

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS – CAMPUS FORMIGA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**READEQUAÇÃO DA PLANTA ELÉTRICA DAS SALAS DESTINADAS AOS  
LABORATÓRIOS DE ELETRÔNICA, AUTOMAÇÃO E CIRCUITOS ELÉTRICOS,  
DO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – CAMPUS FORMIGA.**

**ALAN EUSTÁQUIO RIBEIRO**

**FORMIGA – MG**

**2016**

**ALAN EUSTÁQUIO RIBEIRO**

**READEQUAÇÃO DA PLANTA ELÉTRICA DAS SALAS DESTINADAS AOS  
LABORATÓRIOS DE ELETRÔNICA, AUTOMAÇÃO E CIRCUITOS ELÉTRICOS,  
DO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – CAMPUS FORMIGA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto  
Federal de Minas Gerais como requisito  
parcial para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. José Antônio Moreira de  
Rezende

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Flávia Peixoto  
de Camargos

**FORMIGA – MG**

**2016**

ALAN EUSTÁQUIO RIBEIRO

**READEQUAÇÃO DA PLANTA ELÉTRICA DAS SALAS DESTINADAS AOS  
LABORATÓRIOS DE ELETRÔNICA, AUTOMAÇÃO E CIRCUITOS ELÉTRICOS,  
DO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – CAMPUS FORMIGA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto  
Federal de Minas Gerais como requisito  
parcial para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador: Prof. Me. José Antônio Moreira de Rezende

---

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Flávia Peixoto de Camargos

---

Prof. Marco Antônio Silva Pereira

---

Prof. Guilherme Barbosa Lima

Formiga, 07 de Dezembro de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível. A Deus, por me proteger e abençoar, me dando a oportunidade de estar aqui hoje.

A minha namorada, por acrescentar amor, razão e beleza aos meus dias. A minha mãe, pelo amor, amizade e o carinho. Ao meu professor orientador, Me. José Antônio Moreira de Rezende, pelo auxílio, disponibilidade de tempo e material. A todos os professores do curso, que foram tão importantes nesta trajetória acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho. Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constante durante esta etapa da minha vida.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso consiste na elaboração da planta elétrica dos laboratórios de Eletrônica, Automação e Circuitos Elétricos do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Formiga. Os laboratórios foram alocados em ambientes com maior área, para melhorar a acomodação dos equipamentos e usuários. Para tanto, foram alocadas as salas cinco, seis e sete, respectivamente, para cada um destes laboratórios. A elaboração deste projeto de instalações elétricas visa a readequação das presentes salas, outrora utilizadas para aulas teóricas, seguindo a norma ABNT NBR 5410:2004 (Versão Corrigida de 2008), de tal forma que nestes ambientes seja possível utilizar todos os equipamentos destinados as aulas e pesquisas. Ao longo do presente trabalho será apresentada a metodologia de cálculo utilizada no projeto e como o *Software Lumine V4*, da empresa AltoQi, foi utilizado na definição da disposição dos quadros de distribuição de circuitos, especificação dos eletrodutos e eletrocalhas, dos condutores elétricos e os dispositivos de proteção contra sobrecorrente.

Palavras chave: readequação de ambientes, laboratórios de ensino, instalações elétricas.

## **ABSTRACT**

This Work Completion of course is the development of power plant automation of laboratories, Electronics and Electrical Circuits Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Formiga. Today's laboratories were moved to other environments with larger area, to improve the accommodation of equipment and users, therefore, the rooms were allocated five, six and seven, respectively, for each of these laboratories. The preparation of this plan aims at readjusting of these rooms, once used for lectures, following the ABNT NBR 5410: 2004 Corrected Version: 2008, so they can receive the equipment of their laboratories with all safety and comfort for the performance of activities. Throughout this work presents the calculation methodology used in the project and how the Lumine V4 program AltoQi company, was used in the provision defining the circuits of switchboards, specification of conduits and raceways, electrical conductors and devices overcurrent protection.

Keywords: Readaptation environments, teaching laboratories, electrical installations.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - EXEMPLOS DE ELETRODUTOS.....	28
FIGURA 2 - ELETROCALHA PERFURADA GALVANIZADA TIPO U.....	30
FIGURA 3 - CAIXA DE DIÁLOGO DE LANÇAMENTO DOS PAVIMENTOS.....	35
FIGURA 4 - JANELA DE PROJETO.....	36
FIGURA 5 - JANELA DO AMBIENTE CAD.....	37
FIGURA 6 - JANELA DE LANÇAMENTO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO.....	38
FIGURA 7 - JANELA DE DEFINIÇÃO DE PEÇAS.....	40
FIGURA 8 - DIÁLOGO DE FORMATAÇÃO DO CIRCUITO. ....	41
FIGURA 9 - JANELA DE DEFINIÇÃO DE CONDUTOS.....	42
FIGURA 10 - VISUALIZAÇÃO DOS CONDUTOS E ELETROCALHAS EM 3D. ....	43
FIGURA 11 - MENU DE LANÇAMENTO DE FIAÇÃO.....	44
FIGURA 12 - DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS. ....	46
FIGURA 13 - PLANILHA DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO .....	53
FIGURA 14 - COMANDO DE GERAÇÃO PARA DIAGRAMAS .....	54
FIGURA 15 - DIAGRAMA UNIFILAR DIVISÃO DOS CIRCUITOS ALIMENTAÇÃO PRINCIPAL.....	54
FIGURA 16 - DIAGRAMA UNIFILAR DIVISÃO DOS CIRCUITOS LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA ..	55
FIGURA 17 - DIAGRAMA UNIFILAR DIVISÃO DOS CIRCUITOS LABORATÓRIO DE CIRCUITOS.....	55
FIGURA 18 - DIAGRAMA UNIFILAR DIVISÃO DOS CIRCUITOS LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO ..	56
FIGURA 19 - RELATORIO DE DIMENCIONAMENTO LABORATORIO DE ELETRÔNICA .....	57
FIGURA 20 - DIMENSIONAMENTO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIO QD2. ....	58

FIGURA 21 - DIMENSIONAMENTO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIO QD3. ....	58
FIGURA 23 - QUADRO DE CARGA (QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PRINCIPAL).....	66
FIGURA 24 - LEGENDAS DA PLANTA ELÉTRICA.....	68
FIGURA 25 - DIAGRAMA MULTIFILAR ALIMENTAÇÃO PRINCIPAL.....	69
FIGURA 26 - DIAGRAMA MULTIFILAR LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA.....	70
FIGURA 27 - DIAGRAMA MULTIFILAR LABORATÓRIO DE CIRCUITOS.....	71
FIGURA 28 - DIAGRAMA MULTIFILAR LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO.....	72
FIGURA 29 - PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA.....	73
FIGURA 30 - PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA.....	74
FIGURA 31 - PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE CIRCUITOS.....	75
FIGURA 32 - PLANTA BAIXA VISÃO 3D (VISÃO SUPERIOR).....	76
FIGURA 33 - PLANTA BAIXA VISÃO 3D (VISÃO INTERNA).....	77



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FLUXO LUMINOSO PARA EQUIVALÊNCIA DE POTÊNCIA.....	22
TABELA 2 - CIRCUITOS RESERVAS. ....	26
TABELA 3 - DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO. ....	29
TABELA 4 - DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE OS ELEMENTOS DE FIXAÇÃO DE ELETRODUTOS RÍGIDOS ISOLADOS. ....	30
TABELA 5 - DIMENSIONAMENTO DE ELETROCALHAS (MM).....	31
TABELA 6 - DESCRIMINAÇÃO DE CARGAS DE AUTO IMPACTO.....	39
TABELA 7 - SEÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES. ....	45
TABELA 8 - FATOR DE DEPRECIÇÃO DO SERVIÇO DA LUMINÁRIA. ....	49
TABELA 9 - FATORES DE UTILIZAÇÃO PARA LUMINÁRIAS 2 X 40 WATS.....	51
TABELA 10 - LISTA DE MATERIAIS .....	63
TABELA 11 - DEMANDA TOTAL DO PROJETO.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

IEC – *International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional).

NBR – Norma Brasileira.

CA – Corrente alternada.

VA – Volt-ampères.

TUE – Tomada de uso específico.

TUG – Tomada de uso geral.

RPM – Rotações por minuto.

F<sub>p</sub> – Fator de potência.

W – Watts.

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais.

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso.

ND – Norma de Distribuição.

CAD – *Computer Aided Design* (Desenho assistido pro computador).

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Normas recomendadas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Dados para elaboração do projeto.....</b>	<b>18</b>
2.2.1 Condições de fornecimento de energia elétrica .....	18
2.2.2 Características das cargas.....	19
<b>2.3 Elaboração do projeto.....</b>	<b>20</b>
2.3.1 Previsão da carga de iluminação .....	21
2.3.2 Luminotécnica .....	22
2.3.3 Previsão da carga de tomadas de uso geral .....	23
2.3.4 Previsão da carga de tomadas de uso específico .....	24
2.3.5 Divisão da carga em blocos .....	25
2.3.6 Quadro de distribuição .....	25
<b>2.4 Dimensionamento de condutores.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 Dimensionamento de eletrodutos.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6 Dimensionamento de disjuntores.....</b>	<b>31</b>
<b>2.7 Instalação de ar condicionado .....</b>	<b>33</b>
<b>2.8 O <i>software</i> AltoQi Lumine V4 .....</b>	<b>33</b>
2.8.1 Vantagens de utilizar <i>software</i> AltoQi Lumine V4.....	34
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Lançamento de um novo projeto .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Janela de projeto.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Ambiente de trabalho.....</b>	<b>36</b>

<b>3.4</b>	<b>Preparação das arquiteturas .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>Cálculo luminotécnico .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6</b>	<b>Lançamento dos pontos de tomadas .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7</b>	<b>Definindo circuitos .....</b>	<b>40</b>
<b>3.8</b>	<b>Definindo os condutos.....</b>	<b>41</b>
<b>3.9</b>	<b>Verificando lançamentos .....</b>	<b>42</b>
<b>3.10</b>	<b>Visualização tridimensional dos condutos .....</b>	<b>42</b>
<b>3.11</b>	<b>Dimensionamento dos componentes da instalação elétrica.....</b>	<b>43</b>
3.11.1	Condutores.....	43
3.11.2	Eletrodutos e eletrocalhas.....	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Projeto luminotécnico.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Divisões dos circuitos .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3</b>	<b>Especificação dos condutores e dispositivos de proteção.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4</b>	<b>Dimensionamento de proteção dos circuitos .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>Legenda, planta baixa, diagrama unifilar e lista de matérias .....</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>- LISTA DE MATERIAIS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>- QUADRO DE CARGAS.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>- DEMANDA TOTAL DE CARGA.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>- LEGENDAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>- DIAGRAMAS MULTIFILAR QDEE, QD1, QD2 E QD3 .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO F</b>	<b>- PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO G</b>	<b>- PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO H</b>	<b>- PLANTAS BAIXA LABORATÓRIO DE CIRCUITOS .....</b>	<b>75</b>

<b>ANEXO I – PLANTAS VISÃO 3D .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO J – PLANTA BAIXA BLOCO B – A1 .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO L – PLANTA ELÉTRICA READEQUADA BLOCO B – A1.....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na elaboração de um projeto elétrico, segundo Mamede Filho (2010, p.1), há uma necessidade do projetista ter em mãos todos os dados relacionados às condições de suprimento de energia por parte das concessionárias, que neste caso é a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), e das características dos equipamentos previstos na planta em geral. Geralmente, o projetista recebe do cliente um conjunto de plantas, contendo os seguintes detalhes:

- Planta de situação: tem a finalidade de situar a obra no contexto urbano;
- Planta baixa de arquitetura do prédio: contém toda área de construção, indicando com detalhes divisionais;
- Plantas de detalhes: devem conter todas as particularidades do projeto de arquitetura que venham a contribuir na definição do projeto elétrico.

Para a elaboração do projeto de readequação das salas 5, 6 e 7 do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) *Campus* Formiga, foram cedidas as plantas baixas das respectivas salas junto ao setor de infraestrutura o qual é responsável por tais documentações.

Ter o conhecimento de todos esses detalhes, dá ao profissional, responsável pela readequação das instalações elétricas, a total possibilidade de elaboração do projeto em questão, com flexibilidade no que diz respeito à reorganização dos equipamentos, acessibilidade e organização dos ambientes envolvidos no projeto, confiabilidade no sistema elétrico implantado (trazendo aos usuários proteção à integridade física dos mesmos) e continuidade, fazendo com que os circuitos tenham o mínimo possível de interrupções ao longo de sua instalação.

Lembrando que se trata de uma readequação, na qual se visa o melhor resultado aliado ao menor custo possível e a ampliação da capacidade de acomodação dos equipamentos elétricos, que neste momento já contam com alguns circuitos que por sua vez serão aproveitados.

## 1.1 Objetivo geral

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como objetivo geral a readequação do projeto de instalações elétricas das salas 5, 6 e 7, situadas no primeiro piso do bloco B do IFMG – *campus* Formiga que, até então, eram utilizadas como salas de aula para ministração de aulas teóricas. Estas salas foram destinadas para uma nova finalidade, a execução de aulas práticas dos cursos oferecidos no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) *campus* Formiga, tornando-se, respectivamente, laboratórios de Eletrônica, de Automação e de Circuitos Elétricos. Estas salas foram escolhidas devido à sua localização no primeiro piso do bloco B, facilitando a acessibilidade de pessoas portadoras de necessidades especiais, e também devido às suas dimensões, o que possibilita a instalação adequada de todos os equipamentos disponíveis para os laboratórios. Vale destacar a proximidade destes ambientes com o laboratório de Maquinas Elétricas, do qual saem os circuitos terminais do bloco B.

## 1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos para a realização do projeto de instalações elétricas dos novos ambientes para práticas de laboratório, vale destacar:

- Levantar à potência dos equipamentos didáticos;
- Alocar os pontos de tomadas de uso geral e de uso específico;
- Alocar o quadro de distribuição de circuitos de cada ambiente;
- Dimensionar os condutores, eletrodutos e eletrocalhas;
- Dimensionar os dispositivos de proteção contra sobrecorrente;
- Dimensionar os quadros de distribuição de circuitos de cada ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Normas recomendadas

De acordo com Mamede Filho (2010, p.1),

Todo e qualquer projeto deve ser elaborado com base em documentos normativos que, no Brasil, são de responsabilidade da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Cabe também seguir as normas particulares das concessionárias de serviço público responsáveis pelo suprimento de energia elétrica da área onde se acha localizada.

A CEMIG estabelece as normas de distribuição (ND) 5.1 (Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais) e 5.2 (Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas). Estas normas não vão de encontro com as da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), mas sim para complementar e adequar as instalações de acordo com o sistema da concessionária. Estas NDs indicam ao projetista as condições mínimas exigidas para que se efetue o fornecimento de energia, dentro das particularidades inerentes a cada empresa (MAMEDE FILHO, 2010).

