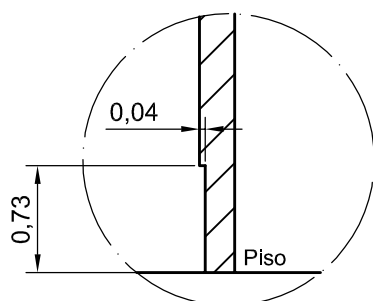
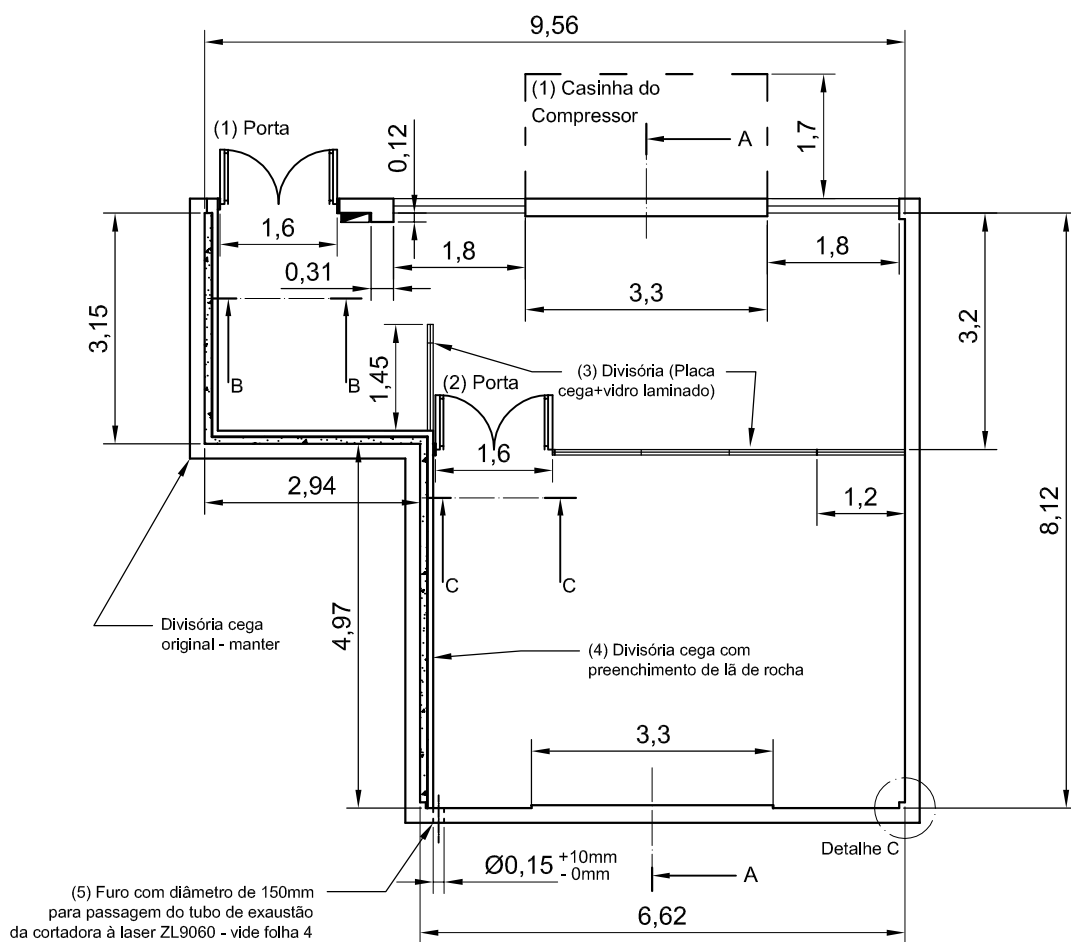
Escala.: 1:100 | Projeto Elétrico - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

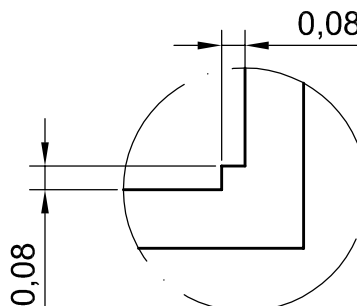
## **APÊNDICE H – PLANTA INOVALAB - V4.0**



Pé direito - 3,50 m



Corte A-A  
Escala 1:50



Detalhe C  
Esc.: 1:20

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 25/04/2014

Versão: 4.0

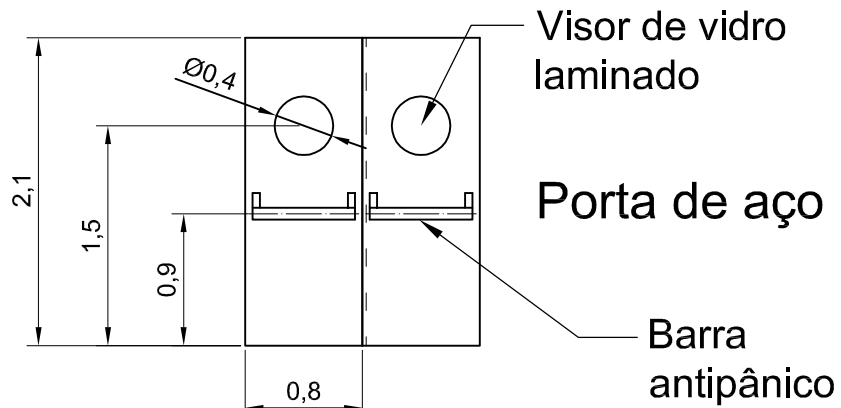
Folha:1/4

Escala.: 1:100

Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

# (1) Porta Folha dupla - Vista B-B



Esc.: 1:50

## Perspectiva Isométrica Vista externa

Fechadura superior

Porta com  
3 fechaduras

Fechadura intermediária  
e Maçaneta

Fechadura inferior

Esc.: 1:20

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 25/04/2014 | Versão: 4.0 | Folha:2/4

Escala.: 1:100 | Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

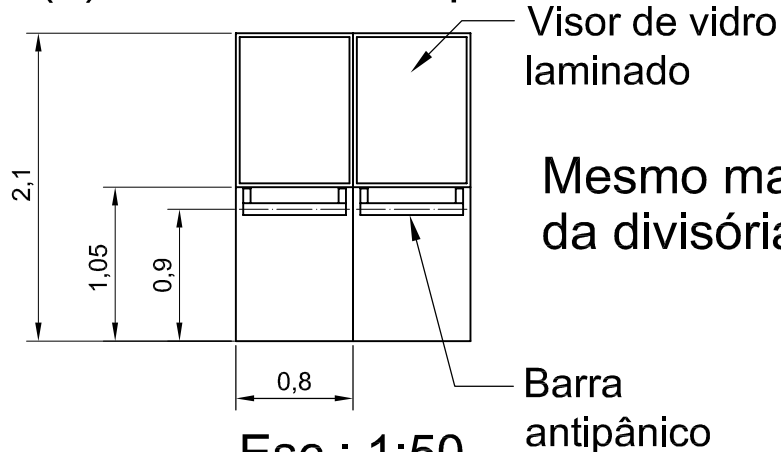
1

2

3

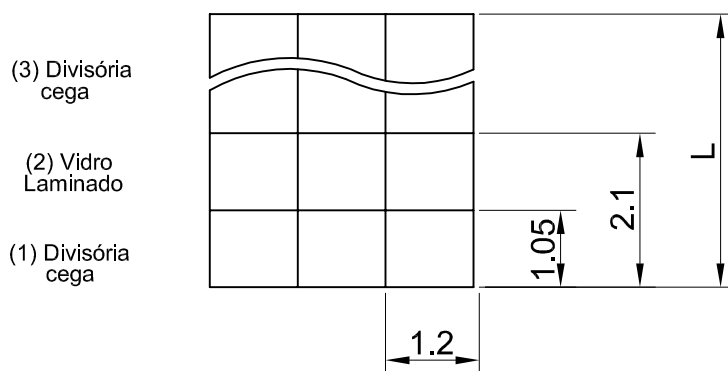
4

## (2) Porta Folha dupla - Vista C-C



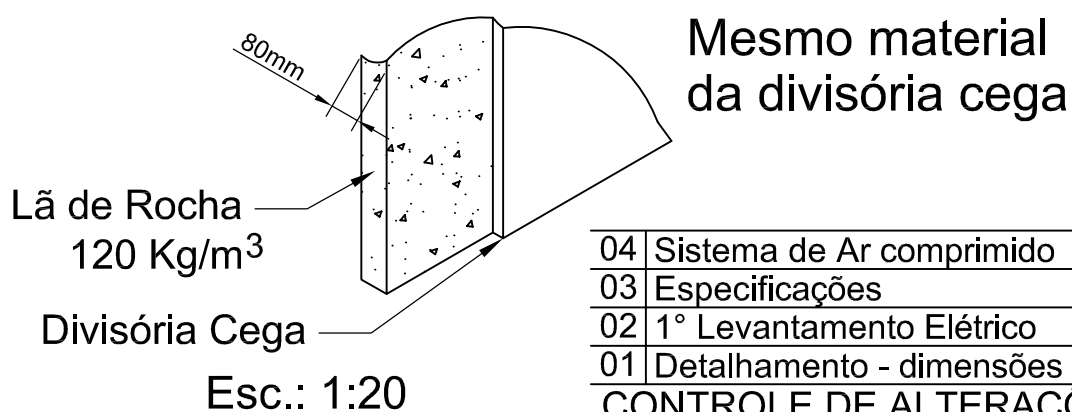
Esc.: 1:50

## (3) Divisória



Esc.: 1:100

## (4) Isolamento acústico



Esc.: 1:20

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 25/04/2014 | Versão: 4.0 | Folha:3/4

Escala.: 1:100 | Planta - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

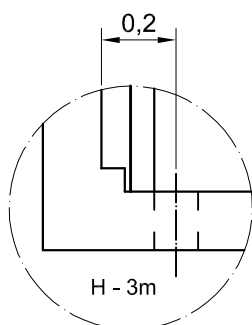
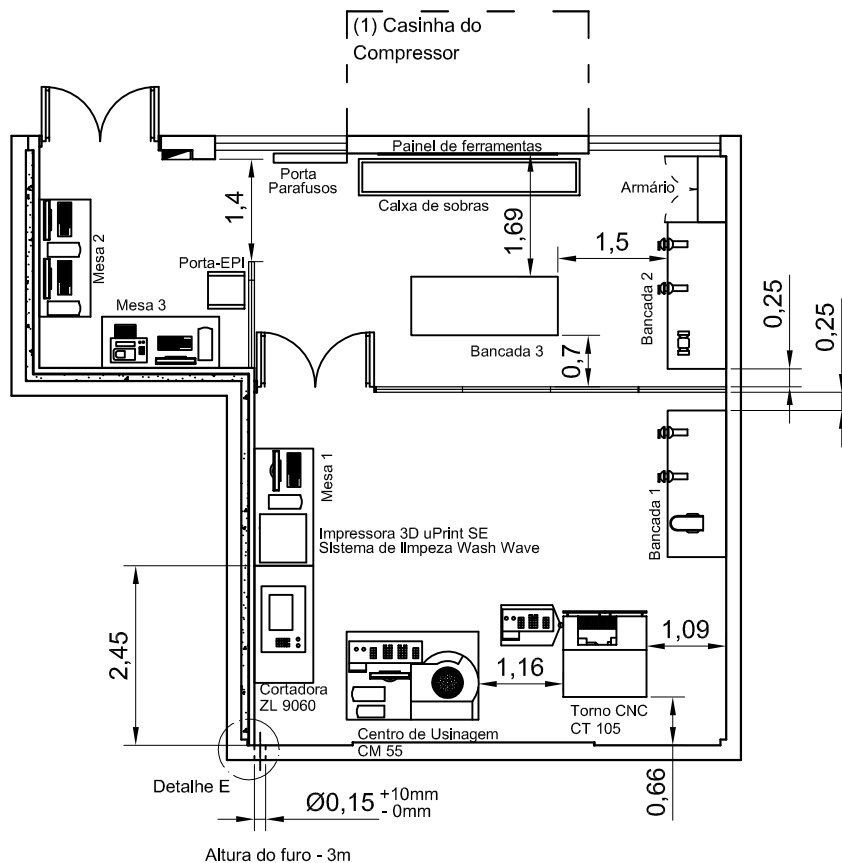
1

2

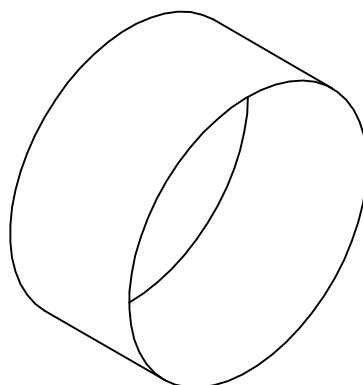
3

4

# Layout



**Detalhe E**  
Esc.: 1:20



Esc.: 1:4

Furo deve ser acabado e permitir a passagem de um duto de 150mm de exaustão da máquina ZL9060