A ABNT NBR 5410:2004 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão), baseada na norma internacional IEC 60364 (Comissão Eletrotécnica Internacional), é a norma associada às instalações elétricas alimentadas por tensão nominal igual ou inferior a 1kV em corrente alternada (CA). As instalações com tensão nominal entre 1kV e 36,2kV em (CA), são chamadas de media tensão e estão associadas à norma ABNT NBR 14039:2005.

De acordo com Cotrim (2008, p.1),

A NBR 5410:2004 fixa as condições a que as instalações de baixa tensão devem atender, a fim de garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens. Aplica-se a instalações novas e a reformas em instalações existentes, entendendo-se, como “reforma”, em princípio, qualquer ampliação de instalação existente



(como criação de novos circuitos e alimentação de novos equipamentos), bem como qualquer substituição de componentes que implique alteração de circuito.

A norma ABNT NBR 5410:2004 é aplicada a todos os tipos de instalações de baixa tensão, tais como (MAMEDE FILHO, 2010).:

- Edificações residenciais e comerciais em geral;
- Estabelecimentos institucionais e de uso público;
- Estabelecimentos industriais;
- Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
- Edificações pré-fabricadas;
- Reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e locais análogos;
- Canteiro de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias.
- Aos circuitos internos de equipamentos que, embora alimentados por meio de instalação com tensão igual ou inferior a 1000 V em CA, funcionam com tensão superior a 1000 V, como é o caso de lâmpadas de descarga, de precipitadores eletromagnéticos etc.;
- A qualquer linha elétrica que não seja especificamente coberta pelas normas dos equipamentos de utilização;
- As linhas elétricas fixas de sinal, relacionadas exclusivamente a segurança e a compatibilidade eletromagnética;
- Instalações de distribuição de energia elétrica e de iluminação pública;
- Instalações de tração elétrica, de veículos automotores, embarcações e aeronaves;
- Instalações em minas;
- Instalações de cercas eletrificadas;

- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que eles não comprometam a segurança das instalações;
- Instalação específica para a proteção contra descargas atmosféricas diretas.

A ABNT NBR 5410:2004 é complementada atualmente por outras normas, como por exemplo, a ABNT NBR 13570:1996 (Instalações elétricas em locais de afluência de público), cujo objetivo é fixar os requisitos exigíveis às instalações elétricas em locais de afluência de público, a fim de garantir o seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e de animais domésticos e a conservação dos bens.

## **2.2 Dados para elaboração do projeto**

Para que o profissional tenha condições de realizar a elaboração de uma planta elétrica, ele deve seguir as orientações e especificações das normas existentes que foram indicadas na seção 2.1 deste trabalho e deve ter acesso aos dados que seguem nos itens subsequentes desta seção.

### **2.2.1 Condições de fornecimento de energia elétrica**

Cabe à concessionária local informar ao cliente as informações que são necessárias ao projeto, que são as seguintes, segundo Mamede Filho (2010):

- Garantia de suprimento da carga, dentro de condições satisfatórias;
- Variação de tensão de suprimento;
- Tensão de fornecimento;
- Tipo de sistema de suprimento: radial, radial com recurso etc.;
- Capacidade de curto-circuito atual e futuro do sistema;

- Impedância reduzida no ponto de suprimento.

### 2.2.2 Características das cargas

De acordo com Mamede Filho (2004, p. 2), estas informações podem ser obtidas junto ao responsável pela edificação, ou por meio do manual de especificações dos equipamentos a serem alocados no ambiente do projeto. Os dados mais relevantes para que possa se caracterizar uma carga são os seguintes:

a) No caso de motores:

- Potência, seja ela em Watts ou cv;
- Tensão ou tensões as quais o motor possa ser ligado;
- Corrente nominal;
- Fator de potência;
- Rotação por minuto (RPM);
- Regime de funcionamento.

b) No caso de bancadas de serviço:

- Quantidade de equipamentos a serem implantadas em cada bancada;
- Potência de cada equipamento em Watts;
- Tensão em que cada equipamento será utilizado;
- Fator de potência referente a cada um dos equipamentos;
- Outras cargas possíveis de serem utilizadas.

A carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, que é fornecida pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência. Pode haver casos em que a

potência especificada no equipamento seja a nominal fornecida, e não a absorvida. Sendo assim leva-se em consideração o rendimento e o fator de potência de tal equipamento (CREDER, 2007).

### **2.3 Elaboração do projeto**

Esta fase do projeto exige um conhecimento técnico e prático junto à estrutura a ser especificada. Segundo Mamede Filho (2010), de forma geral e a título de orientação, podem-se seguir os passos apontados como metodologia racional para a concepção do projeto elétrico, sendo estes.

- Concepção da planta baixa;
- Distribuição dos pontos de tomadas e iluminação;
- Localização dos quadros de distribuição geral;
- Localização dos quadros de distribuição secundária;
- Distribuição dos eletrodutos e condutores;
- Definição do diâmetro dos eletrodutos e condutores;
- Definição da proteção (Disjuntores);
- Lista de materiais.

Para à elaboração do projeto de instalações elétricas, o profissional necessita de plantas e cortes de arquitetura, conhecer a finalidade da instalação, os recursos disponíveis, a localização da rede mais próxima e também as características elétricas da rede (aérea ou subterrânea tensão entre fases ou fase-neutro etc.) (CREDER, 2007).

### 2.3.1 Previsão da carga de iluminação

Mamede Filho (2010, p. 31) apresenta um procedimento para a realização de um projeto de iluminação, que deve ser levado em consideração os seguintes pontos fundamentais:

- Nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
- Distribuição espacial da luz sobre o ambiente;
- Escolha da cor da luz e seu respectivo rendimento;
- Escolha apropriada dos aparelhos de iluminação;
- Tipo de execução das paredes e pisos;
- Iluminação de acesso.

Partilhando da mesma ideia, Creder (2007) também estabelece alguns parâmetros como, por exemplo, a potência das lâmpadas, as perdas, o fator de potência e as características elétricas dos equipamentos auxiliares (reatores). Nos dimensionamentos das cargas de iluminação, instalações residenciais, adotam-se os critérios a seguir:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>, deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- Em ambientes com área superior a 6 m<sup>2</sup>, há um acréscimo de 60 VA para cada aumento de 4 m<sup>2</sup> inteiros.

As potências citadas anteriormente se referem a iluminação incandescente, a qual tem sua equivalência com a fluorescente a partir dos níveis de fluxo luminoso determinada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, juntamente com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, através da portaria nº 143, de 13 de março de 2015. A equivalência entre o modelo tradicional incandescente e lâmpadas fluorescentes com reatores são representadas na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Fluxo luminoso para equivalência de potência

Tipos de lâmpadas	Potência de equivalência Lâmpada incandescente (W)	Potência de equivalência Lâmpada fluorescente (W)
Omnidirecionais (Não direcional) Semi-direcionais	20	5
	25	7
	30	9
	35	10
	40	13
	50	15
	60	16
	70	17
	75	20
	80	23
	90	26
	100	29
	110	31
	120	33
	125	34
	130	37
140	40	
150	41	

Fonte 1: INMETRO (2015).

### 2.3.2 Luminotécnica

De acordo com Creder (2007, p.144), luminotécnica é definida como o estudo de formas de aplicação para a iluminação artificial, e independe se para interiores ou exteriores onde deseja ser realizado o projeto de iluminação, podem fazer a utilização métodos matemáticos que levam em consideração as características do ambiente a ser iluminado e sua destinação de trabalho. Os métodos mais conhecidos de cálculo para a determinação do projeto luminotécnico dos diversos ambientes de trabalho são:

- Método dos lumens;

- Método das cavidades zonais;
- Método do ponto por ponto.

O método dos lumens é de mais fácil resolução, no entanto de menor precisão nos resultados. O método das cavidades zonais é mais criterioso, podendo assim oferecer resultados mais confiáveis. O método ponto por ponto, também conhecido como o método das intensidades luminosas, dá à possibilidade de calcular o iluminamento em qualquer ponto do ambiente do projeto podendo assim designar iluminação diferente em partes do mesmo ambiente de acordo com a necessidade de trabalho a ser realizado (MAMEDE FILHO, 2010).

### **2.3.3 Previsão da carga de tomadas de uso geral**

A norma NBR 5410:2004, traz o subitem para o dimensionamento de tomadas de uso geral 4.2.1.2.3 (Tomadas de uso geral).

a) nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte:

Em banheiros, pelo menos uma tomada junto ao lavatório, desde que observadas as restrições;

Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo uma tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m, deve ser prevista pelo menos uma tomada;

Em *halls*, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas, pelo menos uma tomada;

Nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>, pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6 m<sup>2</sup>, pelo menos uma tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível;

b) nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, às tomadas de uso geral devem ser atribuídas as seguintes potências:

Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por tomada, até três tomadas, e 100 VA, por tomada, para os excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente;

Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

c) em halls de escadaria, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos, tais como, casas

#### **2.3.4 Previsão da carga de tomadas de uso específico**

As tomadas de uso específico (TUE`s) são aquelas destinadas a ligação de equipamentos fixos ou estacionários. A quantidade destas tomadas é contabilizada de acordo com o número de aparelhos a serem alimentados, com uma corrente nominal superior a 10 A (CAVALIN, 2012).

Segundo a interpretação de Creder (2007, p. 63), os pontos de tomadas de uso específico (TUE`s) deverão ter uma potência compatível com o equipamento a ser utilizado. Quando não houver a possibilidade do acesso a potência do equipamento a ser utilizado, caberá então ao projetista estipular para o ponto de tomada, uma potência igual à potência nominal do equipamento mais potente a ser utilizado no ambiente em questão, ou potência determinada a partir da corrente nominal da tomada e da tensão do respectivo circuito. Os pontos de tomada de uso específico devem ser instalados com no máximo 1,5 m do local previsto para instalação do equipamento.



### **2.3.5 Divisão da carga em blocos**

Com base na planta baixa com a disposição dos equipamentos, bancadas e demais acessórios que precisem de energia elétrica, deve-se dividir a carga em blocos. Cada bloco de carga deve obedecer a uma ordem correspondente ao seu quadro de distribuição tendo sua alimentação e proteção individualizadas (Mamede Filho, 2010). Cada aparelho consome uma potência, em Watts ou VA que cabe ao projetista conhecer de antemão para que possa especificar o seu circuito (CREDER, 2007).

Nesta etapa devem ser determinadas as potências instaladas e as potências de alimentação da instalação e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso só poderá ser feito quando todos os pontos de utilização são conhecidos. Muitos deles (geralmente equipamentos de produção e/ou os relacionados com os sistemas de utilidades) já foram determinados na análise inicial. Portanto, agora deverão ser determinados, ou seja, localizados, caracterizados e marcados em planta (COTRIM, 2003).

### **2.3.6 Quadro de distribuição**

É o local onde o projetista aloca toda distribuição da instalação elétrica, ou seja, onde são instalados os dispositivos de proteção. Recebe os condutores do ponto de entrada principal vindo diretamente do medidor. Dele também parte os circuitos esboçados na planta do ambiente, que alimentam as diversas cargas da instalação (lâmpadas, tomadas, condicionador de ar etc.) (CAVALIN, 2012, p. 191).

De acordo com Bertocel (2008, p. 52) o quadro de distribuição deverá:

- Conter um dispositivo de proteção diferencial residual contra choques elétricos;
- Ser instalado em um local de fácil acesso, com proteção adequada as influências externas e local onde haja maior concentração de cargas de potencias levadas;

- Possuir identificação dos circuitos;
- Possuir uma reserva para umas ampliações futuras, compatível com a quantidade e tipo de circuitos previstos inicialmente.

De acordo com a NBR 5410:2004, esta previsão de reserva deve atender os seguintes critérios, de acordo com a tabela 2

Tabela 2 - Circuitos reservas.

<b>Número de circuitos na previsão original</b>	<b>Circuitos reservas (Mínimo)</b>
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
Acima de 30	Mínimo de 15%

Fonte: Bertocel (2008, p. 52).

## 2.4 Dimensionamento de condutores

O dimensionamento dos condutores, segundo Cavalin (2012, p. 234), é um processo que tem como objetivo verificar a seção que atenda às necessidades de corrente elétrica, sem que haja um superaquecimento, cuja queda de tensão esteja sempre dentro dos valores limites normalizados pela NBR 5410:2004. Além disso, deve-se tomar cuidado ao determinar a seção dos condutores para que eles atendam os seguintes critérios:

- A capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas afetadas dos fatores de correção aplicáveis;

- Capacidade de suportar correntes provenientes de condições anormais de operação (ex.: sobrecarga, curto-circuito);
- Os limites de queda de tensão;
- As seções mínimas indicadas na norma;

Além dos critérios já citados, Mamede Filho (2010, p. 70), traz um complemento que levanta a necessidade, dentre outros fatores, do cálculo da corrente de curto-circuito, para prever possíveis acidentes causados por um mau dimensionamento dos condutores, o que representa riscos de incêndios na instalação. Os fatores básicos que envolvem o dimensionamento de um condutor são:

- Tensão nominal;
- Frequência nominal;
- Potência ou corrente da carga a ser suprida;
- Fator de potência da carga;
- Tipo de sistema: monofásico, bifásico ou trifásico;
- Método de instalação dos condutores;
- Natureza de carga: iluminação, motores, capacitores, retificadores etc.;
- Distância da carga ao ponto de suprimento;
- Corrente de curto-circuito.

## **2.5 Dimensionamento de eletrodutos**

O eletroduto, é um elemento da instalação elétrica, cuja finalidade é atender as necessidades do projeto, no que se diz respeito a acomodação e proteção dos condutores. Isso ira de encontro com cada formulação de projeto e suas exigências

diante da segurança e conforto na manutenção. A Figura 1 ilustra algumas configurações de eletrodutos existentes.

Figura 1 - Exemplos de eletrodutos



Fonte: Auttec Materiais Elétricos, 2016.

A princípio, as funções gerais e suas classificações quanto às instalações elétricas são as seguintes:

- Proteção dos condutores contra ações mecânicas e contra corrosão;
- Proteção do meio contra perigos de incêndio, resultantes do superaquecimento dos condutores ou de arcos;
- Metálicos rígidos;
- PVC rígidos;
- Metálicos flexíveis;
- PVC flexíveis.