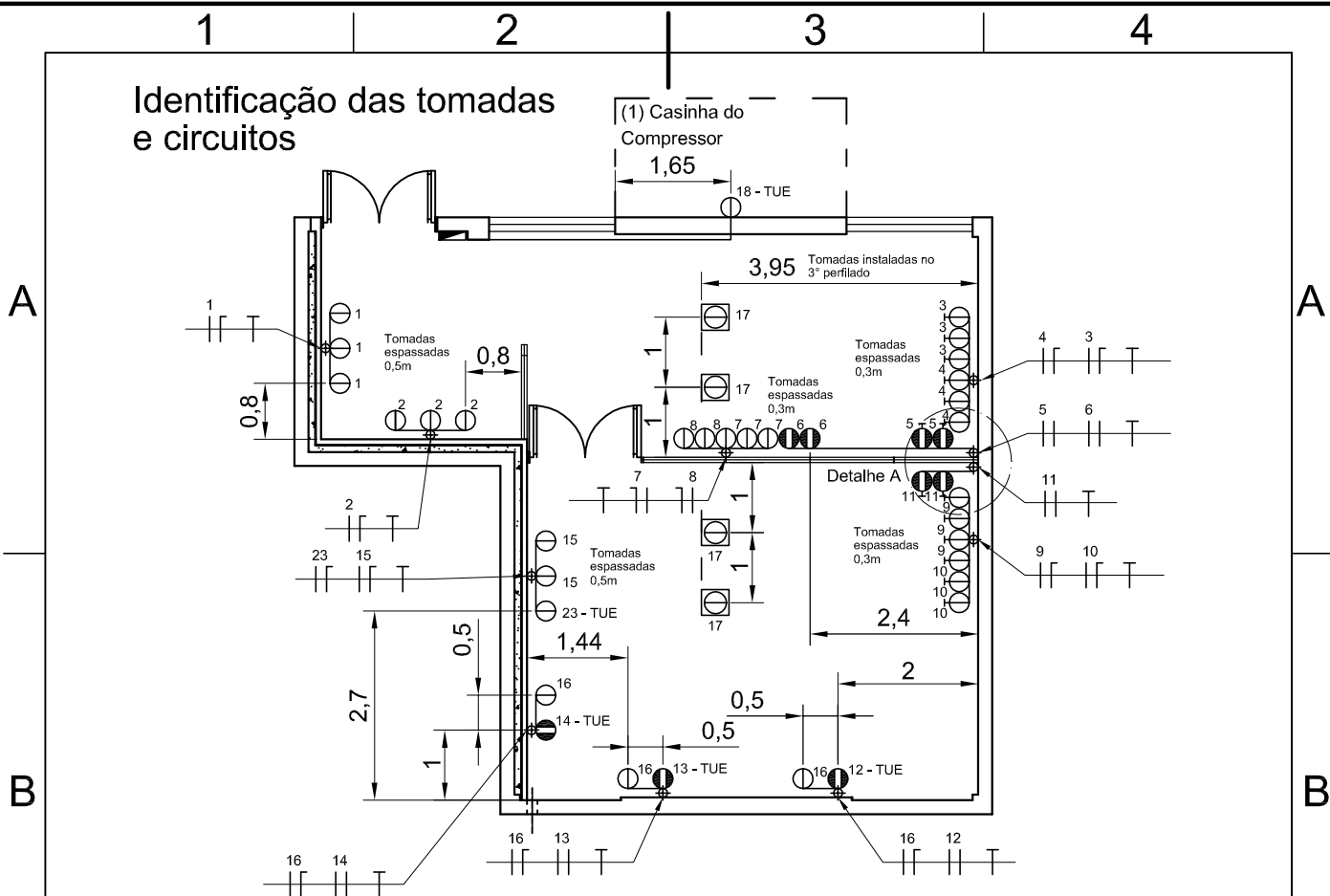
04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP			
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul		
Data.: 25/04/2014		Versão: 4.0	Folha:4/4
Escala.: 1:100		Planta - InovaLab	
Responsável.:Adriano Bezerra de Siqueira			










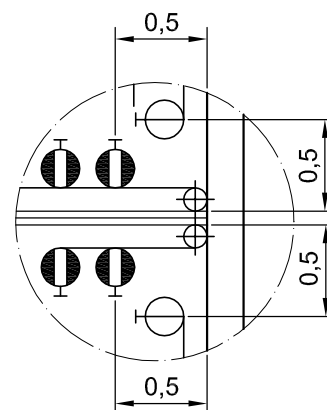
## **APÊNDICE I – PROJETO ELÉTRICO INOVALAB - V4.0**





## LEGENDA ELÉTRICA

	Tomada 110V - H=0,3m
	Tomada 110V - H=1,1m
	Tomada 110V - H=3,0m (eletrocalha)
	Tomada 220V - H=0,3m
	Tomada 220V - H=0,9m
	Duto de superfície horizontalmente Disposto
	Duto de superfície verticalmente Disposto
	Eletrocalha - H=3,0m
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor Terra
	Ponto de luz - luminária

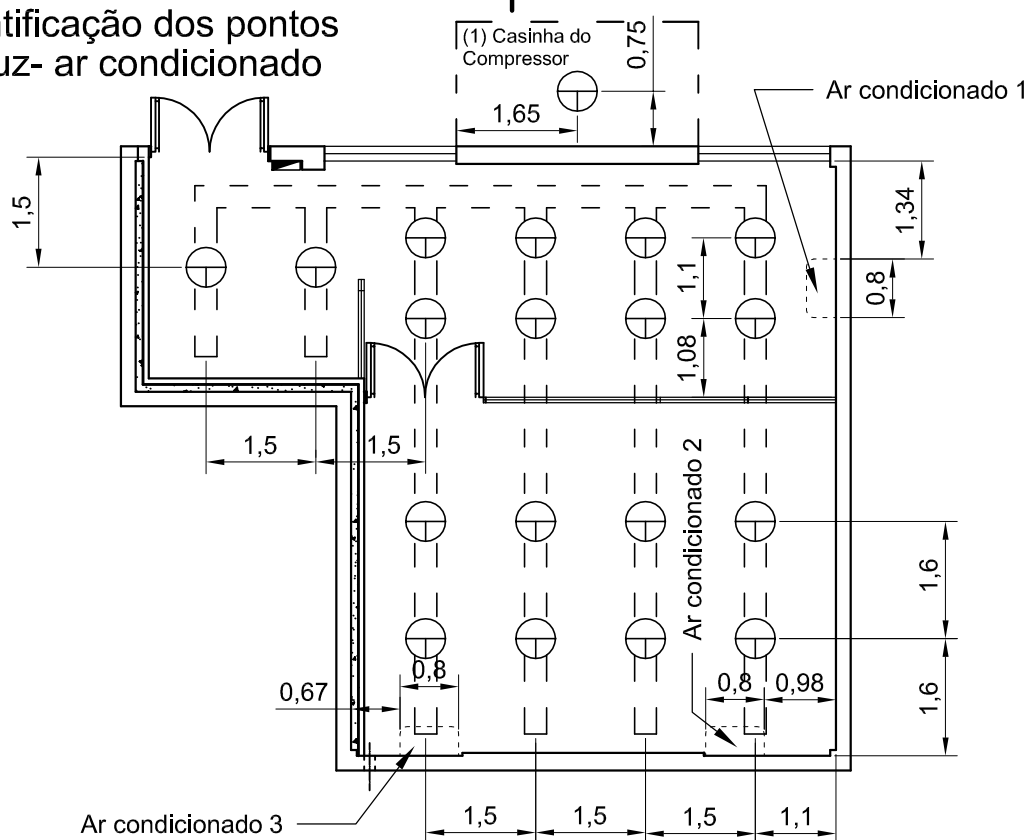


Detalhe A  
Esc.: 1:40

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP		
A4	Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul	
Data.: 25/04/2014	Versão: 4.0	Folha:1/2
Escala.: 1:100	Projeto Elétrico - InovaLab	
Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira		

# Identificação dos pontos de luz- ar condicionado



## LEGENDA ELÉTRICA

	Tomada 110V - H=0,3m
	Tomada 110V - H=1,1m
	Tomada 110V - H=3,0m (eletrocalha)
	Tomada 220V - H=0,3m
	Tomada 220V - H=0,9m
	Duto de superfície horizontalmente Disposto
	Duto de superfície verticalmente Disposto
	Eletrocalha - H=3,0m
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor Terra
	Ponto de luz - luminária

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

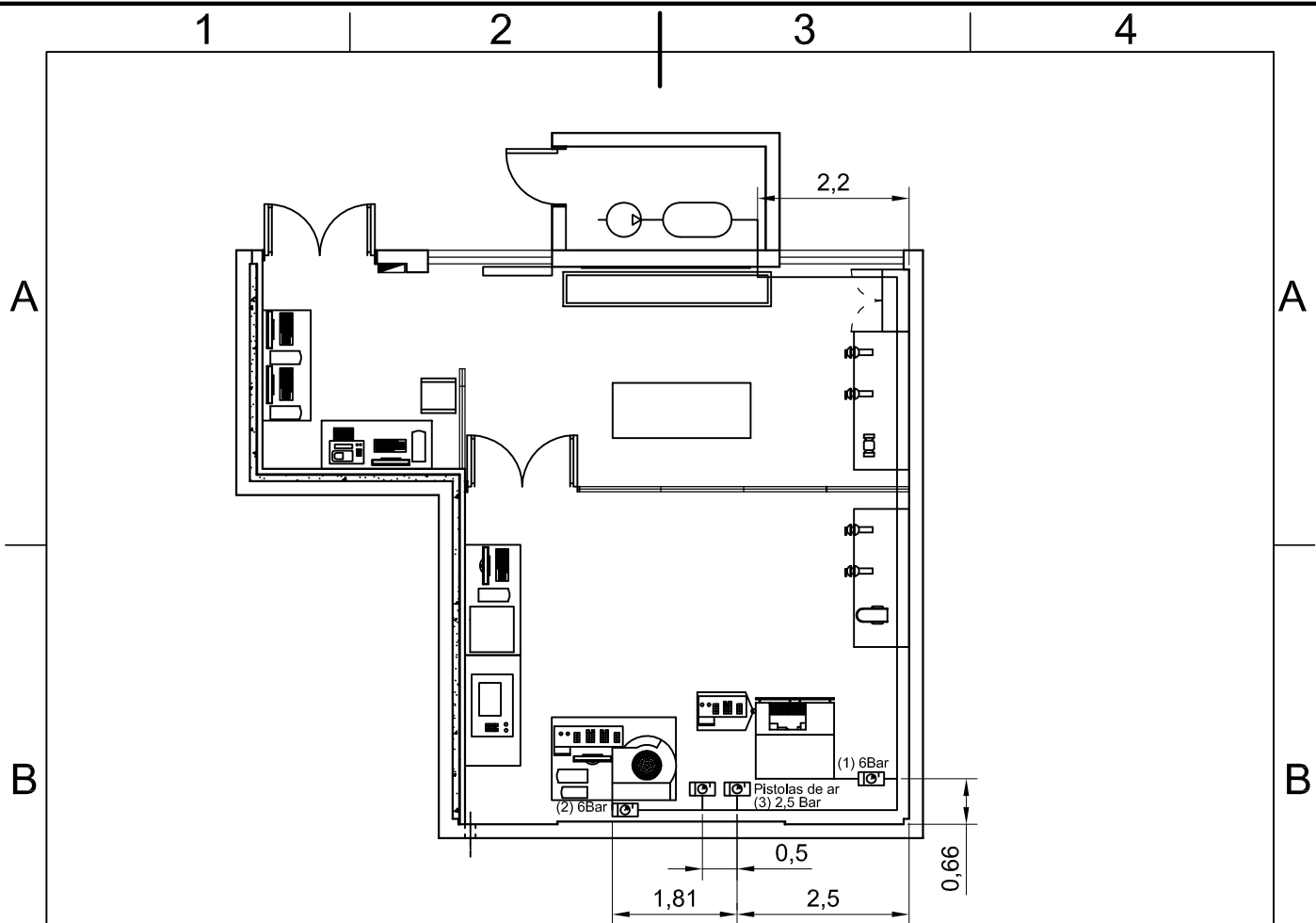
Data.: 25/04/2014 | Versão: 4.0 | Folha:2/2

Escala.: 1:100 | Projeto Elétrico - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