Assim sendo, Mamede Filho (2010, p. 121.), traz a seguir as formas de utilização dos eletrodutos, complementando a visão de Cavalin (2012, p. 280):

- Dentro de eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares;
- Admite-se a utilização de condutor nu, em eletroduto exclusivo, somente para aterramento;
- O diâmetro externo do eletroduto deve ser igual ou superior a 16 mm;
- Em instalações internas onde não transcorre passagem de veículos pesados, os eletrodutos de PVC devem ser enterrados a uma profundidade de no mínimo 0,25 m;

Os eletrodutos aparentes devem ser firmemente fixados de acordo com uma distância máxima, estipulada pelas Tabelas 3 e 4. É vetado o uso de outros elementos como eletroduto, que não sejam expressamente apresentados comercialmente, além disso, somente devem ser utilizados eletrodutos não propagantes de chamas.

A taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não devem superar os valores a seguir:

- 53% no caso de único cabo ou condutor;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

Tabela 3 - Distância máxima entre elementos de fixação.

<b>Tamanho do eletroduto (in)</b>	<b>Distância máx entre elementos de fixação (m)</b>
$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	3,00
1	3,70
$1 \frac{1}{4}$ - $1 \frac{1}{2}$	4,30
2 - $2 \frac{1}{2}$	4,80
Maior ou igual a 3	6,00

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 121).

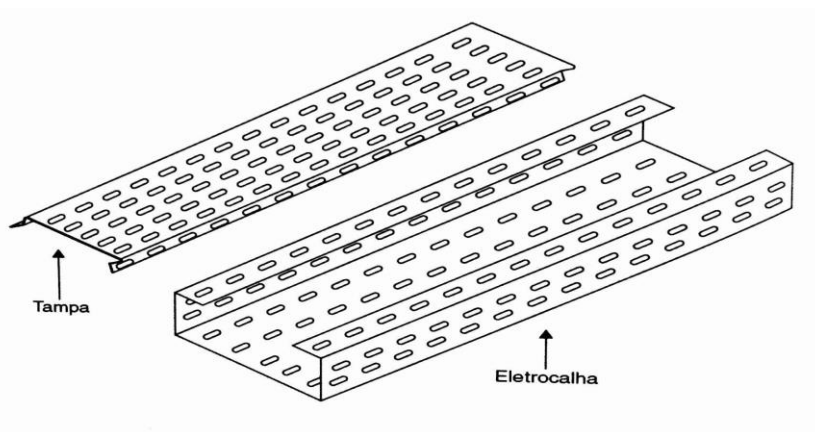
Tabela 4 - Distância máxima entre os elementos de fixação de eletrodutos rígidos isolados.

<b>Diâmetro nominal do eletroduto (mm)</b>	<b>Distância máxima entre elementos de fixação</b>
16 - 32	0,90
40 - 60	1,50
75 - 85	1,80

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 121).

As eletrocalhas são muito utilizadas nas instalações industriais e comerciais, onde se tem a necessidade de alocar uma grande quantidade de cabos. São de fácil manutenção e também são de fácil aplicação e muito flexíveis quanto à expansão no ambiente. Para ilustrar, uma eletrocalha galvanizada perfurada do tipo U é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Eletrocalha perfurada galvanizada tipo U.



Fonte: Mamede Filho (2010, p. 128)

A aplicação destas eletrocalhas deve atender os seguintes princípios (Mamede Filho, 2010, p. 127):

- Nas eletrocalhas, os cabos devem ser alocados, preferencialmente, em uma única camada. Mas, no entanto, a disposição em várias camadas, é permitida desde que os volumes de material não fiquem acima dos limites dos cabos seguindo a ABNT NBR NM IE 60332-3-24:2005;
- É recomendável ocupar a eletrocalha com no máximo 40% de sua área útil. As dimensões típicas de eletrocalhas são dadas na tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento de eletrocalhas (mm).

Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
50	40	1.000
100	40	1.000
150	60	1.000
150	60	2.000
200	60	2.000
300	75	2.000
300	75	3.000
400	75	3.000
500	100	3.000
600	100	3.000

Fonte: Mamede Filho (2010, p.130).

## 2.6 Dimensionamento de disjuntores

A NBR 5410:2004 estabelecem condições que devem ser cumpridas para que haja uma perfeita coordenação entre os condutores vivos de um circuito e o dispositivo que os protege contra correntes de sobrecarga e curtos-circuitos.

A NBR 5410:2004, em seu item 5.3.4, segundo Cavalin (2012), diz que: "devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda a corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que ela possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, aos terminais ou às vizinhanças das linhas".

Em uma instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, é dever do projetista garantir o bom funcionamento do sistema em quaisquer condições de operação, protegendo as pessoas, os equipamentos e a rede elétrica de acidentes provocados por alteração de correntes. Os dispositivos de segurança como os disjuntores termomagnéticos são construídos de modo a atender as exigências da norma ABNT NBR IEC 60947-2:2013.

A norma ABNT NBR IEC 60947-2:2013 se aplica a disjuntores cujos contatos principais são previstos para serem conectados aos circuitos com tensão nominal não superior a 1000 V de corrente alternada ou 1500 V de corrente contínua, contém, também, requisitos adicionais para disjuntores com fusíveis incorporados.

Sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação, exceto na condição indicada a seguir: - um dispositivo com capacidade de interrupção inferior é admitido se outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária for instalado a montante. Nesse caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que deixam passar os dispositivos não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas protegidas por esse dispositivo;

A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual a integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, sendo esta integral de Joule que é uma típica curva do condutor que mostra para cada valor de corrente um valor específico de energia suportada pelo condutor.



## 2.7 Instalação de ar condicionado

As instalações de ar condicionado no Brasil são regidas pela Norma Brasileira NBR 16401:2008 (partes 1, 2 e 3), que estabelece as condições fundamentais para elaboração dos projetos, das especificações e aceitação das instalações.

Condicionar o ar em um ambiente significa adequá-lo a certas condições, compatíveis com o mesmo. Sendo assim, pode-se condicionar o ar para o conforto, para um melhor desempenho dos equipamentos eletrônicos, visando também a durabilidade dos mesmos e processos que necessitem de uma temperatura controlada.

De um modo geral, o condicionamento do ar controla as seguintes propriedades:

- Temperatura;
- Umidade relativa;
- Purificação do ar, quanto a poluição presente no mesmo.

Os seguintes dados são indispensáveis ao projeto de instalação de ar condicionado: Planta de arquitetura, cortes, vistas, número de ocupantes do recinto, posição do sol em face do prédio, fim a que se destina a instalação, local para a casa de máquinas, tipo de introdução de ar e retorno, fontes de calor no recinto, iluminação, cores de paredes, telhados, janelas etc. (CREDER, 2004).

## 2.8 O *software* AltoQi Lumine V4

O *software* Lumine V4 é um programa comercial da empresa AltoQi que dispõe de ferramentas para inserção de pontos elétricos, dispositivos de comando e proteção, quadros e condutos. Com base nos lançamentos realizados dentro da planta, o programa inclui, de uma só vez, os condutores necessários para ligar todos os pontos

do projeto e ainda dispõe de um cadastro de peças que agrupa informações de simbologia, dimensionamento e lista de materiais.

Além de gerar os desenhos com as plantas do projeto, pode-se gerar desenhos adicionais, automaticamente atualizados a qualquer modificação, como listas de materiais, quadros de cargas, legendas, diagramas unifilares e multifilares, todos a partir das plantas lançadas (AltoQi, 2015).

### **2.8.1 Vantagens de utilizar *software* AltoQi Lumine V4**

O Lumine V4 dispõe do dimensionamento, detalhamento das plantas e lançamentos da instalação, dispondo de ferramentas para alocação dos pontos elétricos, dispositivos de comando e proteção, quadros de condutos e inclui de uma só vez, a fiação necessária para ligar todos os pontos do projeto. O programa tem um cadastro de peças, compostas por informações de simbologia, dimensionamento e lista de materiais as quais podem ser alteradas de acordo com a necessidade da instalação (MANUAL LUMINE V4, 2015).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresenta de maneira sucinta os cálculos e elaboração da planta no Lumine V4.

#### 3.1. Lançamento de um novo projeto

Após a abertura do *software*, o primeiro passo para realizar o lançamento de um novo projeto é abrir a caixa de diálogo onde se faz o lançamento da quantidade de pavimentos que tem na estrutura a ser trabalhada, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Caixa de diálogo de lançamento dos pavimentos.

Projeto novo

Modelo: ABNT (Brasil)

	Pavimento	Repetições	Altura (cm)	Nível (cm)	Lance
1	Primeiro Pav. Bloco B	1	350.00	0.00	1
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

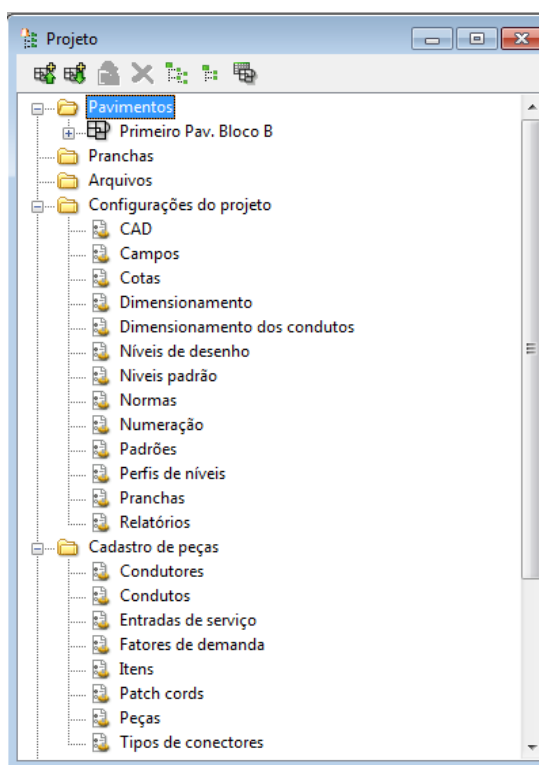
Título: Laboratórios de Automação, Eletrônica e Circuitos. Nível inferior: 0 cm

Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.2 Janela de projeto

A janela de projeto é a parte mais importante do *software*, através dela é possível navegar entre os pavimentos e ambientes de lançamento do Lumine V4. A apresentação dos componentes desta janela é realizada de forma hierárquica, onde se encontra a possibilidade de minimizar ou abrir cada um de seus pontos através dos ícones + e –, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Janela de projeto.



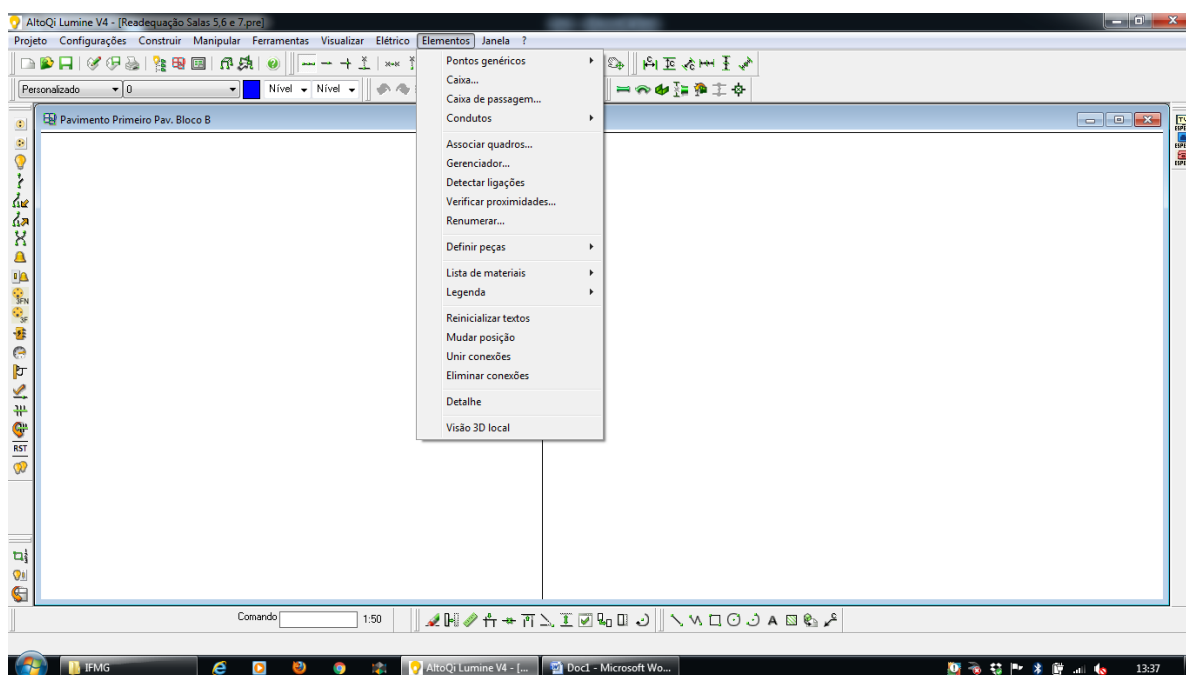
Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.3 Ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho trata-se de uma plataforma básica de Desenho Assistido por Computador (CAD) e de comandos de lançamento dos elementos da instalação. É neste ambiente que se faz todo o lançamento do projeto de instalações

na qual o projetista passa a maior parte do tempo gasto para a elaboração do projeto. Esta área de trabalho é dividida em três partes basicamente como é possível acompanhar na Figura 5, que traz esta divisão em menus, onde estão todos os comandos do *software* Lumine V4, as barras de ferramentas que contém os botões de atalho para alguns dos comandos dos menus e a área de desenho em ambiente CAD.

Figura 5 - Janela do ambiente CAD.



Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.4 Preparação das arquiteturas

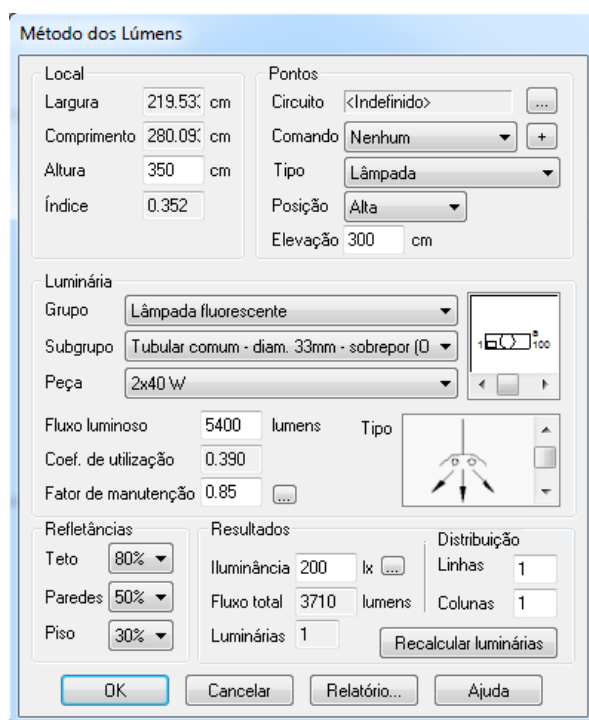
A forma de fazer o lançamento da instalação no Lumine V4 é através da planta baixa digitalizada como visto no anexo H, onde ocorre sua importação, seja em formato DWG ou DXF, sendo está a forma mais simples de se fazer o lançamento do projeto elétrico. Geralmente as plantas arquitetônicas são criadas através do AutoCAD, que é o *software* mais simples e usado, e gera um arquivo DWG facilmente importado para o *software* LumineV4.

Após esta etapa de importação da planta digitalizada, o primeiro passo é apagar todos os elementos que não interessam ao projeto elétrico bem como, converter a planta para a escala que deseja trabalhar, confirmar todas as medidas da planta para que tenha todas as partes desta planta em total conformidade com a escala de trabalho escolhida e, por fim, posicionar a mesma na origem para que se possa iniciar os lançamentos dos pontos elétricos.

### 3.5 Cálculo luminotécnico

O Lumine V4, trabalha com o método dos lumens para o cálculo de fluxo luminoso desejado no ambiente. Este método leva em consideração o fator de utilização que é o fluxo luminoso entregue ao plano de trabalho e o fluxo total que as lâmpadas emitem e o fator de depreciação que consiste na relação do fluxo luminoso emitido por uma lâmpada próximo ao final de sua vida útil. A Figura 6 ilustra a janela de lançamento dos pontos de iluminação.

Figura 6 - Janela de lançamento dos pontos de iluminação.



Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.6 Lançamento dos pontos de tomadas

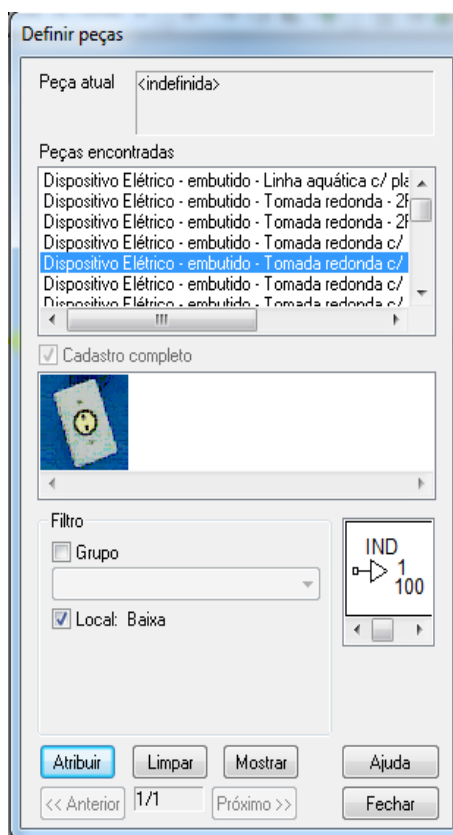
Acessando o menu na sequência, Elétrico – pontos – Tomada, o projetista escolhe o modelo de tomada a ser usada, como mostrado na Figura 7. Vale ressaltar que o projeto segue a inserção de tomadas de acordo com os padrões vigentes da ABNT e define a posição onde será alocada dentro do ambiente, sendo que a posição horizontal e vertical, estipulada de forma pré-definida pelos critérios: posição de piso, baixa, media, alta ou teto.

Tabela 6 - Discriminação de cargas de auto impacto

<b>Equipamento</b>	<b>Potência (W)</b>
Bancada EXTO de potência	7000
Compressor	11000
Ar-condicionado	5000
Bancada de montagem hidráulica	1000
Bancada de montagem pneumática	600
Bancada didática controle de nível	500
Braço robótico	1000
Bancada EXTO programação em PLC	600
Bancada EXTO de sensores	600

Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 7 - Janela de definição de peças.



Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.7 Definindo circuitos

Na Figura 8, é possível visualizar a janela de definição do circuito onde o projetista faz toda a especificação do mesmo atribuindo parâmetros, nos quais o programa irá se basear para dimensionar a bitola do cabo e os componentes de proteção do circuito em questão. Os parâmetros que devem ser alterados de acordo com as necessidades do circuito são: tensão, modelo de instalação como por exemplo modelo B1, o tipo de isolamento e disposição do cabo a ser utilizado no circuito e o modelo de dispositivo de proteção.



Figura 8 - Diálogo de formatação do circuito.

Fonte: Próprio autor, 2016.

### 3.8 Definindo os condutos

Acessando a janela de definição de condutos que tem seu exemplo mostrado na Figura 9, o projetista consegue definir para que tipo de instalação é previsto este conduto, o material com que o mesmo foi construído, seu diâmetro e elevação dentro do ambiente a ser instalado. Neste projeto ficou definido a utilização do eletroduto metálico rígido leve, procurando seguir as estruturas já instaladas no ambiente e o fato de que, pela proteção mecânica de maior eficiência, ele é indicado para instalações aparentes ao contrário do eletroduto rígido de PVC que é indicado geralmente para ser embutido em paredes, piso ou tetos.

Figura 9 - Janela de definição de condutos.

Conduto

Número 1 Repetições 1

Rede Elétrica

Posição Posição Alta

Elevação 250 cm

Peça

Grupo Eletroduto metálico rígido leve

Subgrupo Eletroduto galvan. c/ braçad. cunha

Peça 1"

OK

Cancelar

Ajuda

Fonte: Próprio autor, 2016.

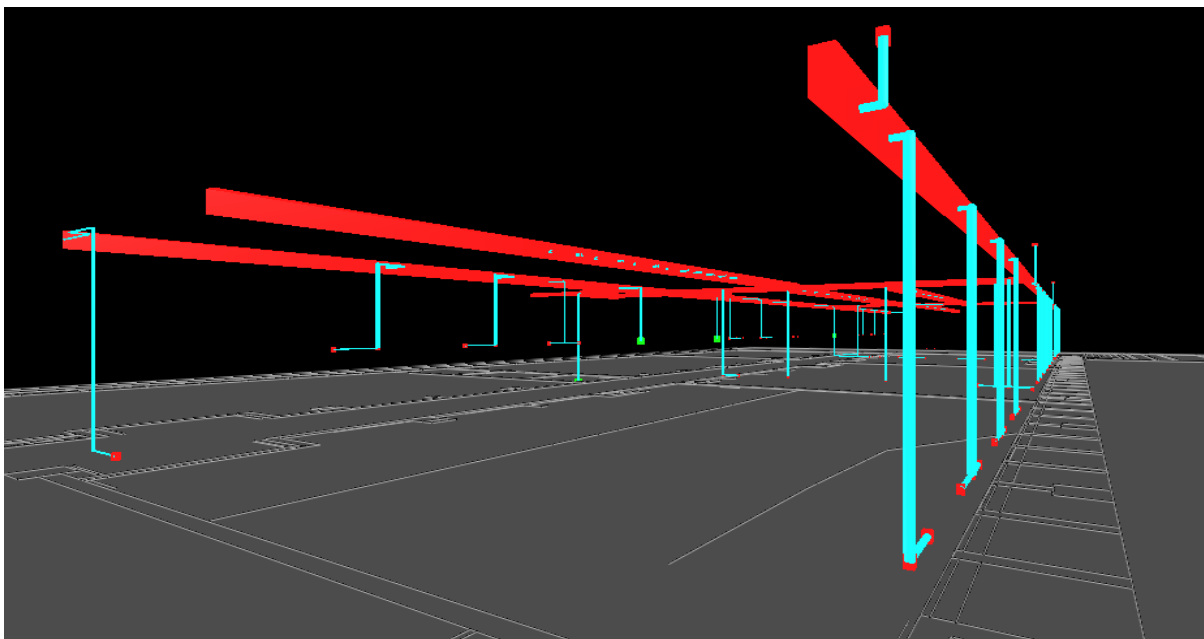
### 3.9 Verificando lançamentos

Após todos os pontos e condutos lançados, é hora de fazer a verificação das ligações entre estes pontos, conferindo se nenhum deles está sem uma associação de circuito ou com comandos incorretos em seus lançamentos. Esta verificação passa por acionar o botão de verificação de traçado, que por sua vez informa ao projetista se há algum dos pontos e condutos lançados de forma equivocada para que o projetista possa corrigir e dar sequência ao projeto.

### 3.10 Visualização tridimensional dos condutos

A visualização tridimensional pode ser feita a partir da sequência de comandos, Menu-Elementos-Visão 3D, e assim o projetista pode ver a posição real do conduto, o que serve também para orienta-lo na montagem de pequenos detalhes conforme Figura 10.

Figura 10 - Visualização dos condutos e eletrocalhas em 3D.



Fonte: Próprio autor, 2016.

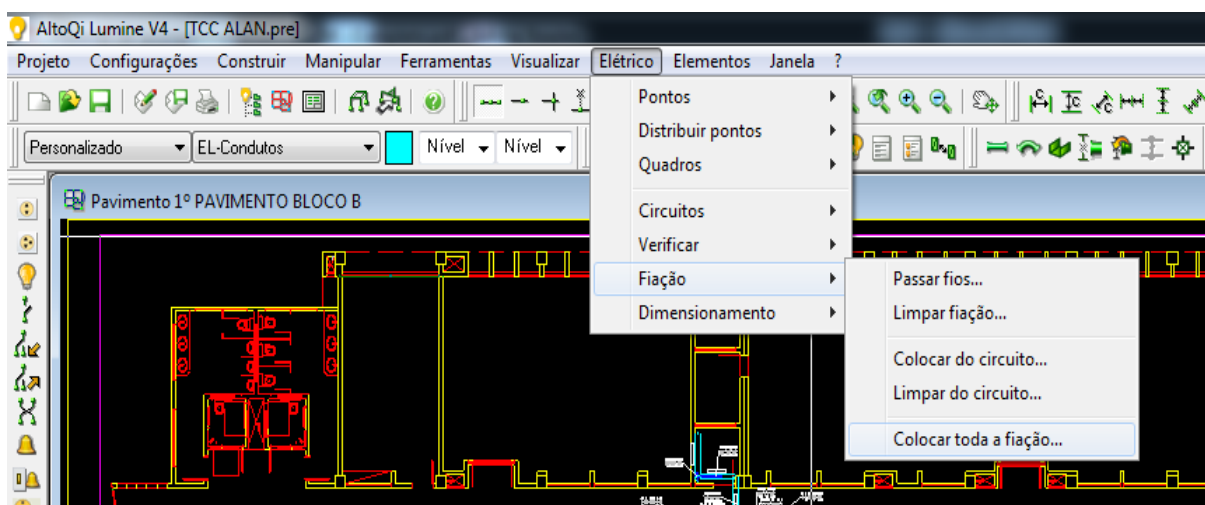
### 3.11 Dimensionamento dos componentes da instalação elétrica

O Lumine V4 utiliza como referência para dimensionamento, as normas estabelecidas pela ABNT NBR 5410:2004. Neste momento, com toda tubulação e pontos já definidos é efetuada a distribuição da fiação e, conseqüentemente, o dimensionamento dos circuitos e condutores.

#### 3.11.1 Condutores

Há uma função específica, como visto na Figura 11, para incluir os condutores necessários no projeto com base nos caminhos detectados pelos condutos lançados entre os pontos. É importante garantir as conectividades corretas entre os elementos, verificando os lançamentos efetuados. Após esta verificação é realizado então o lançamento dos condutores, seguindo os seguintes passos Menu-Elétrico-Fiação-Colocar toda fiação.

Figura 11 - Menu de lançamento de fiação.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Uma vez definida a fiação do projeto, pode-se então realizar o dimensionamento dos circuitos, sendo este referente a seção necessária para que os condutores exerçam sua função sem que excedam sua capacidade de condução, em conformidade com a norma NBR 5410:2004.

A norma NBR 5410:2004 traz a subseção específica para o dimensionamento de condutores, que é a 6.2.5 (capacidade de condução de corrente), onde tratam-se as prescrições destinadas a garantir a vida útil aos condutores e suas isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente, durante períodos prolongados em serviço normal.

Existem, ainda, outras considerações que intervêm na determinação da seção dos condutores partindo também de seções e subseções da ABNT NBR 5410:2004, tais como as prescrições para a proteção contra choques elétricos seção 5.1, a proteção contra efeitos térmicos seção 5.2, a proteção contra sobre corrente seção 5.3, a queda de tensão, subseção 6.2.7 e a subseção 6.2.6.1, que trata-se das seções dos condutores de fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, onde determina que não devem ser inferiores aos valores dados na tabela 6.

Tabela 7 - Seções mínimas dos condutores.

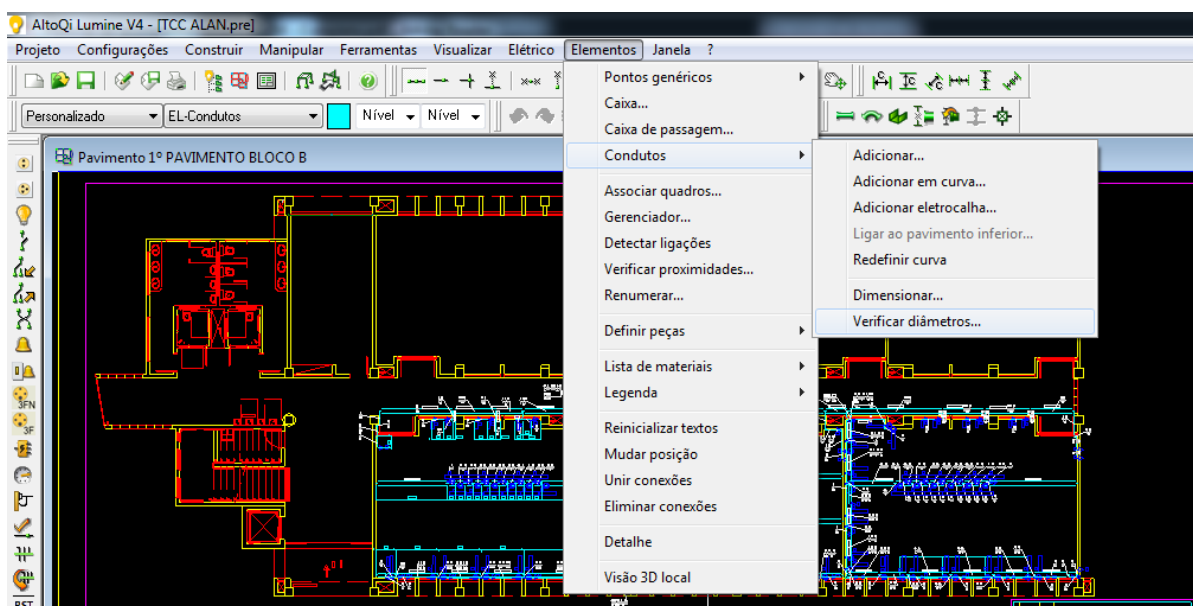
Tipo de instalação		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm <sup>2</sup> ) - material
Instalações fixas em geral	Cabos Isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuito de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuito de sinalização e controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuito de força	10 Cu 16 Al
		Circuito de sinalização e controle	4 Cu
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados		Para um equipamento específico	Norma
		Para qualquer outra tensão	0,75 Cu
		Circuitos para extra baixa tensão	0,75 Cu

Fonte: ABNT NBR 5410:2004.