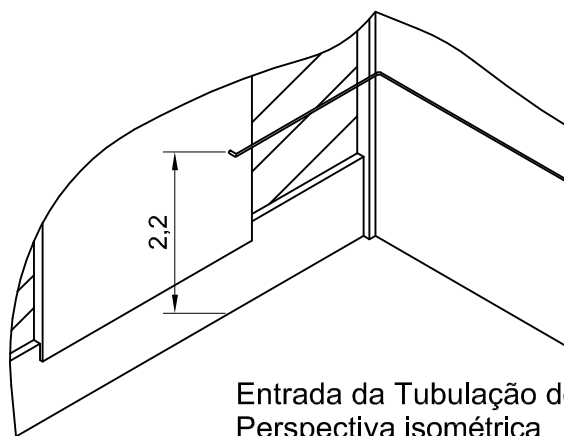
## **APÊNDICE J – AR COMPRIMIDO - V4.0**





(1) Alimentação Torno CT105  
conector de entrada - Ø10 mm

(2) Alimentação Centro CM55  
conector de entrada - Ø10 mm



Entrada da Tubulação de Ar - H 2,2 m  
Perspectiva isométrica

#### LEGENDA - AR COMPRIMIDO

- Compressor - 8 Bar
- Reservatório - 25 l
- Unidade de utilização

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1º Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 25/04/2014 | Versão: 4.0 | Folha:1/2

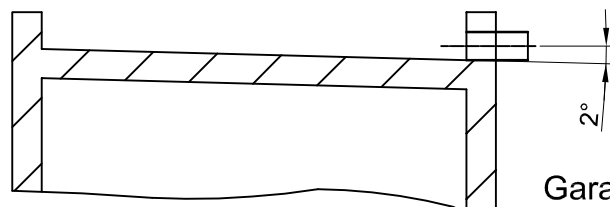
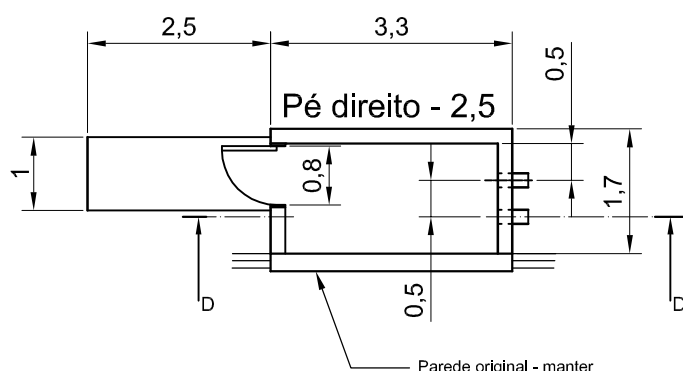
Escala.: 1:100 | Ar comprimido - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira

Canos para escoamento de água

Contra-piso a ser realizado  
- entrada da Casinha do  
compressor e entrada  
do Inovalab

Perpectiva isométrica  
Casinha do compressor



## Corte D:D

Pavimento duperior  
Escala 1:50

04	Sistema de Ar comprimido
03	Especificações
02	1° Levantamento Elétrico
01	Detalhamento - dimensões
CONTROLE DE ALTERAÇÕES	

Engenharia de Produção - PRO - USP

A4 | Orientação Prof. Dr. Eduardo Zancul

Data.: 25/04/2014 | Versão: 4.0 | Folha:2/2

Escala.: 1:100 | Ar comprimido - InovaLab

Responsável.: Adriano Bezerra de Siqueira



## APÊNDICE L – ESPECIFICAÇÃO DO COMPRESSOR

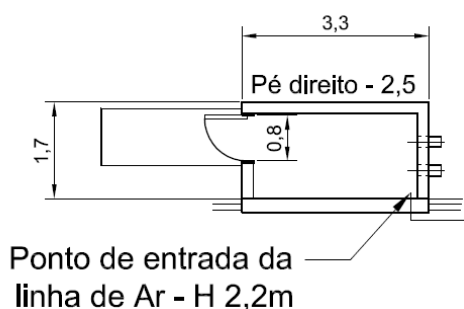
**Finalidade:** Montagem da oficina InovaLab@Poli

**Quantidade:** 1

**Descrição:** Sistema de compressão e tratamento de ar / Sistema de ar comprimido

### Especificações:

1. **Componentes integrantes do Sistema:** Compressor de ar com reservatório e Secador com filtro.
  - I. O Sistema será utilizado para automação de duas máquinas operatrizes (pressão de trabalho 6 bar) e duas pistolas pneumáticas usadas para limpeza (pressão de trabalho 2,5 bar).
2. O Secador deverá cumprir os requisitos de qualidade do ar exigidos pela norma ISO 8573-1 com ponto de orvalho máximo entre 7°C e 10°C.
3. O Sistema deve atender os seguintes requisitos:
  - I. Compressor deve ter capacidade de atuação intermitente;
  - II. Pressão mínima de alimentação da tubulação: 6,9 bar;
  - III. Vazão **efetiva** mínima: 400 l/min;
  - IV. Reservatório mínimo: 150 l;
  - V. Tensão elétrica para alimentação do Compressor e Secador: 220 V;
  - VI. Potência elétrica máxima do Compressor: 5cv (3.700 W);
  - VII. Potência elétrica máxima do Secador: 410 W.
4. A sala destinada à instalação do Sistema possuirá as dimensões de 1,7 m de largura, 3,3 m de comprimento e pé direito de 2,5m (vide Fig. 1).



**Fig. 1 – Sala de máquinas**

- I. Todos os componentes do Sistema devem ser instalados no espaço indicado na Fig. 1. Caso o Sistema seja fornecido em **uma unidade pronta para uso que não venha ser montada no local**, deverá ter dimensões máximas de 2,0 m de comprimento, 1,5 m de altura e 0,7 m de largura.



## **APÊNDICE M – RELATÓRIO A3 DE PROPOSTA - INOVALAB**



# Plano de operação da oficina do InovaLab@Poli – programa de treinamento da oficina

## Histórico

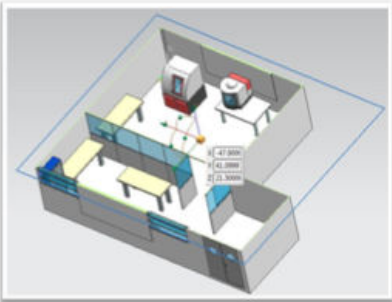
- 1. Levantamento das dimensões do espaço;
- 2. Execução do leiaute detalhado;
- 3. Especificações técnicas; e
- 4. Dimensionamento do sistema de ar comprimido.

### Projeto detalhado da oficina

Diagnóstico da situação inicial

Projeto detalhado

Primeira pesquisa bibliográfica



## Condição atual

- Espaço da oficina aberto para alunos disciplina 0303410 – Desenvolvimento Integrado de Produtos
- Equipamentos de médio porte parados – Torno CNC CT105 e Centro de Usinagem CM 55
- Estimativa de realização da obra do espaço: 5 de dezembro de 2014

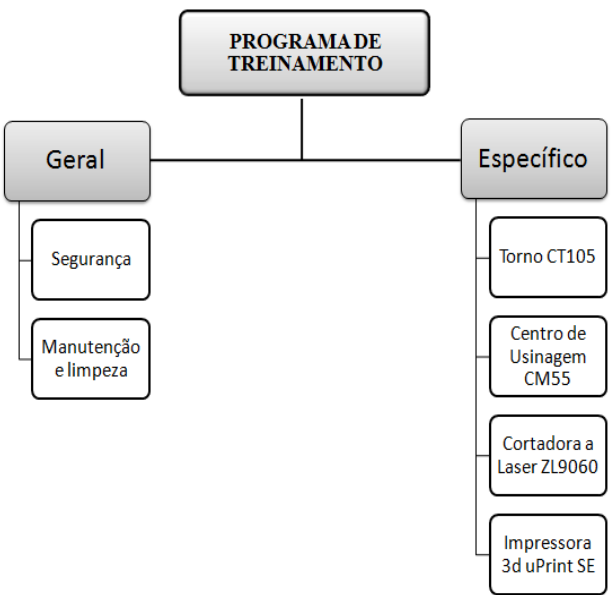
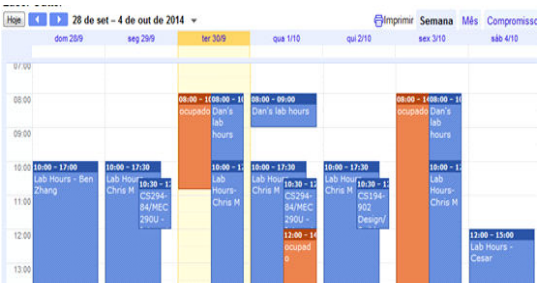


- Programa de treinamento regular para uso dos seguintes equipamentos: Torno CNC CT105, Cento de Usinagem CM55, Cortadora a Laser ZL6090 e Impressora 3D uPrint SE
- Sinalização do ambiente da oficina com instruções do uso dos equipamentos e EPI (equipamentos de proteção individual)
- Aumentar a interface da internet – calendário, reservas e treinamento

## Detalhes do plano

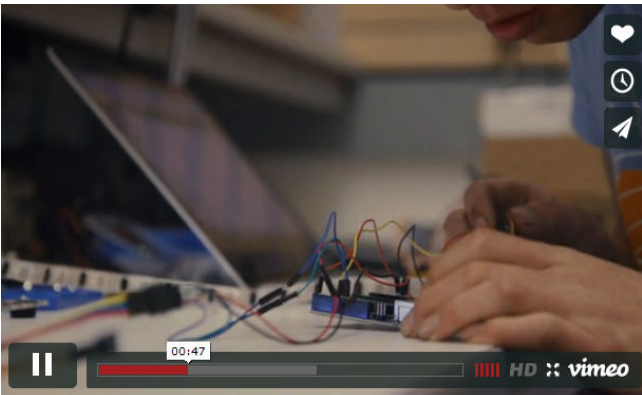
Elaborar dois programas de treinamento: geral e específico

- Geral: aspectos de segurança e limpeza do ambiente
  - Específico: equipamentos com maior grau de complexidade
- (\*) Disponibilizar horários de treinamento



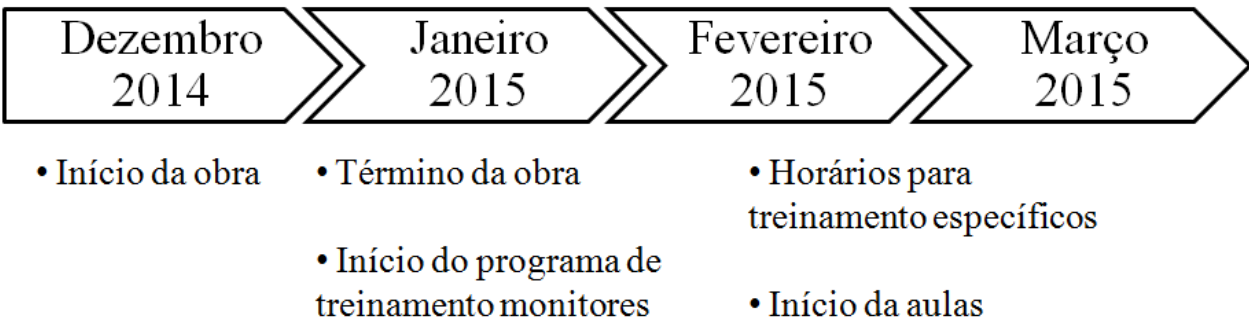
Disponibilizar vídeos auxiliares dos equipamentos para os alunos

➔ **Indicação visual de operações e segurança**



## Cronograma

- Dependente do término da obra e treinamento dos monitores



**ANEXO A – ENUNCIADO DO PROJETO DE PMR 2201**



Título: **"ROBOCOPA"**

**Avaliação: Concepção: 04/06 (Quarta-feira) - Desempenho: 07/06 (Sábado)**

## **1) Objetivos**

Construir um par de dispositivos com capacidade de recolher, conduzir e posicionar o maior número de bolas esféricas e ovais de uma região delimitada, doravante denominada "campo" e transportá-los até locais determinados, doravante denominados "gol" (onde devem ser depositadas as bolas esféricas) e "U" (onde devem ser depositadas as bolas ovais), em um período de 120 segundos.

O dispositivo que se movimentará sobre a superfície da mesa (máquina 1), que será controlável a partir de um controle desenvolvido pela equipe, deverá ter acionamento elétrico, comandado pelo microcontrolador embarcado na máquina enquanto que o dispositivo que se movimentará na área delimitada próxima ao gol, doravante denominada de "grande área" (máquina 2), também com acionamento elétrico, deverá apenas ter movimento oscilatório lateral, com semi-amplitude máxima de 50 mm, medida a partir do centro de uma base fixa que será parte da máquina 2. Esta base fixa deve ser instalada em algum ponto da grande área. A máquina 2 é ligada no início da partida e desligada ao seu final, não sendo permitido o seu controle durante a partida.