### 3.11.2 Eletrodutos e eletrocalhas

Após o lançamento, verificação e dimensionamento dos condutores é possível realizar o dimensionamento dos eletrodutos e eletrocalhas. Este procedimento pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Dimensionamento de eletrodutos.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Todo o lançamento e dimensionamento de eletrodutos está sob as exigências da norma NBR 5410:2004. Assim sendo, todos os procedimentos usados pelo Lumine V4 estão baseados nesta norma. A NBR 5410:2004 traz subitens específicos para o dimensionamento de eletrodutos, sendo ele o subitem 6.2.11.1.1, que traz a seguinte abordagem: nos eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento. Outro subitem importante é o 6.2.11.1.2 que diz que as dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir, instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios.

Para isso, é necessário que:

- Não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15 m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3 m para cada curva de 90°.

A respeito das eletrocalhas, a NBR 5410:2004 traz subitens específicos para os seus dimensionamentos, sendo eles o subitem 6.2.11.3 que se trata da disposição dos condutores, por exemplo, em eletrocalhas o que os deixam expostos ao ar livre

(cabos em bandejas, leitos, prateleiras, suportes horizontais ou diretamente fixados a paredes ou tetos). O subitem 6.2.11.3.1 diz que, instalações ao ar livre só devem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares. Já o subitem 6.2.11.3.2 diz que cabos podem ser instalados:

- Fixos a paredes ou tetos, com auxílio de argolas, abraçadeiras ou outros meios de fixação;
- Sobre bandejas, leitos, prateleiras ou suportes.

O subitem 6.2.11.3.3 diz que: os meios de fixação, as bandejas, leitos, prateleiras ou suportes, devem ser escolhidos e dispostos de maneira a eliminar ou minimizar ao máximo a possibilidade de danos aos cabos. Estes devem possuir propriedades que lhes permitam suportar as influências externas a que são submetidos.

O subitem 6.2.11.3.4 diz que: o percurso vertical deve-se assegurar que, os esforços de tração exercidos pelo peso dos cabos não conduzam a deformações ou rupturas dos condutores, tais esforços de tração não devem ser exercidos sobre as conexões.

O subitem 6.2.11.3.5 diz que: nas bandejas, leitos e prateleiras, preferencialmente, os cabos devem ser dispostos em uma única camada. Admite-se, no entanto, a disposição em várias camadas, desde que haja uma limitação de material combustível (isolações, capas e coberturas), de modo a evitar a propagação de incêndio. Para tanto, o volume de material deve ser limitado a:

- 3,5 (volume de material não metálico)  $\text{dm}^3$  / por metro linear, para cabos de categoria BF e CF, tratados na ABNT NBR NM 60332-3-24:2005;
- 7 (volume de material não metálico)  $\text{dm}^3$  / por metro linear, para cabos de categoria AF ou AF/R na ABNT NBR NM 60332-3-24:2005.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Projeto luminotécnico

O método utilizado para os cálculos do projeto luminotécnico, chamado método dos lumens foi utilizado tanto para os cálculos realizados a mão quanto no Lumine V4, assim realizados para efeito de comparação de resultados, visando a necessidade ou não de ampliação do projeto existente.

Para o cálculo do método dos lumens, é necessário a coleta de alguns dados e especificações do ambiente e dos materiais que serão utilizados. Sendo assim, a escolha das luminárias e lâmpadas serão feitas de acordo com as já instaladas no ambiente para que haja material para comparação de resultados e que possa ser determinado a necessidade ou não de uma reestruturação luminotécnica.

Dados para cálculo luminotécnico:

- Lâmpada fluorescente tubular comum 33mm 40 wats TLRS 40/75;
- Luminária de sobrepor para lâmpada fluorescente tubular 2x40 wats;
- Fluxo luminoso por lâmpada = 2700 lumens;
- Altura do plano de trabalho até a luminária 1,70 m;
- Refletância de 80% teto, 50% parede e 30% piso;
- Coeficiente de utilização de 0,74;
- Nível de iluminação de 500 lux;

O fator de depreciação do serviço da luminária (Fdl) pode ser apontado após a análise da Tabela 7 apresentada, que mensura o fluxo luminoso da luminária ao instante de início da manutenção. Este projeto se dá por aparelhos para embutir lâmpadas refletoras que estabelece o  $Fdl = 0,85$ .



Tabela 8 - Fator de depreciação do serviço da luminária.

Tipos de aparelho	Fator de depreciação (d)
Aparelhos para embutir lâmpadas incandescentes Aparelhos para embutir lâmpadas refletoras	0,85
Calha aberta e chanfrada Refletor industrial para lâmpadas incandescente	0,80
Luminária comercial Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	0,75
Refletor parabólico para duas lâmpadas incandescentes Refletor industrial para lâmpadas apor de mercúrio Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta Luminária industrial do tipo miller Luminária com difusor de acrílico Globo de vidro fechado para lâmpada incandescente	0,70
Refletor com difusor plástico Luminária comercial para lâmpada high output colmeia Luminária para lâmpada fluorescente para iluminação indireta	0,60

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 51).

Calculo do fluxo de lumens por luminária.

$$FL = fl \times nll \quad (1)$$

Onde:

- FL – Fluxo por luminária;
- fl – Fluxo por lâmpada;
- nll – Número de lâmpadas por luminária.

Logo:

$$FL = 2700 \times 2 = 5400 \text{ lumens}$$

Cálculo da área do ambiente a ser trabalhado.

$$A = C \times L \quad (2)$$

Onde:

- A – Área;
- C – Comprimento;
- L – Largura;

Logo:

$$A = 10,85 \times 7,10 = 77,035 \text{ m}^2$$

Cálculo do índice de ambiente.

$$K = \frac{A}{(Hpt \times (C+L))} \quad (3)$$

Onde:

- A – Área;
- Hpt – Altura do plano de trabalho;
- C – Comprimento;
- L – Largura;
- K – Índice de ambiente.

Logo:

$$K = \frac{77,035 \text{ m}^2}{(1,70\text{m} \times (10,85\text{m} + 7,10\text{m}))} = 2,5245$$

A partir do valor encontrado para o índice de ambiente (K) e a utilização da Tabela 8 exposta a seguir, é possível determinar o fator de utilização das luminárias (Fu), sendo igual a 0,64.

Tabela 9 - Fatores de utilização para luminárias 2 x 40 wats

ROOM INDEX K	REFLETÂNCIA								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,35	0,28	0,23	0,34	0,27	0,23	0,27	0,23	0,21
0,80	0,42	0,35	0,30	0,41	0,35	0,30	0,34	0,30	0,28
1,00	0,49	0,42	0,37	0,47	0,41	0,36	0,40	0,36	0,34
1,25	0,55	0,48	0,43	0,53	0,48	0,43	0,47	0,42	0,40
1,50	0,60	0,54	0,49	0,58	0,52	0,48	0,51	0,48	0,45
2,00	0,67	0,61	0,57	0,65	0,60	0,56	0,59	0,56	0,53
2,50	0,71	0,67	0,63	0,69	0,65	0,62	0,64	0,61	0,59
3,00	0,74	0,70	0,67	0,72	0,69	0,66	0,68	0,65	0,63
4,00	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,72	0,70	0,68
5,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,75	0,73	0,71

Fonte: Cotrim (2003, p. 635).

Após a determinação de todos os índices necessários, é possível então definir qual o fluxo total (Ft), que atenda o ambiente de forma adequada através da equação 4.

$$Ft = \frac{(A \times Ni)}{(Fu \times Fdl)} \quad (4)$$

$$Ft = \frac{(77.035 \times 500)}{(0,71 \times 0,85)} = 63823,52 \text{ Lumens}$$

Onde:

- Ft – Fluxo total;
- Ni – Nível de iluminamento;
- A – Área;
- Fu – Fator de utilização;
- Fdl – Fator de depreciação da luminária.

E por fim, é possível calcular a quantidade de luminárias para o ambiente.

$$Ntl = \frac{Ft}{FL} \quad (5)$$


$$Ntl = \frac{63823,52}{5400} = 11,819$$

O número necessário em cada sala é de 12 luminárias com 2 lâmpadas de 40 wats por luminária.

De acordo com os cálculos realizados utilizando o método dos lumens, e os resultados obtidos através do *software* Lumine V4, como se pode verificar na Figura 13, é possível afirmar que o atual projeto luminotécnico é suficiente para atender as necessidades das novas instalações propostas para o ambiente.

Figura 13 - Planilha de cálculo luminotécnico

**Cálculo Luminotécnico (Laboratórios)**

Luminária					
Grupo		Subgrupo		Peça	
Lâmpada fluorescente		Tubular comum - diam. 33mm - embutir (Osram)		2x40 W	
Fluxo luminoso (lumens)	Tipo C2				
5400.00	Luminária sobrepor com plafonier para lâmpada fluorescente - teto				
Dados do local (cm)			Índice do local	Área do recinto (m <sup>2</sup> )	Tipo de iluminação
Largura	Comprimento	Altura útil			
700.00	1085.00	170.00	2.503	75.95	Direta
Manutenção			Refletâncias		
Ambiente	Período (h)	Fator	Teto	Parede	Piso
Normal	5000	0.85	80%	50%	30%
Fluxo total			Resultados		
Nível de iluminamento (lx)	Coefficiente de utilização	Fluxo total (lumens)	Nº de luminárias	Linhas	Colunas
500.00	0.74	64800.00	12	3	4

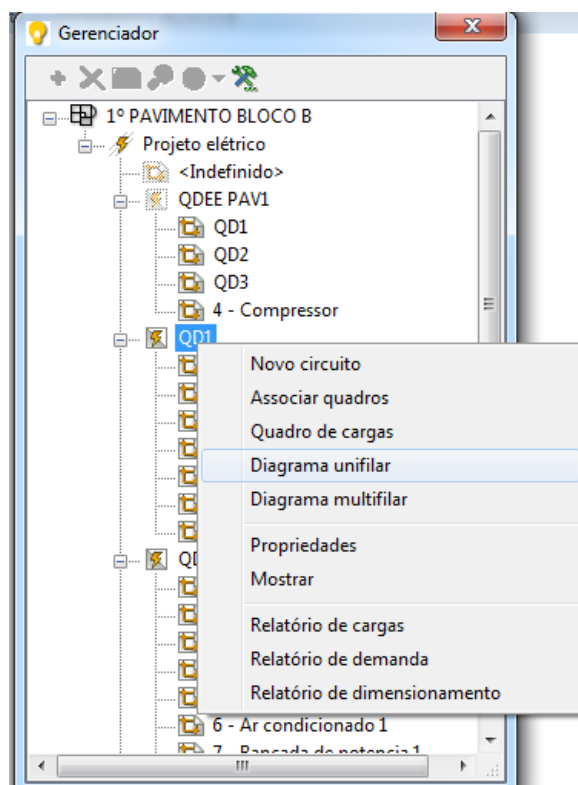
Fonte: Próprio autor, 2016.

## 4.2 Divisões dos circuitos

A instalação foi dividida, de acordo com a necessidade, em vários circuitos, e estes foram criados de forma que, caso haja a necessidade de uma intervenção em algum dos circuitos, eles poderão ser desenergizados sem que afetem os demais, fazendo com que o ambiente não fique totalmente desprovido de alimentação elétrica. Esta divisão foi realizada de maneira a garantir, segurança e facilidade na manutenção.

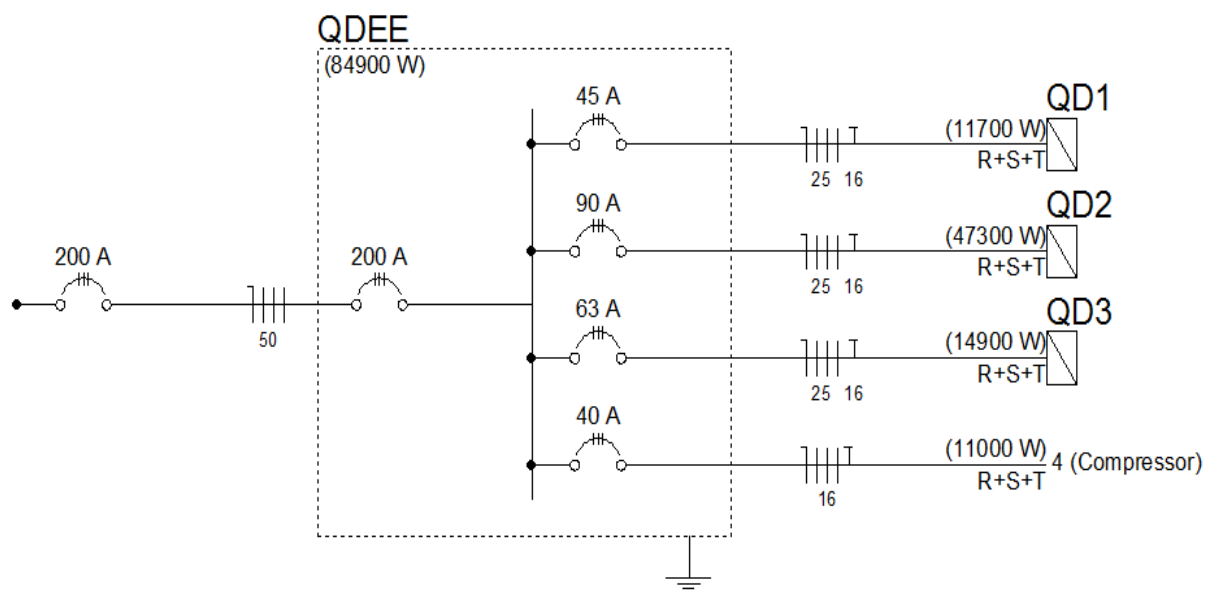
Foi utilizado um dos comandos do Lumine V4 como visto na Figura 14, para gerar os diagramas unifilares da distribuição de circuitos, que se originam do quadro de distribuição principal do primeiro pavimento do bloco B, até o quatro de Distribuição 1 (QD1) do laboratório de Eletrônica, Quadro de Distribuição 2 (QD2) para laboratório de Circuitos Elétricos e Quadro de Distribuição 3 (QD3) para laboratório de Automação. Os diagramas unifilares dos quadros de distribuição estão representados através das Figuras 15, 16 e 17.