## **2) Restrições**

2.1 - Materiais: Os dispositivos deverão ser construídos utilizando-se apenas os materiais constantes da "Lista de Materiais", do item 5. Será permitido o uso de tintas e adesivos, mas sua massa deverá ser considerada desprezível pela comissão homologadora, em relação a massa total do dispositivo, sob pena de desclassificação do dispositivo. Será permitido, ainda, o uso de parafusos, porcas, arruelas, e de rebites de expansão/repuxo (tipo "pop") desde que utilizados apenas para fixação e/ou como "eixos" de peças, limitados à dimensão máxima M4x30, e Ø3,2 x 12 para os rebites. Será permitido o uso de motores CC e/ou servomotores com a finalidade exclusiva de acionamento mecânico dos dispositivos das máquinas 1 e 2. Na máquina 1 deverá obrigatoriamente estar embarcado a placa de acionamento e controle dos motores.



2.2 - Dimensionais: O dispositivos poderão ter, **no máximo, as seguintes dimensões durante toda a competição:**

**Máquina 1 (movimento sobre a mesa)**

**Comprimento: 250 mm**

**Largura: 250 mm**

**Altura: 300 mm**

**Máquina 2 (movimento oscilatório na grande área)**

**Comprimento: 150 mm**

**Largura: 100 mm**

**Altura: 200 mm**

**Semi-amplitude de oscilação lateral: 50 mm (esta será verificada quando da vistoria da máquina)**

**Peso Total: 10kgf (incluindo as duas máquinas, placa+microcontrolador e baterias)**

Os dispositivos que ultrapassarem estes valores, por qualquer margem, serão desclassificados.

Durante a prova é proibido o lançamento de qualquer objeto sobre a pista por parte de qualquer uma das máquinas. Qualquer objeto “largado” sobre a pista será interpretado como dano à mesa de competição e a equipe será desclassificada.

**Durante a prova as máquinas não poderão utilizar dispositivos que ultrapassem, em qualquer direção, as dimensões máximas permitidas.**

2.3 - Químicas: Os materiais utilizados não poderão ser alterados quimicamente, sob pena de desclassificação.

2.4 – Energéticas: A máquina 1 deverá receber apenas energia elétrica, fornecida por uma bateria embarcada na máquina, com tensão máxima de 12 V e capacidade máxima de 1,3Ah. A máquina 1 pode utilizar até dois motores CC com corrente máxima de 1A.. A máquina 2 deve ser acionada por uma bateria de 9V, instalada na própria máquina, portanto sem contato com qualquer sistema de controle.

2.5 – Sistema de Controle: A máquina 1 deverá ser controlada através de um microcomputador. A comunicação entre o microcomputador e o microcontrolador (embarcado na máquina 1) deverá ser feita por Bluetooth. **Só poderão ser utilizados o microcontrolador (Arduino UNO) e a placa fornecida pela comissão organizadora da disciplina.** O microcomputador deverá ser obtido pela equipe.

### **3) Equipes**

Cada par de dispositivos deverá ser projetado e construído por uma equipe de 8 alunos, os quais deverão apresentá-lo durante a competição. Dois dos membros da equipe deverão ser designados como controladores do dispositivo durante cada etapa.

Cada equipe deverá trazer uma bola de tênis NOVA no dia da avaliação da Concepção (04/06), para que esta seja utilizada durante a competição (07/06).

#### 4) Competição

A avaliação do desempenho de cada dispositivo será definida por uma competição entre todas as equipes, regida pelas seguintes normas:

4.1 - São previstas 6 etapas, sendo a primeira classificatória e as demais eliminatórias. Serão classificados para a segunda etapa os 16 primeiros dispositivos, considerando o número de pontos alcançado por cada um. Em cada uma das etapas seguintes serão classificados, para a próxima etapa, apenas os vencedores de cada partida. O número de provas de cada etapa será definido em função do número de participantes. Será declarada campeã a equipe vencedora da última etapa.

4.2 – Na primeira etapa, denominada de classificatória, as equipes se apresentarão sozinhas no campo, sem a utilização da máquina 2, sendo classificadas para a etapa seguinte as 16 primeiras, considerando os critérios de pontuação do item 4.8. Nesta primeira etapa a prova terá duração de 90 segundos.

4.3 - Nas etapas seguintes, cada prova terá 2 equipes participantes, com a utilização da máquina 2, tendo uma duração de 120 segundos. Nas etapas eliminatórias, cada partida terá como regra de formação das duplas, a disputa entre a equipe classificada na posição "i" com a equipe classificada na posição "n+1-i" na etapa anterior, onde "n" é o número de participantes da etapa atual.

4.4 - Os perdedores de cada prova deverão apresentar-se à mesa de avaliação para receber a nota pelo desempenho e devolver a placa de acionamento e o microcontrolador. Os vencedores aguardarão a etapa seguinte no recinto da competição. Depois que um competidor for chamado a participar, deverá **apresentar-se à pista em um máximo de 30 segundos**, pronto à competir, **sob pena de desclassificação**.

4.5 – Cada partida terá início com o lançamento de uma bola esférica ao campo e, a cada 10 segundos transcorridos, uma nova bola esférica será posta em jogo. Em caso de marcação de gol (bola esférica depositada no gol do adversário), caso não existam mais bolas esféricas sobre a mesa, uma outra bola esférica será colocada em jogo e a próxima bola esférica será lançada 10 segundos após este lançamento. O número de bolas esféricas em jogo, em condição de regime durante uma partida, não será inferior a 1 nem superior a 12, não incluídas na contagem as duas bolas ovais presentes no campo no início da partida.

4.6 - Após a marcação do primeiro gol, a máquina 1 da equipe que anotou o gol poderá coletar as bolas ovais as quais deverão ser depositadas nos "U" ao lado do gol do adversário.

4.7 - Cada prova, na etapa eliminatória, terá a duração de 120 segundos, podendo este tempo ser alterado a critério da Comissão Organizadora. A partir da declaração de "pronto" de uma das equipes, a prova será iniciada em até 30 segundos. Caso nenhuma das duas equipes participantes da prova esteja em condições de competir após 60 segundos da ordem de início, ambas poderão ser desclassificadas.

4.8 – Na fase classificatória, o número de pontos alcançados pelo dispositivo será definido pelo total de pontos obtidos pela equipe, o qual está relacionado com a quantidade de bolas esféricas colocadas estavelmente no gol e nos "U" do adversário no prazo de 90 segundos. Cada bola esférica vale 1 ponto e cada bola oval vale três pontos. Nas etapas eliminatórias, em cada partida, serão somados, ainda, 3 pontos em caso de vitória e 1 ponto em caso de empate, sendo declarada a vencedora da etapa a equipe com maior número de pontos. Para a definição do vencedor de cada prova, em

caso de igualdade numérica de pontos alcançados, os critérios de desempate serão, pela ordem, os seguintes:

- 1<sup>o</sup>) A equipe que tiver o maior número de bolas ovais nos “U” do adversário;
- 2<sup>o</sup>) A equipe que tiver marcado o primeiro gol;
- 3<sup>o</sup>) Em caso de empate sem pontos marcados (0 x 0), será declarada vencedora a equipe que tiver menos bolas em seu campo (considerando apenas as bolas esféricas);
- 4<sup>o</sup>) Persistindo o empate, será declarada vencedora a equipe com maior número de pontos na etapa anterior;
- 5<sup>o</sup>) Ainda persistindo o empate, será declarada vencedora a equipe cujo dispositivo tenha a menor massa.

As equipes “declaradas” vencedoras por critérios de desempate, somarão apenas 1 ponto ao número de gols marcados para efeito de classificação para a etapa seguinte.

**Para efeitos de classificação para a próxima etapa, em caso de empate por número de pontos, será considerada melhor classificada a equipe que tiver conquistado mais pontos somando-se os obtidos nas etapas anteriores. Caso persista o empate, será utilizado o quinto critério acima.**

4.9 - Os dispositivos deverão ser colocados sobre o local de partida (“SAÍDA”), por um dos membros da equipe. A partir do início da competição, somente os controladores poderão interagir com o seu dispositivo, através do controle. A máquina 2 deve ser “instalada” sobre a mesa quando do posicionamento dos dispositivos e deve ser simplesmente apoiada sobre esta. **Danos provocados ao campo da competição ou a qualquer outro equipamento utilizado pela Coordenação, serão punidos com desclassificação sumária.**

4.10 – A colocação dos objetos no “gol” ou no “U” deve ser feita unicamente através da abertura frontal existente nos mesmos. A máquina 1 **não pode invadir** a grande área do adversário durante a prova. Esta mesma máquina também não pode invadir a área indicada próxima ao ponto de alimentação das bolas esféricas.

4.11 – Cada equipe poderá utilizar até dois “defensores” fixos, fornecidos pela Coordenação, que deverão ser posicionados nos orifícios apropriados existentes no campo. Uma equipe não poderá posicionar seus defensores no campo do adversário. Depois de iniciada a competição, não será permitida qualquer interação direta dos membros das equipes com os defensores, sob pena de desclassificação.

Na primeira etapa da competição, denominada de classificatória, os defensores terão uma posição fixa em todas as partidas, marcadas pelas posições 1 e 2 no campo apresentado no item 6 deste enunciado.

4.12 – As atitudes das equipes consideradas anti-desportivas pelos juizes da Competição, serão punidas, em função de sua gravidade e/ou frequência, com uma advertência inicial – “Cartão Amarelo”- ou com a eliminação sumária da equipe “Cartão Vermelho”, sendo então considerada vencedora a equipe adversária.

4.13 - Todos os dispositivos deverão ser projetados e construídos de modo a adequarem-se ao campo da competição. **Qualquer inadequação será punida com a desclassificação da equipe.**

4.14 - Não será permitida qualquer alteração nos dispositivos após a homologação/vistoria dos mesmos, sob pena de desclassificação.

4.15 - Dispositivos que se mostrem perigosos poderão ser desclassificados a critério da Comissão Organizadora, o mesmo ocorrendo com equipes cuja estratégia de competição priorize destruir ou perturbar o dispositivo adversário.

4.16 - A conduta, por parte dos alunos participantes, considerada pela Comissão Organizadora como anti-desportiva, desrespeitosa ou perturbadora da ordem, implicará na imediata eliminação de sua respectiva equipe da competição, sem prejuízo das demais medidas acadêmicas e disciplinares cabíveis ao caso.

4.17 – O esquema de ligação da fonte de energia da placa embarcada deverá seguir rigorosamente as instruções fornecidas pela comissão organizadora. Caso a equipe danifique o microcontrolador e/ou a placa embarcada esta será responsável por repor o material danificado para a Comissão Organizadora. A máquina 2 deverá ser exclusivamente acionada por uma bateria de 9V, instalada na própria máquina, não sendo permitido o controle do movimento oscilatório desta máquina com o auxílio do sistema de controle.

4.18 – Caso haja necessidade de alteração de algum item deste regulamento, a Comissão Organizadora o fará, comunicando o ocorrido aos participantes.

4.19 - Qualquer ocorrência, que diga respeito à Competição, prevista ou não neste regulamento, será julgada pela Comissão Organizadora, cujas decisões terão aplicação imediata e caráter irrecorrível.

## 5) Lista de Materiais

ITEM	DENOMINAÇÃO	QUANT.	DIMENSÕES
01	Compensado-Madeira	01	500x300x6
02	MDF	01	400x250x10
03	Papelão prensado("eucatex")	01	500x250x4
04	Poliestireno expandido("isopor")	01	200x250x15
05	Alumínio-chapa	01	100x200x0,5
06	Idem	01	250x250x1,0
07	"Plástico"-chapa	02	100x200x0,5
08	Alumínio-barra red.	01	Ø 12,7x200
09	Idem-barra chata	01	3,2x19x200
10	Aço-arame	2 m	Ø 1
11	"Borracha"-lençol	01	50x300x1,5
12	"Borracha"-cordão	2 m	Ø 4
13	Vareta de Solda- latão	02	Ø 3,2
14	Idem	02	Ø 1,6

15	Alumínio-barra red.	01	Ø 6,35x500
16	Vareta "japonesa"	02	--
17	Colher de plástico	04	sobremesa
18	Abaixador-de-língua de mad.	05	--
19	Lápis	02	no. 2
20	Espeto de madeira	04	Ø4x250
21	Elástico-látex	06	2,5 mm2x150
22	Barbante-algodão	5 m	Ø 2,5
23	Lixa-folha	02	grana 100
24	Língua-de-sogra	02	--
25	Garrafa plástica	02	2 litros
26	Linha de costura	10 m	--
27	Arame-alumínio	2 m	Ø 2,5
28	Mangueira plástica	2 m	Ø2,0x4,0(padão)
29	Barra de Aço ou Latão	0,25m	□ 4,5X4,5(3/16")
30	Cana de açúcar	01	Ø26x400
31	Tecido (Lenço Masculino)	02	□ 390x390x0,5 (padão)

OBS: Os motores elétricos e/ou acionamentos elétricos a serem empregados na máquina 1 são de livre escolha da equipe, respeitadas as restrições apresentadas neste regulamento.