Figura 14 - Comando de geração para diagramas



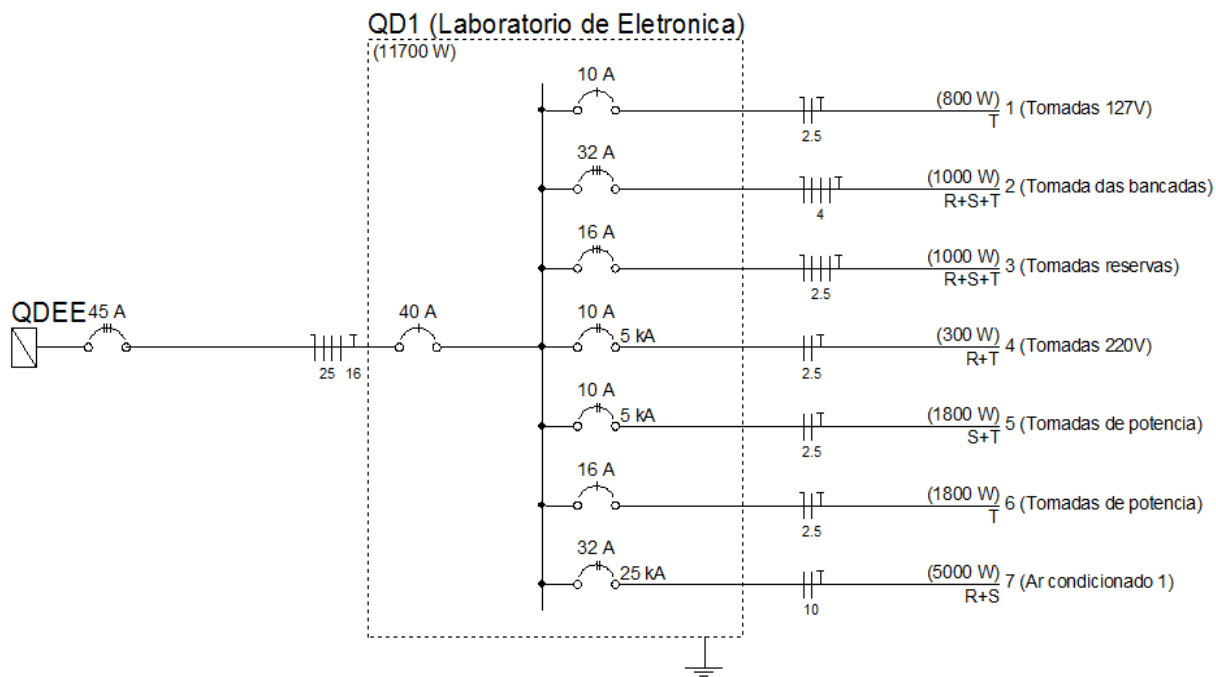
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 15 - Diagrama unifilar divisão dos circuitos alimentação principal



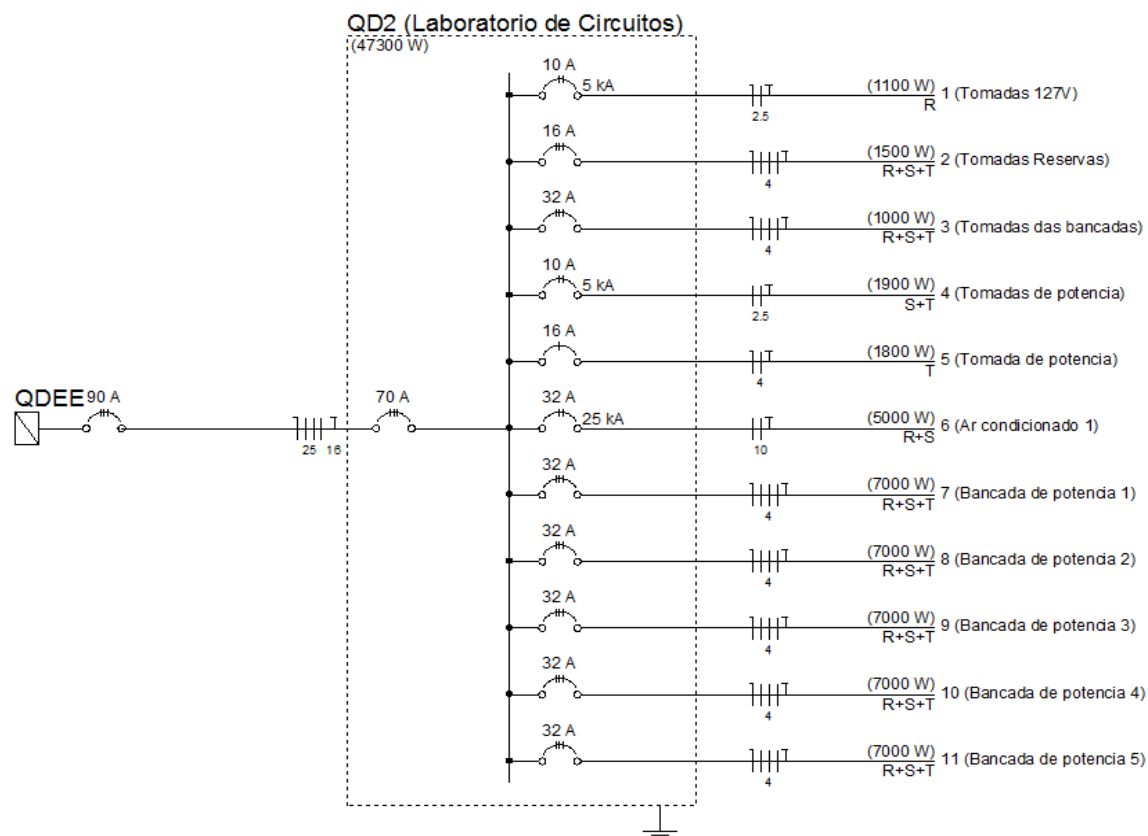
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 16 - Diagrama unifilar divisão dos circuitos laboratório de eletrônica



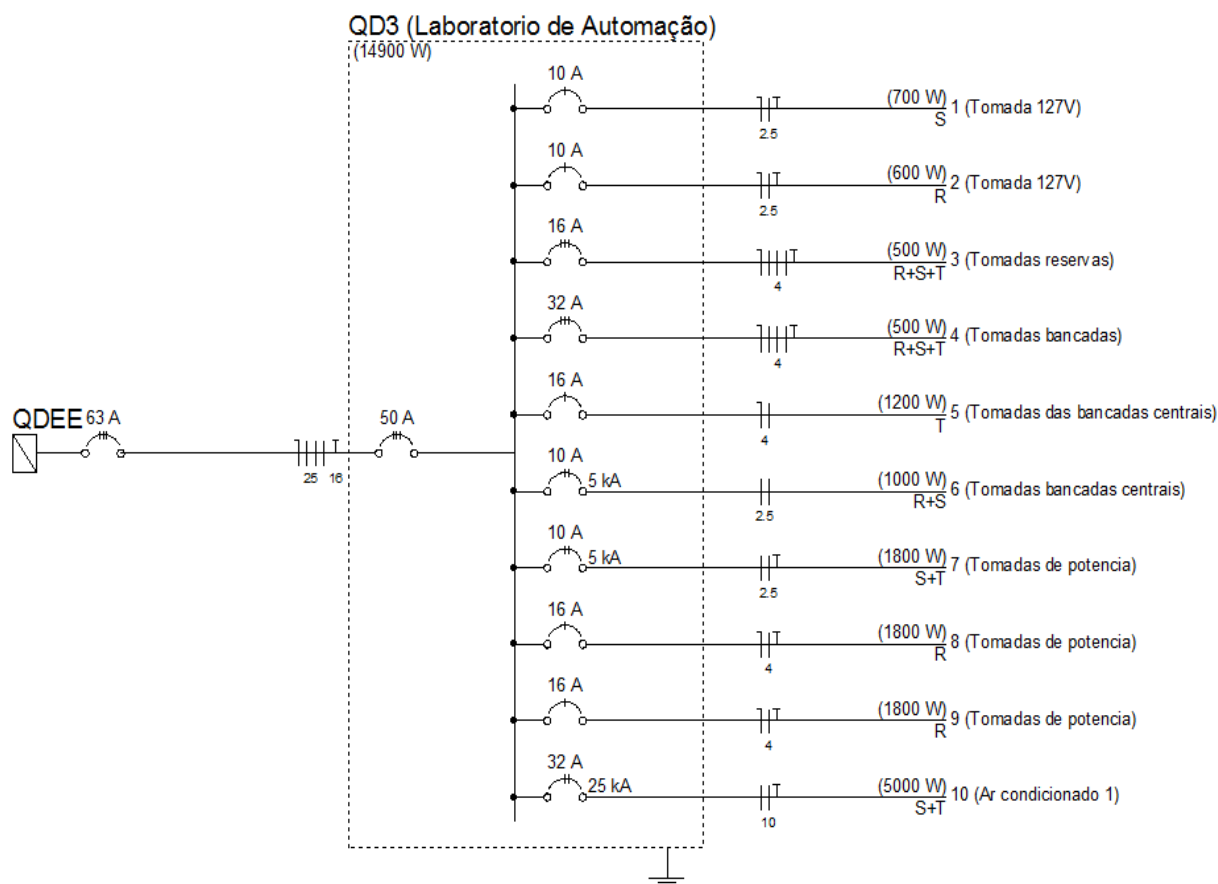
Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 17 - Diagrama unifilar divisão dos circuitos laboratório de circuitos



Fonte: Próprio autor, 2016

Figura 18 - Diagrama unifilar divisão dos circuitos laboratório de automação



Fonte: Próprio autor, 2016.

### 4.3 Especificação dos condutores e dispositivos de proteção

Para a especificação dos condutores e dispositivos de proteção, foi necessário apresentar ao *software* os seguintes dados:

- Alimentação trifásica mais neutro, fases R+S+T;
- Tensões fase-neutro de 127V, fase-fase de 220V e trifásica-neutro 220V;
- Fator de potência (fp) estipulado para o mínimo de 0,92;
- O tipo de cabo a ser utilizado no circuito;
- O tipo de isolamento do cabo a ser utilizado no circuito;
- Método de instalação, que neste caso foi utilizado B1.



Estes dados aliados a divisão de carga, dá ao *software* as condições para que possa realizar a especificação dos condutores e dispositivos de proteção. Desta forma o *software* proporciona a visualização dos resultados em relatórios com todas as especificações necessárias, para que o projetista possa estabelecer o melhor cenário para esta instalação.

Os relatórios que são apresentados a seguir nas Figuras 18, 19 e 20, ilustram os circuitos de alimentação que parte do quadro de distribuição geral do primeiro pavimento bloco B, até os quadros de distribuição dos laboratórios de Eletrônica, Circuitos Elétricos e Automação, Assim constam todas as especificações dos condutores de fase, neutro, terra e também as especificações das proteções, cargas e correntes de projeto.

Figura 19 - Relatório de dimensionamento Laboratorio de Eletrônica

Relatório de Dimensionamento

Circuito: QD1 - Laboratorio de Eletronica				Quadro QDEE PAV1 (1º PAVIMENTO BLOCO B)		
Alimentação 3F+N(R+S+T)	Tensão F-N: 127 V / F-F: 220 V	FP 0.91	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 0.52	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
Potência instalada (VA) Potência demandada (VA)	R	S	T	Total		
	4172.51 4172.51	5005.85 5005.85	5283.63 5283.63	14461.99 14461.99		
Corrente (A)	36.44	44.01	43.02	Projeto (Ip) 44.01	Projeto (Ib) 44.01	Corrigida (Id) =Ip/(FCx FCT) 44.01
Critérios de cálculo (Dimensionamento da fiação)						
Seção mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condução de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)	Concessionária	Queda de tensão			
Utilização: Alimentação Seção: 2.5 mm <sup>2</sup>	Método de instalação: B1 Seção: 6 mm <sup>2</sup> Cap. Condução (Iz): 48.00 A	Fornecimento: Seção: 35 mm <sup>2</sup> Disjuntor: 0 A	dV% parcial admissível: 4.00 %		25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
			dV% parcial	dV% total	0.00 %	0.00 %
Dimensionamento da proteção (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)		Condutor				
Ib < In < Iz (25 mm <sup>2</sup> ) 44.0 < 50.0 < 60.8	Ib < In < Iz (35 mm <sup>2</sup> ) 44.0 < 50.0 < 74.9	Cabo Unipolar (cobre) Isol.HEPR - ench.PVC flexível - 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette)				
Dispositivo de proteção		Seção				
Disjuntor tripolar termomagnético (220 V/127 V) - DIN Corrente de atuação: 50.00 A		Fase 35 mm <sup>2</sup>	Neutro 35 mm <sup>2</sup>	Terra 16 mm <sup>2</sup>		
Capacidade de condução (Fase): 144.00 A						

Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 20 - Dimensionamento do quadro de distribuição secundário QD2.

## Relatório de Dimensionamento

Circuito: QD2 - Laboratorio de Circuitos				Quadro QDEE PAV1 (1º PAVIMENTO BLOCO B)		
Alimentação 3F+N(R+S+T)	Tensão F-N: 127 V / F-F: 220 V	FP 0.92	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 0.54	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
Potência instalada (VA) Potência demandada (VA)	R 6619.88 6619.88	S 5675.44 5675.44	T 4119.88 4119.88	Total 16415.20 16415.20		
Corrente (A)	55.51	49.35	33.72	Projeto (Ip) 55.51	Projeto (Ib) 55.51	Corrigida (Id) =Ip/(FCxFACT) 55.51
<b>Critérios de cálculo (Dimensionamento da fiação)</b>						
Seção mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condução de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)	Concessionária	Queda de tensão			
Utilização: Alimentação Seção: 2.5 mm <sup>2</sup>	Método de instalação: B1 Seção: 10 mm <sup>2</sup> Cap. Condução (Iz): 66.00 A	Fornecimento: Seção: 25 mm <sup>2</sup> Disjuntor: 0 A	dV% parcial admissível: 4.00 %			
			dV% parcial	10 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	
			dV% total	0.00 %	0.00 %	
<b>Dimensionamento da proteção (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)</b>			<b>Condutor</b>			
Ib < In < Iz (10 mm <sup>2</sup> ) 55.5 < 60.0 < 35.6	Ib < In < Iz (25 mm <sup>2</sup> ) 55.5 < 60.0 < 63.2	Cabo Unipolar (cobre) Isol.HEPR - ench.PVC flexível - 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette)				
Dispositivo de proteção			Seção			
Disjuntor tripolar termomagnético (220 V/127 V) - DIN Corrente de atuação: 60.00 A			Fase 25 mm <sup>2</sup>	Neutro 25 mm <sup>2</sup>	Terra 16 mm <sup>2</sup>	
			Capacidade de condução (Fase): 117.00 A			

Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 21 - Dimensionamento do quadro de distribuição secundário QD3.

## Relatório de Dimensionamento

Circuito: QD3 - Laboratorio de Automação				Quadro QDEE PAV1 (1º PAVIMENTO BLOCO B)		
Alimentação 3F+N(R+S+T)	Tensão F-N: 127 V / F-F: 220 V	FP 0.91	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 0.50	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
Potência instalada (VA) Potência demandada (VA)	R 6614.04 6614.04	S 4947.37 4947.37	T 5725.15 5725.15	Total 17286.55 17286.55		
Corrente (A)	52.76	44.23	49.68	Projeto (Ip) 52.76	Projeto (Ib) 52.76	Corrigida (Id) =Ip/(FCxFACT) 52.76
<b>Critérios de cálculo (Dimensionamento da fiação)</b>						
Seção mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condução de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)	Concessionária	Queda de tensão			
Utilização: Alimentação Seção: 2.5 mm <sup>2</sup>	Método de instalação: B1 Seção: 10 mm <sup>2</sup> Cap. Condução (Iz): 66.00 A	Fornecimento: Seção: 35 mm <sup>2</sup> Disjuntor: 0 A	dV% parcial admissível: 4.00 %			
			dV% parcial	10 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	
			dV% total	0.00 %	0.00 %	
<b>Dimensionamento da proteção (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)</b>			<b>Condutor</b>			
Ib < In < Iz (10 mm <sup>2</sup> ) 52.8 < 60.0 < 33.0	Ib < In < Iz (35 mm <sup>2</sup> ) 52.8 < 60.0 < 72.0	Cabo Unipolar (cobre) Isol.HEPR - ench.PVC flexível - 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette)				
Dispositivo de proteção			Seção			
Disjuntor tripolar termomagnético (220 V/127 V) - DIN Corrente de atuação: 60.00 A			Fase 35 mm <sup>2</sup>	Neutro 35 mm <sup>2</sup>	Terra 16 mm <sup>2</sup>	
			Capacidade de condução (Fase): 144.00 A			

Fonte: Próprio autor, 2016.

#### 4.4 Dimensionamento de proteção dos circuitos

Para que o *software* Lumine V4 possa trabalhar este dimensionamento, ele necessita de uma entrada de dados, das seguintes especificações:

- Tensão que o circuito irá trabalhar;
- Seu fator de potência;
- A carga prevista que será alimentada por ele;
- O modelo do dispositivo de proteção;
- O tipo de cabo a ser utilizado no circuito;
- O tipo de isolamento do cabo a ser utilizado no circuito;
- Método de instalação que neste caso foi utilizado B1.

Estes dados aliados à associação de pontos realizada pelo projetista ao circuito em questão, refletem ao *software* as condições para que possa realizar o dimensionamento das proteções dos circuitos onde ele gera para o projetista diagramas multifilares os quais podem ser vistos no Anexo C.

#### 4.5 Legenda, planta baixa, diagrama unifilar e lista de matérias

A planta é fundamental para à execução do projeto, ela traz a orientação correta de posicionamento dos componentes a serem instalados, o que facilita para os profissionais responsáveis pela execução do projeto. Assim, ela tem que ser de fácil entendimento e ter suas localizações bem definidas para que não ocorra nenhum engano durante sua execução.

Após todos os lançamentos e cálculos realizados, disponibiliza-se através do Lumine V4 um conjunto de plantas nas quais constam toda a especificação necessária para execução do projeto, além de disponibilizar plantas de detalhes e uma visão 3D

do ambiente da instalação. As plantas geradas do projeto, juntamente com sua legenda, quadro de carga, quadro de demanda e lista de materiais estão exibidas nos anexos, e foram confeccionadas seguindo todas as especificações da NBR 5410:2004, e as condições do ambiente visando a otimização da planta em relação ao custo benefício.

## 5 CONCLUSÃO

Como em qualquer projeto, independente da metodologia que se utiliza para sua elaboração, o foco é sempre na qualidade do produto final. Ao considerar o resultado do projeto desenvolvido através do *software* Lumine V4, e os resultados obtidos diante do projeto elétrico realizado, foram consistentes para a aprovação do mesmo como um projeto sugestivo aos laboratórios do Instituto Federal de Minas Gerais – Campos Formiga, sendo este realizado através de uma ferramenta computacional. Contudo, para esta elaboração, o projetista teve a necessidade de estudar e aprimorar suas habilidades diante desta ferramenta computacional, obtendo assim conhecimentos técnicos e habilidade de manuseio do *software*, o que acarreta em uma maior velocidade na elaboração do projeto, através de suas funções automáticas de criação de quadros de cargas, lista de materiais, cálculos de dimensionamentos, e criação dos documentos do projeto.

O projeto exige um bom senso do projetista. O uso do *software* é tratado como uma ferramenta auxiliar, o que torna as etapas mais práticas e rápidas, porém não se elabora o projeto por inteiro no *software*, ele é apenas mais uma ferramenta utilizada com a intervenção do projetista. O projeto de tomadas tanto de uso geral como para tomadas de uso específico exige muito do projetista e o estimula a analisar possíveis situações no uso futuro das instalações sabendo que esta pode vir a destinar-se a outras funções, e não só estes exemplos citados, mas todos os trabalhos no projeto.

Um projeto de instalações elétricas quando criado especificamente para atender uma determinada instalação é único, mas cada situação encontrada no processo de elaboração traz ao profissional, experiência para lidar com as adversidades da profissão ao longo da carreira, tendo em vista que para grande parte das adversidades podem ter várias soluções e cabe ao projetista a responsabilidade de escolher a melhor alternativa.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5410:** Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução nº. 414. atualizada pela REN 499/2012.** Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 01/05/2016.

AUTTEC MATERIAIS ELÉTRICOS. Disponível em: <[http://www.auttecmateriaiseletricos.com.br/site/index.php?MODULE=descricao\\_menu&COD\\_MENU=018](http://www.auttecmateriaiseletricos.com.br/site/index.php?MODULE=descricao_menu&COD_MENU=018)>. Acesso em: 21 out. 2016.

BERTOCEL, Andréa B. **Instalações Elétricas Prediais.** Rio de Janeiro. SENAI 2008. 58 p. Apostila.

CAVALIN, G. CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais.** 21.ed. Rio de Janeiro: Editora Érica, 2012.

COTRIM, Ademaro. **Instalações Elétricas Prediais.** 4.ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2003.

COTRIM, Ademaro. **Instalações Elétricas Prediais.** 5.ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2008.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas.** 15ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CREDER, Hélio. **Instalações de ar condicionado.** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.  
LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais.** 10.ed. Editora Érica. São Paulo. 2006.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDUSTRIA E COMERCIO EXTERIOR. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002234.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016

NEGRISOLI, Manoel. **Instalações Elétricas Projetos Prediais em Baixa Tensão.** 3.ed. Editora Edgar Blücher Ltda. 2010;

Ozur, F. S; Pereira, T. H.; Correa, Joana D'Arque da Silva. **Controle de Demanda de Energia Elétrica.** Centro Universitário de Belo Horizonte. UNIBH. 2011. 12 p. Apostila.

## ANEXO A - LISTA DE MATERIAIS

Tabela 10 - Lista de materiais

<b>Elétrica - Acessórios uso geral</b>	
Arruela de pressão galvan. 1/4"	16 pç
Arruela lisa galvan. 1/4"	439 pç
Arruela lisa galvan. 3/8"	55 pç
Arruela lisa galvan. 5/16"	1 pç
Bucha de nylon S10	15 pç
Bucha de nylon S6	92 pç
Distanciador baixo p/ tirante 38mm	15 pç
Parafuso fenda galvan. cab. Panela 4,2x32mm autoatarrachante	76 pç
Parafuso fenda galvan. cab. Panela 4,8x45mm autoatarrachante	16 pç
Parafuso galvan. cab. sext. 3/8"x2.1/2" rosca total	55 pç
Parafuso galvan. cab. sext. 5/16"x2.2" rosca soberba	15 pç
Parafuso galvan. cabeça lentilha 1/4"x5/8" máquina rosca total	160 pç
Porca sextavada galvan. 1/4"	279 pç
Porca sextavada galvan. 3/8"	55 pç
Suporte para cabo de aço 38x90mm	55 pç
Vergalhão galvan. rosca total 1/4"x(comp. p/ proj.)	70 pç
<b>Elétrica - Cabo unipolar (cobre)</b>	
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 10 mm <sup>2</sup>	139,50 m
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 16 mm <sup>2</sup>	40,50 m
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 2.5 mm <sup>2</sup>	721,20 m
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 25 mm <sup>2</sup>	124,40 m
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 35 mm <sup>2</sup>	37,50 m
Isol.HEPR ench. PVC flexível 0,6/1kV (ref. Pirelli Eprotenax Gsette) 4 mm <sup>2</sup>	1365,60 m
<b>Elétrica - Dispositivo elétrico sobrepor</b>	
Colunete de altura variável 3,8 m	22 pç
Tomada de sobrepor blindada 2P+T 16A	3 pç
Tomada de sobrepor blindada 3P+T 16A	30 pç
Tomada de sobrepor blindada 4P+T 16A	30 pç
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	51 pç
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	18 pç

Continuação

<b>Elétrica - Dispositivo de proteção</b>	
Disjuntor Tripolar Termomagnético norma DIN 150A	1 pç
Disjuntor Tripolar Termomagnético norma DIN 16A	3 pç
Disjuntor Tripolar Termomagnético norma DIN 32A	8 pç
Disjuntor Tripolar Termomagnético norma DIN 50A	2 pç
Disjuntor Tripolar Termomagnético norma DIN 63A	1 pç
Disjuntor Unipolar Termomagnético norma DIN 10 A	4 pç
Disjuntor Unipolar Termomagnético norma DIN 16 A	5 pç
Disjuntor Unipolar Termomagnético norma DIN 50 A	1 pç
Disjuntor bipolar termomagnético (220 V/127 V) DIN 10 A 5kA	4 pç
Disjuntor bipolar termomagnético (220 V/127 V) DIN 20 A 25kA	1 pç
Disjuntor bipolar termomagnético (220 V/127 V) DIN 32 A 25kA	3 pç
Interruptor bipolar DR (fase/fase In 30mA) DIN 100 A	1 pç
<b>Elétrica - Eletrocalha furada tipo U prégalv. Quen. com septo divisor.</b>	
Eletrocalha perfurada tipo U 200x100mm chapa 18	150,90 m
Suporte vertical 120x175mm	70 pç
Tala plana perfurada 100mm	18 pç
Tampa pressão 200mm chapa 24	125,60 m
Tampa tipo U 200mm chapa 24	25,30 m
<b>Elétrica - Eletroduto metálico rígido leve</b>	
Braçadeira galvan. tipo cunha 1"	8 pç
Braçadeira galvan. tipo cunha 1.1/4"	34 pç
Braçadeira galvan. tipo cunha 2"	5 pç
Braçadeira galvan. tipo cunha 3/4"	29 pç
Eletroduto galvanizado, vara 3,0m 1"	14,40 m
Eletroduto galvanizado, vara 3,0m 1.1/4"	38,80 m



Continuação

Eletroduto galvanizado, vara 3,0m 2"	7,70 m
Eletroduto galvanizado, vara 3,0m 3/4"	78,00 m
<b>Elétrica - Quadro distrib. chapa pintada sobrepor</b>	
Barr. trif., disj. geral, DIN (Ref. Moratori) <b>Cap. 40 disj. unip. In barr. 150 A</b>	3 pç
Barr. trif., disj. geral, DIN (Ref. Moratori) <b>Cap. 50 disj. unip. In barr. 225 A</b>	1 pç

Fonte: Próprio autor, 2016.

## ANEXO B – QUADRO DE CARGAS

Figura 22 - Quadro de carga (Quadro de distribuição principal).

### Quadro de Cargas (QDEE)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	V (V)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot - R (W)	Pot - S (W)	Pot - T (W)	FCT	FCA	In' (A)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Ic (A)	Disj (A)
					11000												
QD1	Laboratório de Eletrônica	3F+N+T	B1	220 / 127 V		13000	11700	R+S+T	3317	4067	4317	1.00	0.52	40.2	25	117.0	45.0
QD2	Laboratório de Circuitos	3F+N+T	B1	220 / 127 V		52554	47300	R+S+T	15700	18150	15450	1.00	0.50	43.8	25	117.0	90.0
QD3	Laboratório de Automação	3F+N+T	B1	220 / 127 V		18556	14900	R+S+T	5033	4933	4933	1.00	0.50	48.4	25	117.0	63.0
4	Compressor	3F+N+T	B1	220 / 127 V	1	15233	11000	R+S+T	3667	3667	3667	1.00	0.52	78.9	18	88.0	40.0
TOTAL					1	99405	84900	R+S+T	27717	28817	28367						

Fonte: Próprio autor, 2016.

## ANEXO C – DEMANDA TOTAL DE CARGA










Tabela 11 - Demanda total do projeto.

Tipo de carga	Potência instalada (Kva)	Fator de demanda (%)	Demanda (Kva)
Uso específico	35.90	100	35.90
Iluminação e TUG`s	5.89	100	5.89
Condicionador de ar	17.22	100	17.22
Total			59.01

Fonte: Próprio autor, 2016.