## 6 ) O “CAMPO”

As cotas e desenhos são apenas indicativos, podendo ser alteradas a critério da Comissão Organizadora.

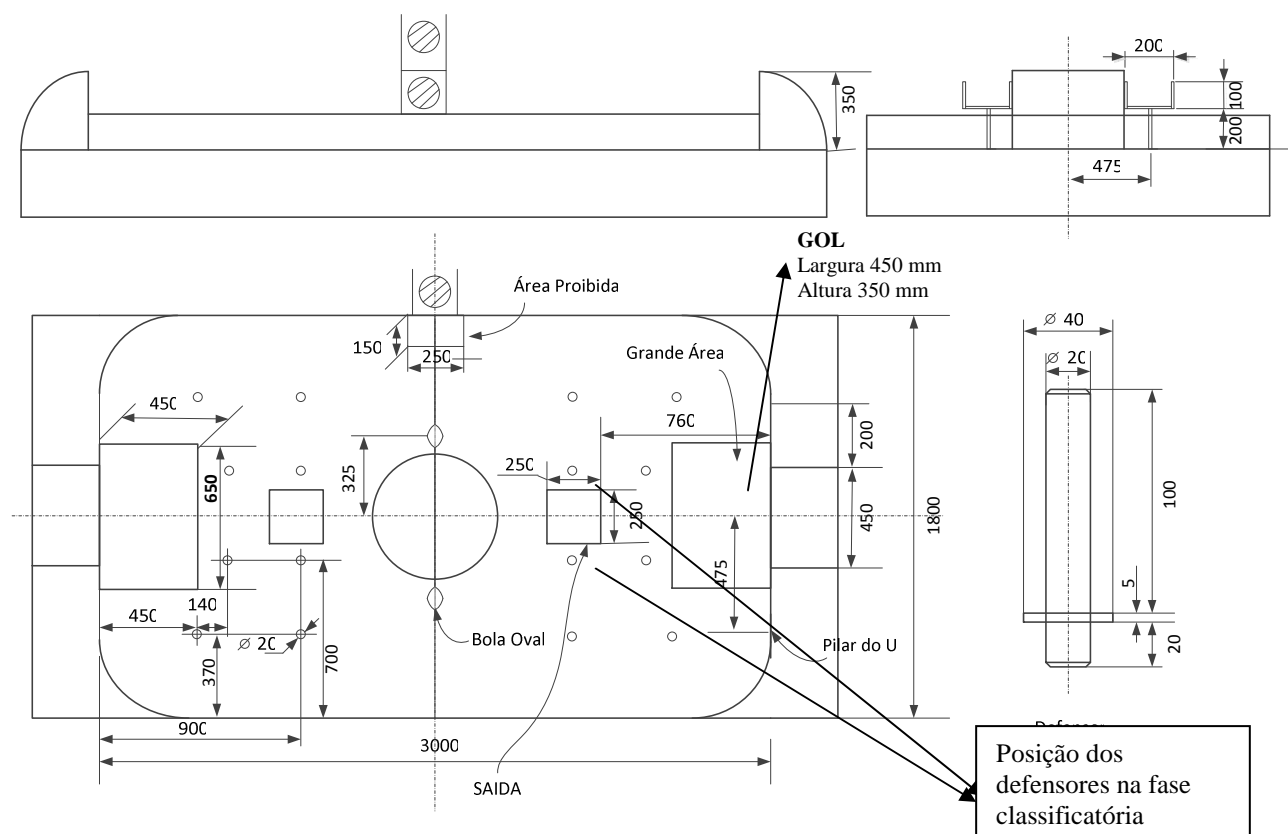




Figura 1 - Detalhes da Mesa da Competição

**As bolas ovais** são fabricadas em polipropileno e tem eixo maior com comprimento de 94 mm e eixo menor de diâmetro 64 mm, aproximadamente. As **bolas esféricas** são representadas por bolas de tênis amarelas, com cerca de 64 mm de diâmetro. Pontuação e detalhes estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Pontuação dos Objetos

DESENHO	REPRESENTAÇÃO	DESCRIÇÃO
	Bola Oval <b>Pontos: 3 pontos</b>	Fabricadas em polipropileno. eixo maior de 94 mm e eixo menor de 64 mm.
	Bola Esférica <b>Pontos: 1 ponto</b>	Bolas de tênis (diâmetro 64mm)

## **ANEXO B – PROPOSTA COMERCIAL DA CORTADORA A LASER ZL9060**





## PROPOSTA COMERCIAL

Prezado Cliente,

Agradecemos imensamente o seu interesse em nossos equipamentos. A ZLTECH, empresa situada na Cidade Industrial de Curitiba-Pr se propõe a desenvolver, fabricar e comercializar equipamentos para corte e gravação. Utilizando-se da avançada tecnologia a laser desde 2008 possuímos uma linha completa para atender diversos seguimentos de mercado e contamos com uma linha completa de peças de reposição para nossos equipamentos.

Fique a vontade em solicitar esclarecimentos caso as informações deste documento não sejam o suficiente. Apresentamos a seguir, proposta técnico-comercial para fornecimento da Máquina de Corte e Gravação a Laser ZLTECH.



DADOS TÉCNICOS:	
Equipamento	ZL9060
Área de trabalho	900 x 600 mm com abertura frontal e traseira no 900mm (ficando 900 mm x infinito);
Potência do Laser	60 Watts, tubo CO2 selado, refrigerado a água.
Profundidade do corte	0 – 10 mm
Precisão de posicionamento	0,01 mm
Velocidade de corte	<200mm/s
Velocidade de gravação	<1000mm/s
Mesa de trabalho	Grade motorizada em liga de alumínio, podendo ser utilizada para corte e gravação de materiais com até 28 cm de altura;
Estrutura mecânica	Motores de passo com servo acionamento, guias lineares com deslizamento sobre patins nos eixos X e Y.
Compatibilidade	Laser Cut, Corel Draw e Auto CAD;
Formatos de arquivos suportados	plt. dxf. bmp. jpg. gif. png. Tif;
Memória interna	32Mb
Software	Laser Cut 5.3 e manual em Português.
Potencia e alimentação elétrica	1.2 kw – 220Vca / 60Hz

ITENS INCLUSOS:	
Luz laser auxiliar	Para posicionar o início do corte
Ar	Bomba de ar contínuo
Resfriamento	Chiller (sistema de resfriamento da água) com painel digital para controle e regulação da temperatura;
Exaustão	Exaustor 60W, 2.800rpm e tubos de exaustão;
Embalada para transporte	Caixa de madeira tipo Palet
Instalação	Instalação e treinamento inicial prestado pela ZL TECH em todo o território nacional.*

\*Para a instalação do equipamento, será necessário o comprador fornecer os seguintes itens:

1. Todos os equipamentos de segurança necessários durante o decorrer da instalação e montagem, tais como: extintores de incêndio e EPIs.

2. Ponto de energia elétrica com alimentação 220 VAC estabilizada , conforme especificação no termo de garantia.
3. Estabilizador ou No-break de 1,5 kVA (recomendável).
5. Saída do tubo de exaustão 150 mm (trabalho na alvenaria).
6. Custo com deslocamento do técnico para instalação.
7. Computador com sistema operacional Windows XP ou Windows

#### CONDIÇÕES COMERCIAIS:

Investimento	R\$ 37.000,00
Impostos	ICMS e IPI inclusos no valor
Prazo de Entrega	Imediato
Frete	FOB Curitiba-Pr
Garantia	12 meses para o equipamento e software e 03 meses para os consumíveis (Espelhos, lente e tubo laser) a partir da data de emissão da Nota Fiscal
Validade da Proposta	15 dias a partir do envio da proposta

#### CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO:

Opção 01	À vista com 7% de desconto
Opção 02	3x sem juros no cartão de crédito
Opção 03	Financiamento Direto com a ZLTECH sendo: Entrada de R\$ 18500,00 e saldo em 12 vezes de R\$ 1541,67
Opção 04	PROGER pelo Banco do Brasil ou Caixa Economica Federal (linha de financiamento com até 72 meses com taxas subsidiadas e possibilidade carência )
Opção 05	Procure um gerente de qualquer agência bancária e apresente esta proposta para ele lhe orientar qual a linha mais indicada
Opção 06	Leasings em qualquer agente financeiro

#### DADOS DA NOSSA EMPRESA

Razão Social	ZL Tech Indústria e Comércio Ltda ME
Endereço	Rua Anselmo de Lima Filho, 360 Complemento 13-A
Bairro	CIC
Cidade	Curitiba – PR
CEP	81290-250
Telefone fixo	41-3373 4196 / 41-3012 3186 / 11-3506 5096
Telefone móvel	41-9912 9012(TIM) / 41-9167 3625 (Vivo) / 41-8863 2379 (Claro)
Email / MSN	<a href="mailto:vendas@zltech.com.br">vendas@zltech.com.br</a>
Skype	zl-tech
Web Site	<a href="http://www.zltech.com.br">www.zltech.com.br</a>
CNPJ	15.667.616/0001-98
Inscrição Estadual	90598764-03

Agradecemos sua atenção e ficamos a sua disposição para esclarecimento de quaisquer pontos da presente proposta.

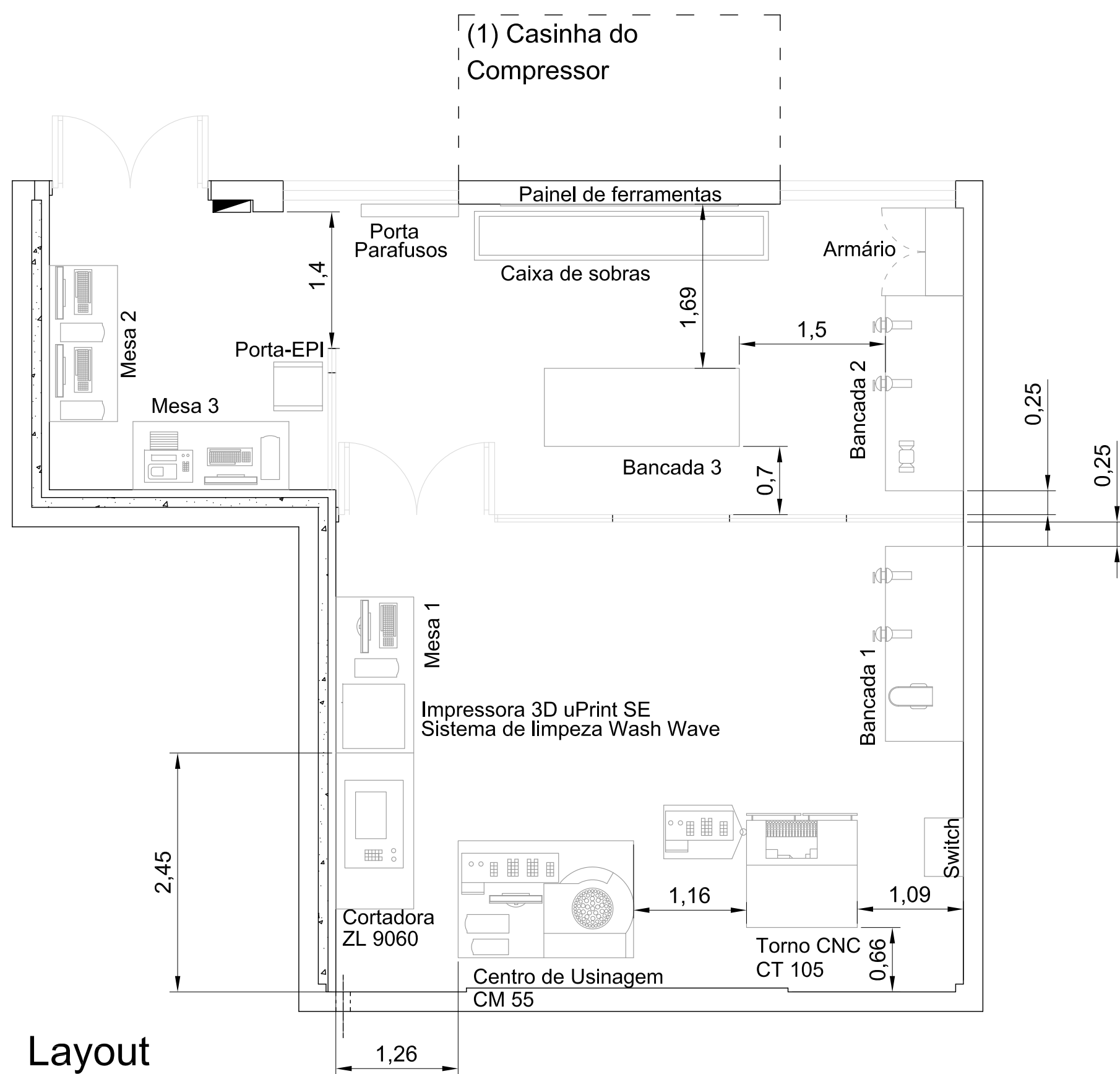
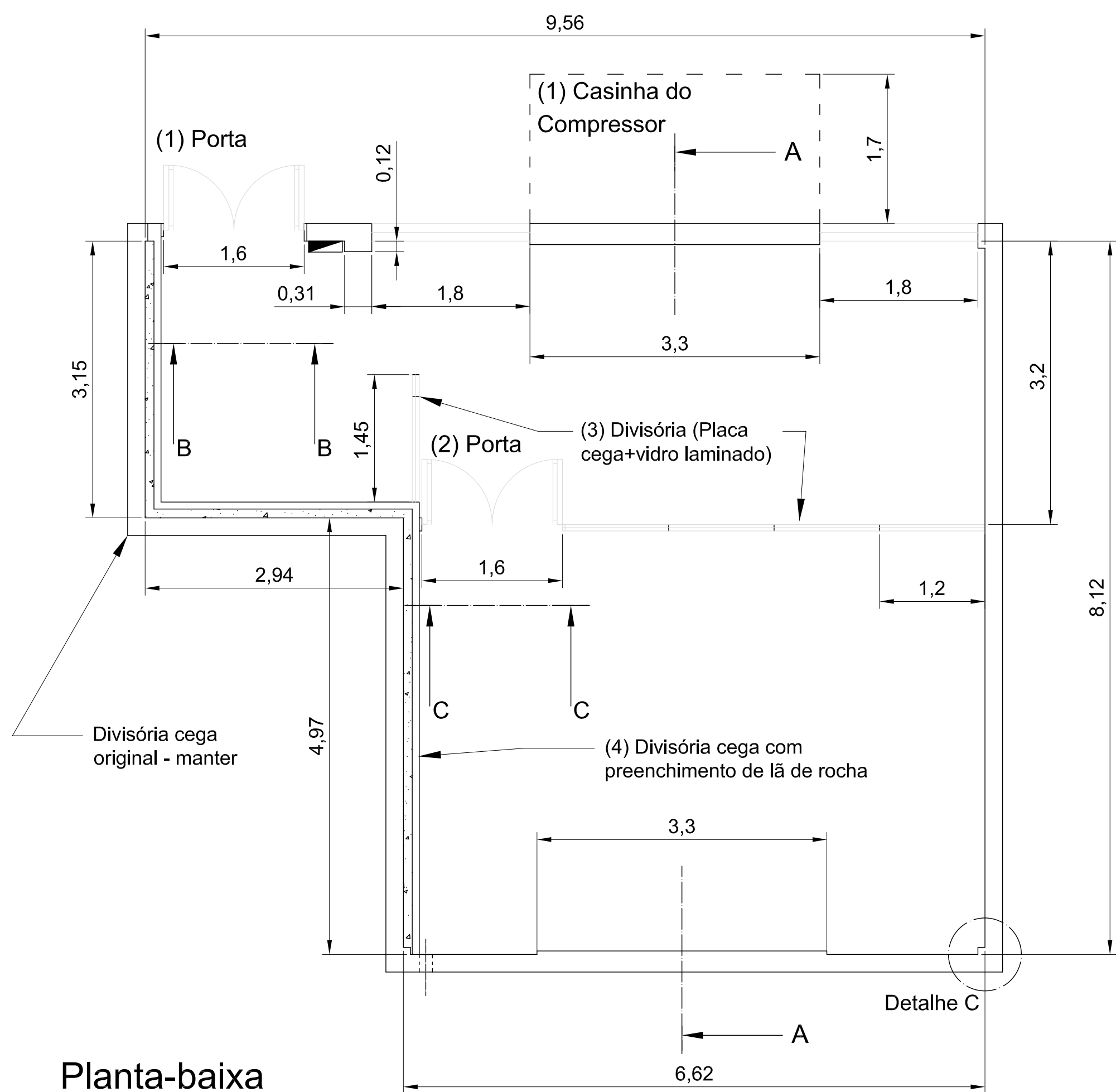
Atenciosamente,

Rodrigo Loss  
Diretor Comercial

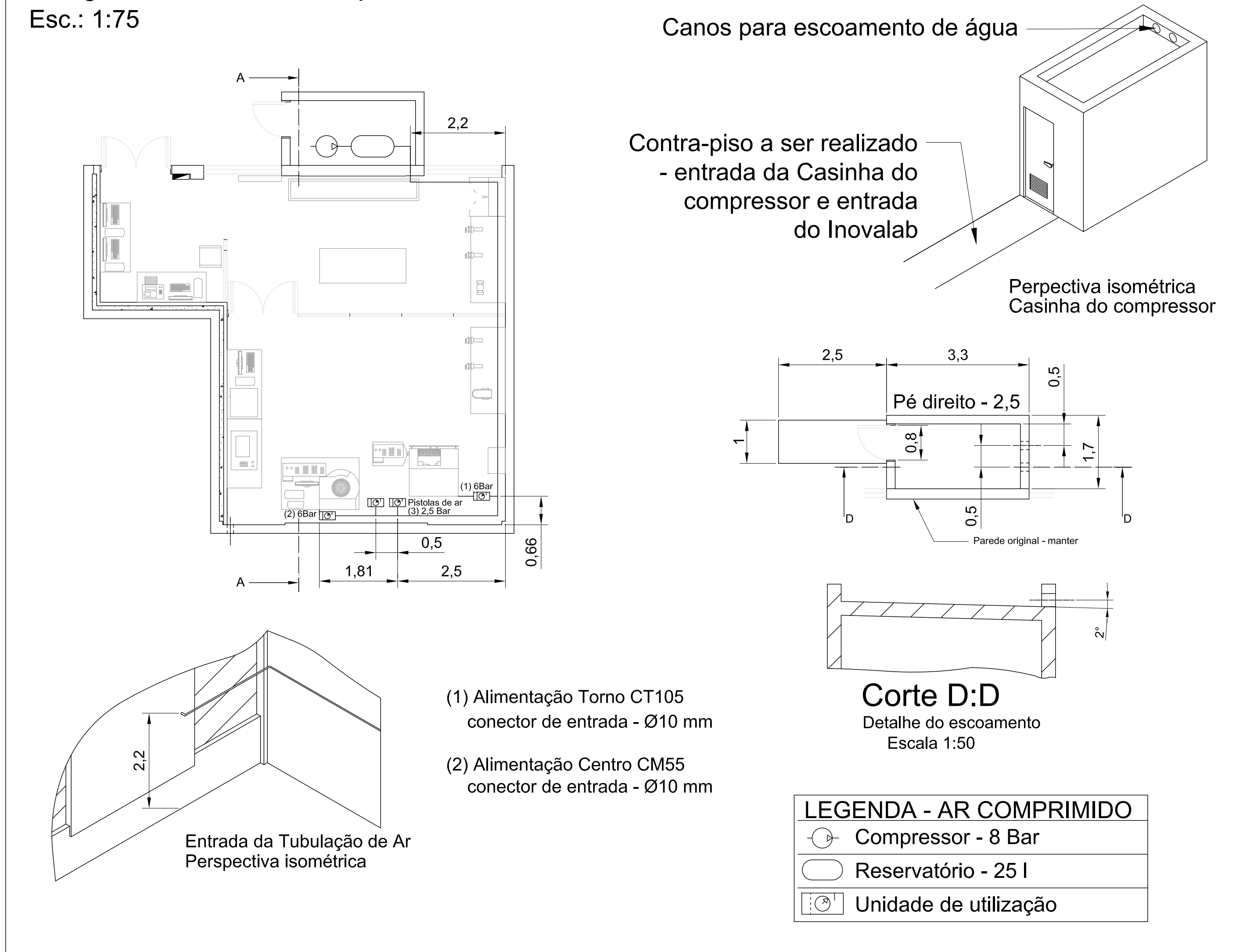
ZLTECH

## **ANEXO C – INOVALAB ARQUITETURA**

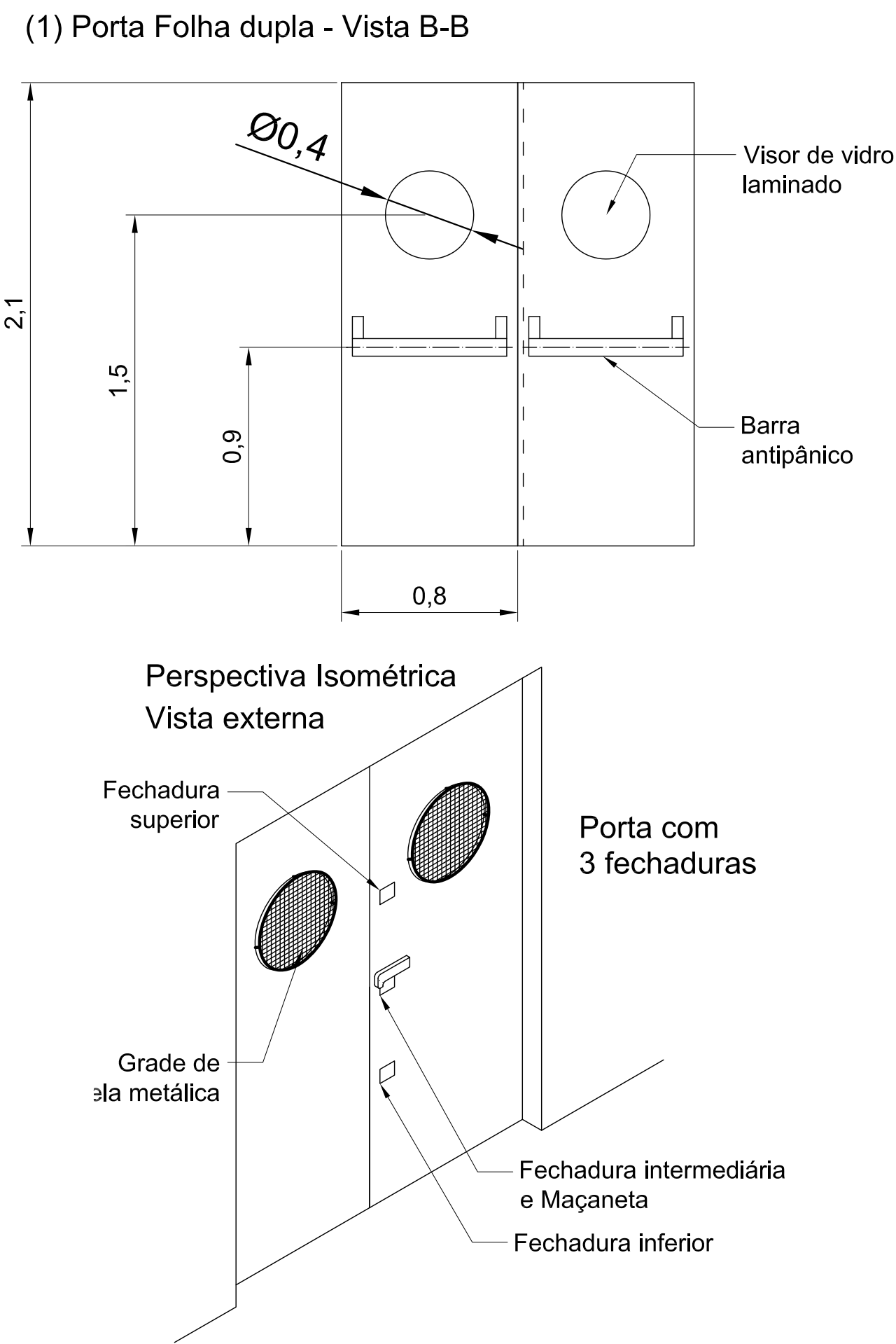




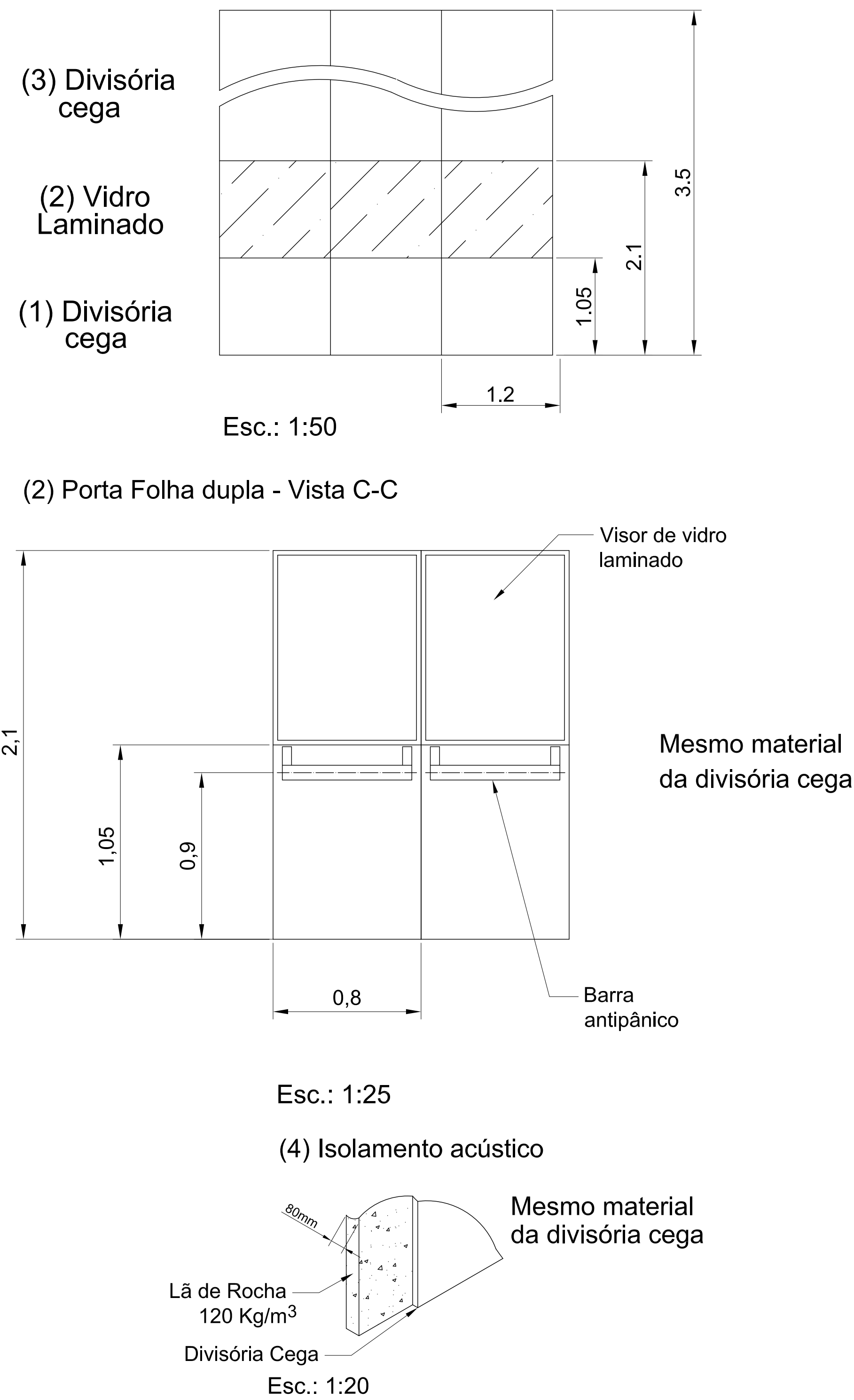
### Abrigo e sistema do compressor Esc.: 1:75



### Detalhe da porta de aço Esc.: 1:25



### Detalhe das divisórias Esc. 1:50

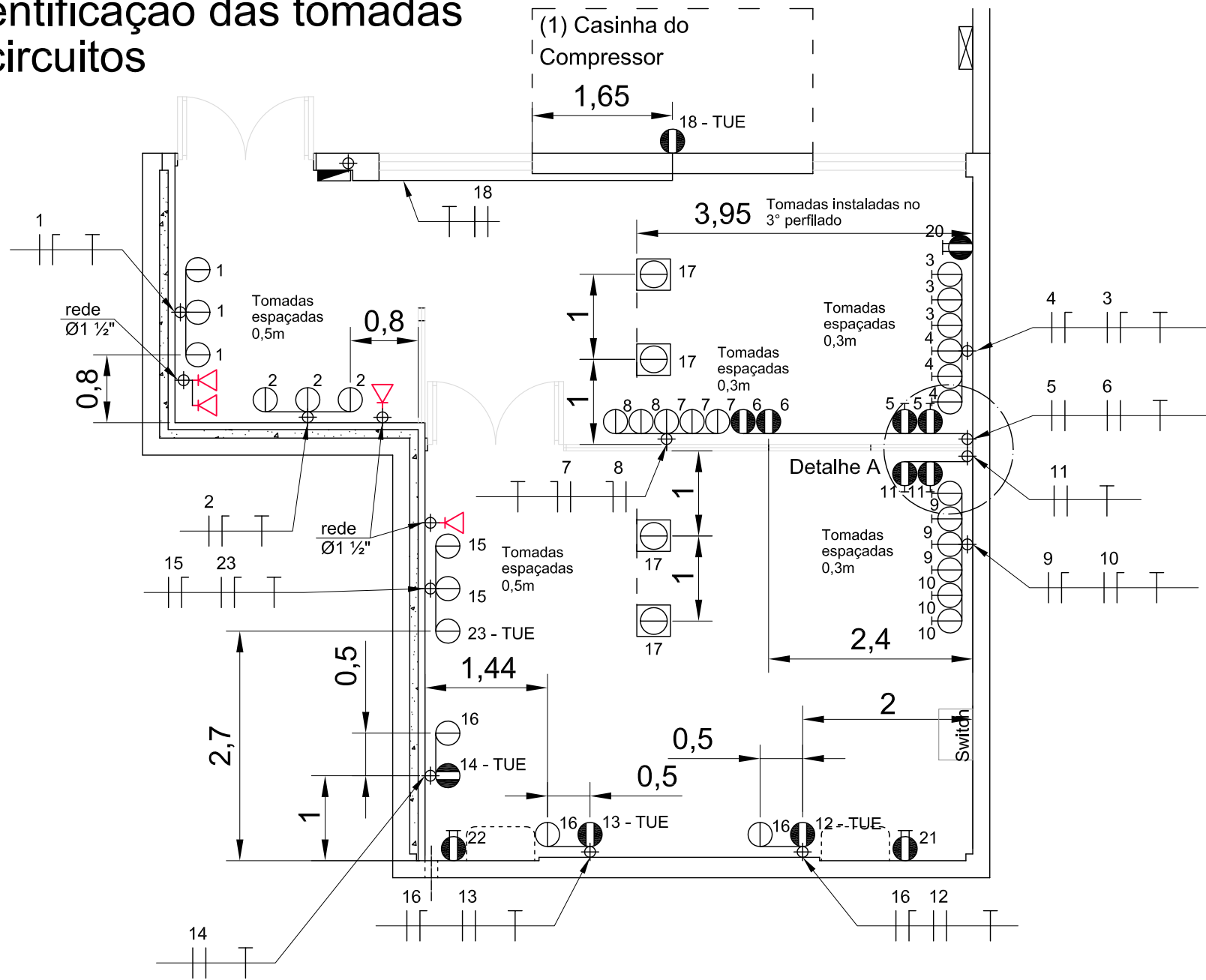


## **ANEXO D – INOVALAB ELETRICIDADE**

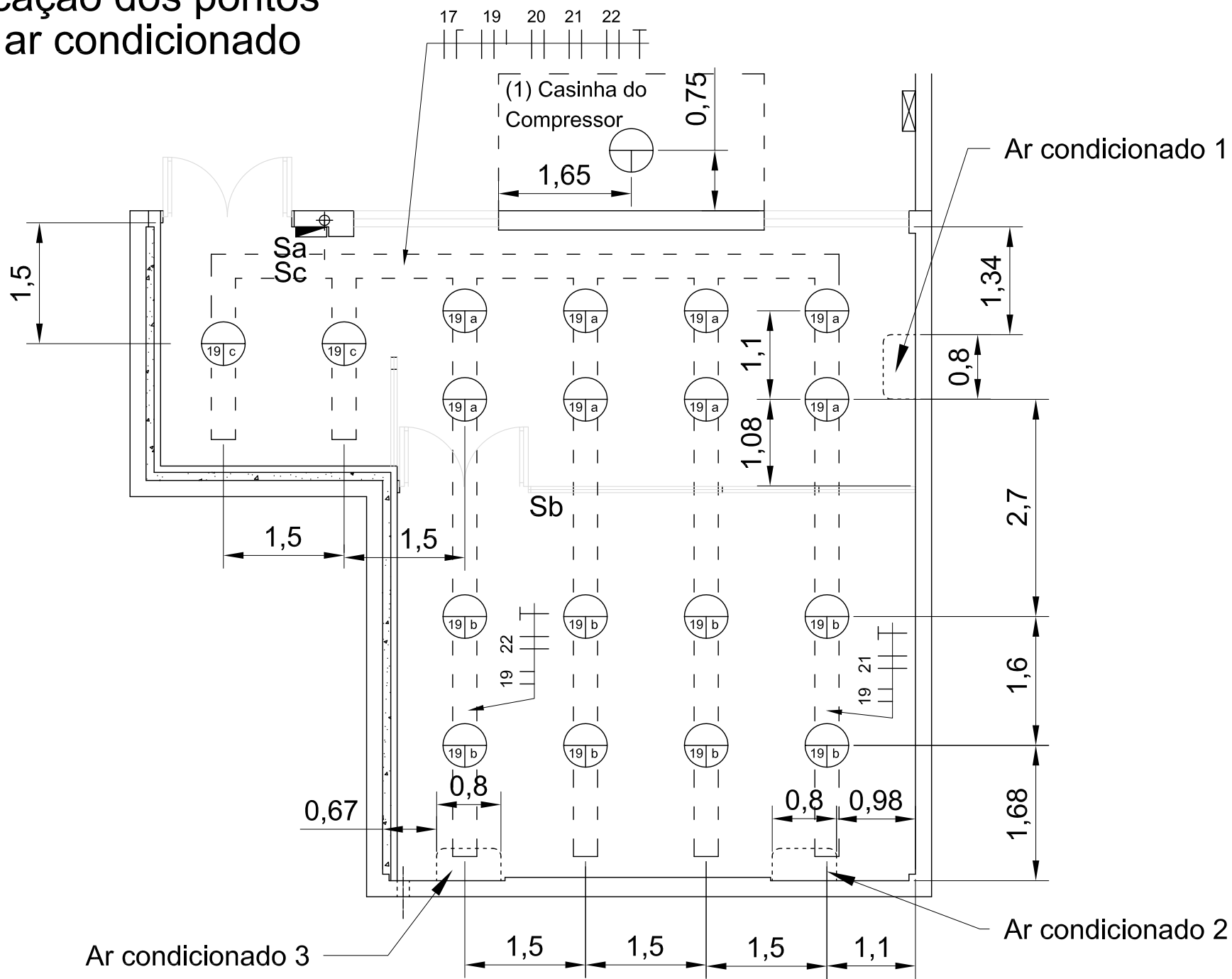




Identificação das tomadas e circuitos



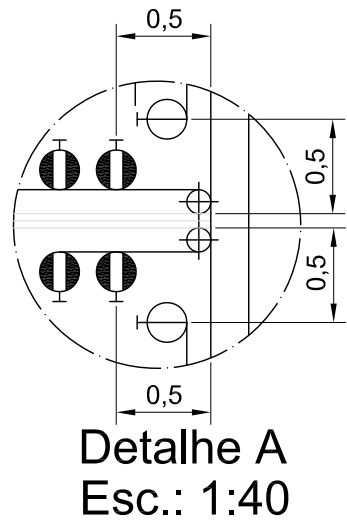
Identificação dos pontos de luz- ar condicionado



Q.F. InovaLab

Circ.	Potência	Condutores	Descrição
01	300 w	# 2,5 mm²	Computador Impressora
03	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 2
05	2600 w	# 2,5 mm²	Bancada 2
07	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 3
09	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 1
11	2600 w	# 2,5 mm²	Bancada 1
13	850 VA	# 2,5 mm²	Centro de usinagem CM 55
15	1500 w	# 2,5 mm²	Computador Wash Wave
17	2600 w	# 2,5 mm²	Uso geral
19	1800 w	# 1,5 mm²	Iluminação
21	12000 BTU's	# 4 mm²	Ar condic. 02
23	1300 w	2,5 mm²	Impressora 3D
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res

Circ.	Potência	Condutores	Descrição
02	300 w	# 2,5 mm²	Computador Impressora
04	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 2
06	2600 w	# 2,5 mm²	Bancada 3
08	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 3
10	2400 w	# 2,5 mm²	Bancada 1
12	2600 w	# 2,5 mm²	Torno CNC
14	1200 w	# 2,5 mm²	Cortadora ZL 9060
16	900 w	# 2,5 mm²	Uso geral
18	2000 w	# 2,5 mm²	Compressor
20	12000 BTU's	# 4 mm²	Ar condic. 01
22	12000 BTU's	# 4 mm²	Ar condic. 03
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res
Res	-	-	Res



LEGENDA	
⊖	Tomada 110V - H=0,3m
⊕	Tomada 110V - H=1,1m
⊖	Tomada 110V - H=3,0m (no perfilado)
⊖	Tomada 220V - H=0,3m
⊕	Tomada 220V - H=1,1m
⊖	Tomada 220V - H=2,8m - A.C.
⊖	Tomada de rede - H=0,3m
—	Duto de superfície horizontalmente Disposto Ø 3/4"
⊕	Duto de superfície verticalmente Disposto Ø 3/4"
—	Perfilado 38x38mm - H=3,0m
—	Condutor Neutro - azul
—	Condutor Retorno - branco
—	Condutor Fase - preto
—	Condutor Terra - verde
S	Interruptor simples
⊕	Ponto de luz - luminária
⊖	Quadro de força - InovaLab
⊖	Quadro de força a conservar

Observações.:  
- Instalar no quadro de força existente 01 (um) Disjuntor Tripolar de 63A - 5 kA para proteção dos cabos alimentadores do quadro de força InovaLab  
- Eletroduto não cotado será de 3/4"

 <b>EPUSP</b>	UNIDADE		ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO		FOLHA				
	SERVIÇO/OBRA		REFORMA DO LABORATÓRIO PRO-INOVALAB			02/02			
	LOCAL		EDIFÍCIO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO						
	PROJETO INST. ELÉTRICAS		DATA	Abril/2014		REVISÃO	ÚNICA		
	PROJETO		Adriano Bezerra de Siqueira		REVISÃO	Alessandra Miranda		ESCALA	INDICADA

## **ANEXO E – PROPOSTA COMERCIAL NOWAK**





www.nowak.com.br/loja

**NOWAK COM. MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA**

CNPJ: 05.943.623/0001-11

I.E.: 647.435.676.115

Telefone: 17 3355-1274 FAX 17 3218-1274 SAC 0800-774-1274

E-mail: vendas@nowak.com.br

**Nome:** Adriano Bezerra de Siqueira

**E-mail:** adrianosiqueira@usp.br

**Cidade/UF:** SP

**CEP:**

**CNPJ/CPF:**

**Inscr. Est/RG:**

**Fone/Fax:** 67214187

**Contato:** Adriano

**Orçamento**

42511

Quant.	Cod.	Descrição do Produto	Unitário	IPI	Total do Item
1	934	Compressor Profissional Industrial - CSL15/200	R\$ 3.829,00	Isento	R\$ 3.829,00



**Total:** **R\$ 3.829,00**

**Condições de Pagamento**

A vista por R\$ 3.752,42 c/ desconto

3x de R\$ 1.276,33 s/ juros

6x de R\$ 682,84 c/ juros

10x de R\$ 432,68 c/ juros

**Em até 48x no cartão bndes**

**Despachamos para todo Brasil:**

Frete à combinar

**Validade da Proposta:** 10 dias

**Prazo de Entrega:** despacho 20 dias

**Confirmação: Entre em contato com nosso atendimento - 17 - 3355 1274**

**Local**

19/5/2014

**Data**

**Assinatura do Comprador**

Imprimir

Fechar



www.nowak.com.br/loja

**NOWAK COM. MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA**

CNPJ: 05.943.623/0001-11

I.E.: 647.435.676.115

Telefone: 17 3355-1274 FAX 17 3218-1274 SAC 0800-774-1274

E-mail: vendas@nowak.com.br

**Nome:** Adriano Bezerra de Siqueira

**E-mail:** adrianosiqueira@usp.br

**Cidade/UF:** SP

**CNPJ/CPF:**

**Fone/Fax:** 67214187

**CEP:**

**Inscr. Est/RG:**

**Contato:** Adriano

**Orçamento**

42512

Quant.	Cod.	Descrição do Produto	Unitário	IPI	Total do Item
1	1765	Secador de Ar - SRS 20	R\$ 3.928,00	Isento	R\$ 3.928,00



**Total:**

**R\$ 3.928,00**

**Condições de Pagamento**

A vista por R\$ 3.849,44 c/ desconto

3x de R\$ 1.309,33 s/ juros

6x de R\$ 700,49 c/ juros

10x de R\$ 443,86 c/ juros

Em até 48x no cartão bndes

**Despachamos para todo Brasil:**

Frete à combinar

**Validade da Proposta:** 10 dias

**Prazo de Entrega:** Despacho 15 dias

**Confirmação: Entre em contato com nosso atendimento - 17 - 3355 1274**

**Local**

19/5/2014

**Data**

**Assinatura do Comprador**

Imprimir

Fechar

## **ANEXO F – PROPOSTA COMERCIAL RR MÁQUINAS**



**COMPRESSOR DE AR CSL 20/200 TWISTER BRAVO -  
220V/380V TRIFÁSICO**

**SCHULZ**



- Potência: 5 HP - 3,75 kW
- Número de Pólos: 2 pólos
- Número de Pistões: 2 pistões em linha
- Volume de Reservatório (litros): 183 Litros
- Deslocamento Teórico (pcm): 20,7 pés<sup>3</sup>/min - 586 l/min
- Pressão Máxima (lbf/pol<sup>2</sup>): 100 Lbs/pol<sup>2</sup> - 6,9 bar
- Pressão Máxima (lbf/pol<sup>2</sup>): 140 Lbs/pol<sup>2</sup> - 9,7 bar
- Voltagem (V): Trifásico 220/380 V
- Tipo: Trifásico 220/380 V
- Lubrificação: Óleo Ms Lub Schulz
- Cabeçote: Unidade compressora de ferro fundido de alta qualidade
- Tanque: Hidrostaticamente testado garante maior qualidade e segurança, acompanha o teste Hidrostático, norma NR-13
- Motor Elétrico: De classe profissional, garante uma vida útil prolongada
- Pistões: Dois Pistões em linha
- Filtro de Ar: Substituível que mantém fora a poeira e a sujeira, prolongando a vida útil do cilindro
- Volante: De ferro fundido
- Visor de Nível de Óleo: Sim
- Protetor de Correia: De ferro, para uma segurança adicional das partes girantes
- Saídas de Ar: Uma saída de ar 1/2 pol
- Serpentina: De cobre, para uma melhor performance
- Grade de Proteção: Sim para maior segurança. Mantém fora a poeira e a sujeira, prolongando a vida útil do cilindro
- Função: Para uso profissional: Serviços de apoio a mecânicas, manutenção geral, montagens e instalações diversas. Acionamento de ferramentas pneumáticas cujo consumo de ar esteja dentro do limite especificado no manual do compressor e pressão de operação até 140l
- Unidade compressora em ferro fundido
- Cabo elétrico com plug e aterramento, registro de saída de ar e relé térmico de sobrecarga. - -
- Reservatório com pintura a pó fabricado de acordo com a norma NR 13 (Acompanha teste Hidrostático). Válvula de segurança com certificado ASME
- Nível de ruído 84,3 dB (A)
- Dimensões do Produto:(LxAxP) 450 x 880 x 1280 mm
- Peso Bruto: 147 kg
- Peso Líquido: 107 kg
- Fácil manutenção
- Cilindros em linha
- Um estágio
- Placas de válvulas em aço inox
- Válvula de segurança certificada
- Tampa do cilindro em alumínio
- Tecnologia 100% nacional
- Garantia de 1 ano

**VALOR: R\$ 2.870,00 (preço sujeito a reajuste de acordo com politica do fornecedor)**

**FORMA DE PAGAMENTO: ATO/30/60/90DD**

**PRAZO DE ENTREGA: IMEDIATO**

**FRETE NÃO INCLUSO**

**11-2605-5135**



## SECADOR DE AR COMPRIMIDO - SRS30 COMPACT - 220 MONO

**SCHULZ**

### Dados Técnicos

MODELO	SRS 30 Compact	
Vazão efetiva	pés <sup>3</sup> /min	30
	l/min	850
Pressão Máxima	15 bar	
Tensão (V)	220	
Potência (Watts)	410	
Fluído de Refrigeração	R134a	
Conexões	3/4	
Peso (Kg)	28	
Larg x Alt x Comp	410x475x600	
Ponta de Orvalho	7°C	

Observação: Imagem meramente ilustrativa.  
Rosca RP conforme ABNT NBR NM ISO 7-1 ou BSP  
Importante: Possui pré-filtro incorporado.

### Aplicação

Compressores a Parafuso  
Compressores a Pistão  
Uso Industrial

### Uso

Para tratamento de ar comprimido.  
Características  
Baixo custo de manutenção  
Baixo nível de ruídos  
Compacto e ergonômica  
Componentes de alta qualidade  
Design incorporado ao ambiente industrial  
Fácil acesso para manutenção  
Monofásico  
Painel eletrônico microprocessado  
Produto compacto, com pequena área ocupada  
Projetado para operar com temperatura ambiente de até 45°

### Equipado com

Cabo elétrico e plug com aterramento

### Manutenção

Vide manual que acompanha o produto

**Valor R\$ 4.150,00 – ato/30/60/90/120dd**  
**Prazo de entrega imediato**  
**Frete não incluso**

11-2605-5135

**ANEXO G – PROPOSTA COMERCIAL ZAFRA**





# Compressores

Av. Fagundes de Oliveira, 365 cep 09950-300 Tel/Fax 4066-4060 - Diadema – SP  
Diadema, 25 de maio de 2014.

À

USP

Sr. Adriano Siqueira

N/Ref.: 250514 13

Atendendo à vossa solicitação cotamos compressor TOP de linha.

Item Qtde. Descrição

**01 01 Compressor de ar industrial modelo 20/200 (ônix)**

Características

- marca	<b>Pressure</b>
- deslocamento total	20 PCM
- ar efetivo	486 l/min
- pressão máxima	175 PSI
- regime	intermitente ( sistema automático de liga/desliga)
- reservatório horizontal	200 litros
- potência do motor	05 HP trifásico
- numero de cilindros	02
- comprimento	1480 mm
- altura	990 mm
- largura	570 mm
- peso liquido c/ motor	193 kg
- comando através de pressostato automático.	

## Foto ilustrativa



## Condição Comercial

+ Preço Líquido Unitário	R\$ 3.190,00
+ Condição de Pagamento	A Combinar
+ Entrega	Imediato
+ Garantia:	12 meses de fábrica
+ Validade:	15 dias
+ FOB– Diadema – SP	

Atenciosamente,  
Vagner Zaffani



# Compressores

Av. Fagundes de Oliveira, 365 cep 09950-300 Tel/Fax 4066-4060 - Diadema – SP  
Diadema, 25 de maio de 2014.

A

**USP**

**Sr.: Adriano Siqueira**

Ref.: 250514 03

**Filtros Pré e Pós Bel Air Inclusos**

## Características técnicas

- marca CHICAGO
- capacidade efetiva 21 P.C.M.
- capacidade efetiva 36 m³/h
- entrada e saída 3/4"
- largura 350 mm
- altura 497 mm
- comprimento 450 mm
- peso 19 Kg

Modelo	Capacidade		Pressão	Consumo	Tensão	Dimensões [mm]			Peso	Conexão		Gás	Gás	Ruído
	pcm	m³/h	máx [bar]	KW	V / HZ / Fase	Largura	Comprimento	Altura	Kg	AR	ÁGUA		g	dB
Cool 20 (A1)	21	36	16	0,172	220 / 60 / 1				19	3/4" R	-	R134a	170	50

## SECADOR DE AR COMPRIMIDO POR REFRIGERAÇÃO .

-Mínima perda de carga:  $\leq 0.35$  bar.

-Baixo custo operacional

-Simples manutenção

-Linha abrangente

-Mínima área de instalação



## Condições Comerciais:

Preço Líquido Unitário	R\$ 3.480,00
Pagamento	A Combinar
Prazo de entrega	imediatamente
FOB – Diadema -SP	
Garantia	1 ano de fábrica
Validade	05 dias

Atenciosamente,  
Eng. Vagner Zaffani  
www.zaffa.com.br