## ANEXO D - LEGENDAS

Figura 23 - Legendas da planta elétrica

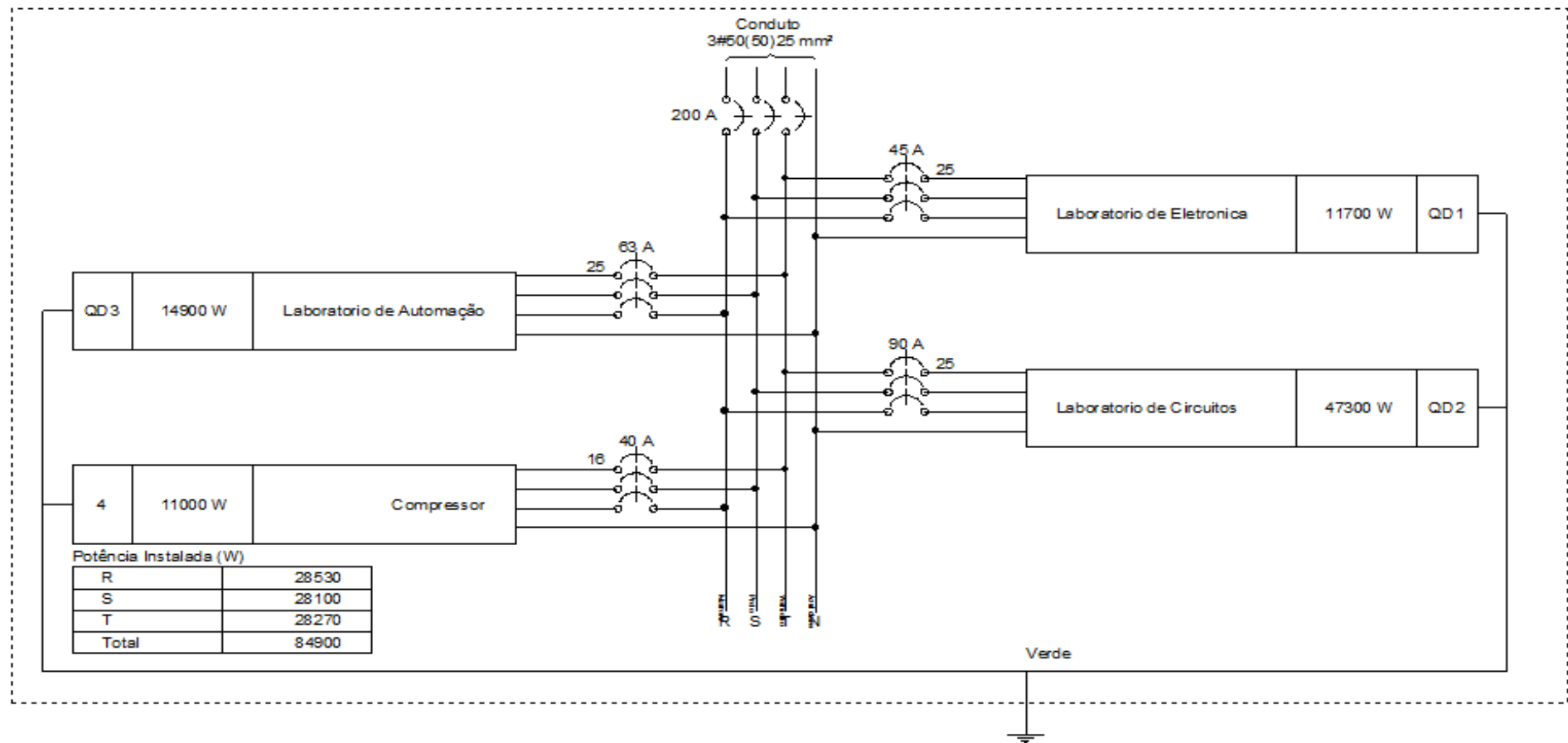
<b>Legenda</b>	
 <b>4</b> <b>BR4T</b>	Ponto 3P+T a 0,30m do piso
	Quadro de distribuição - sobrepor a 1,50m do piso
<b>2PT-20A</b>  <b>10</b> <b>5000</b>	Tomada blindada 2P+T a 0,30m do piso
<b>3PT-16A</b>  <b>3</b>	Tomada blindada 3P+T a 0,30m do piso
<b>4PT-32A</b>  <b>3</b>	Tomada blindada 4P+T a 0,30m do piso
 <b>7</b> <b>600</b>	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 1,10m do piso
 <b>2</b>	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 2,20m do piso
 <b>5</b> <b>2PT</b>	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A no colunete
 <b>1</b>	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 20 A a 2,20m do piso

Fonte: Próprio autor, 2016.

## ANEXO E – DIAGRAMAS MULTIFILAR QDEE, QD1, QD2 E QD3

Figura 24 - Diagrama multifilar alimentação principal

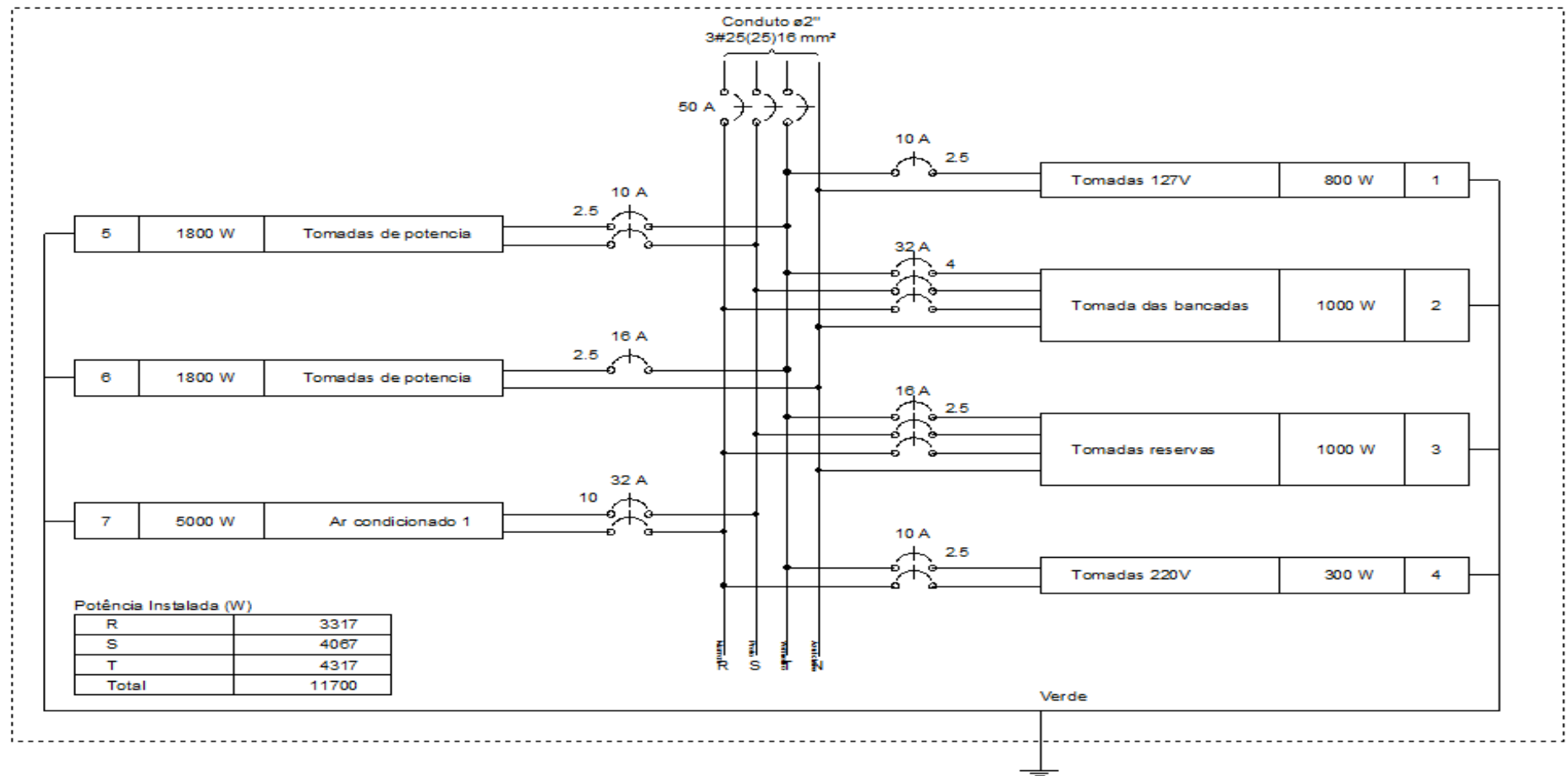
QDEE



Fonte: Próprio autor, 2016.

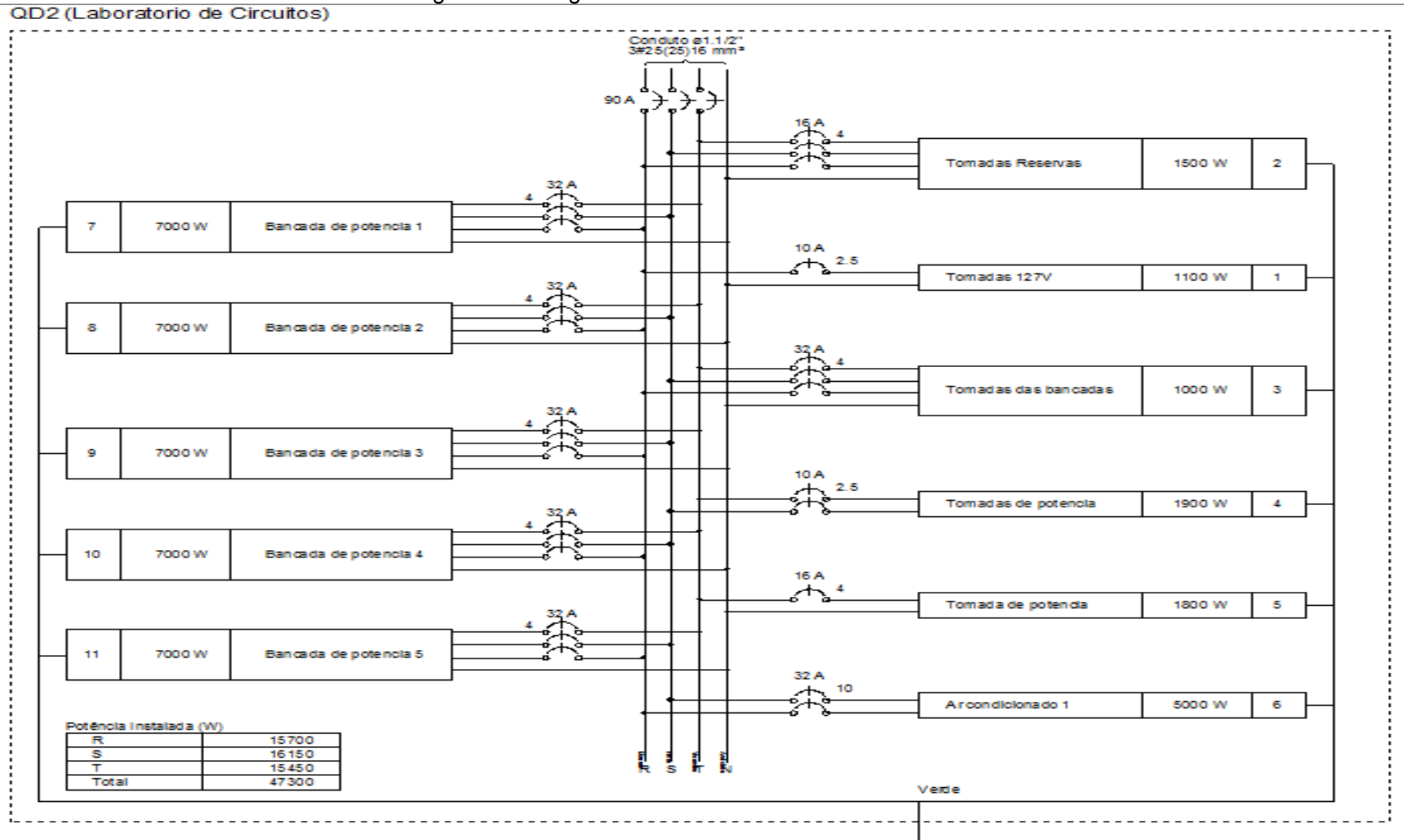
Figura 25 - Diagrama multifilar Laboratório de Eletrônica

## QD1 (Laboratorio de Eletronica)



Fonte: Próprio autor, 2016.

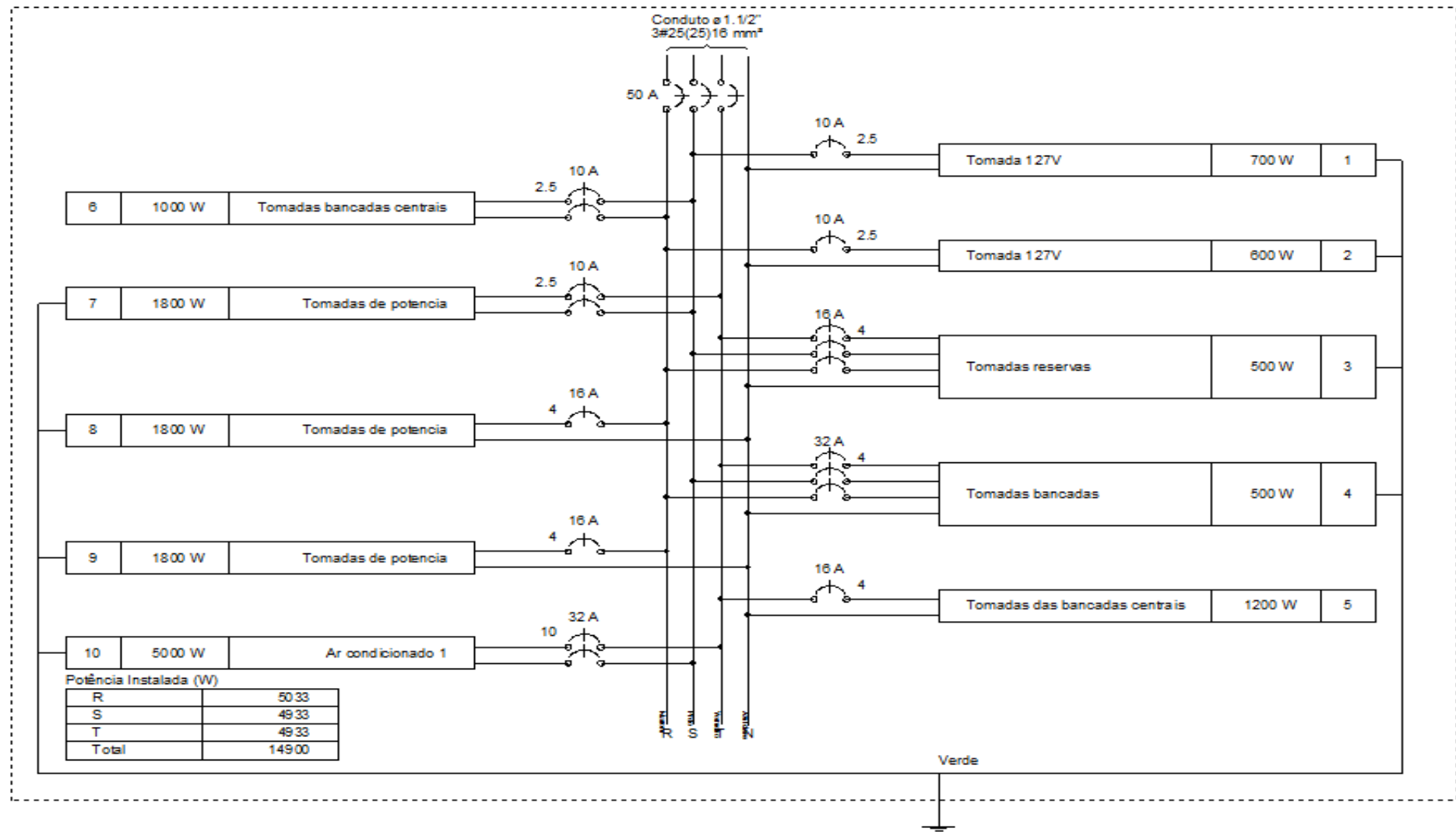
Figura 26 - Diagrama multifilar Laboratório de Circuitos



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 27 - Diagrama multifilar Laboratório de Automação

QD3 (Laboratório de Automação)

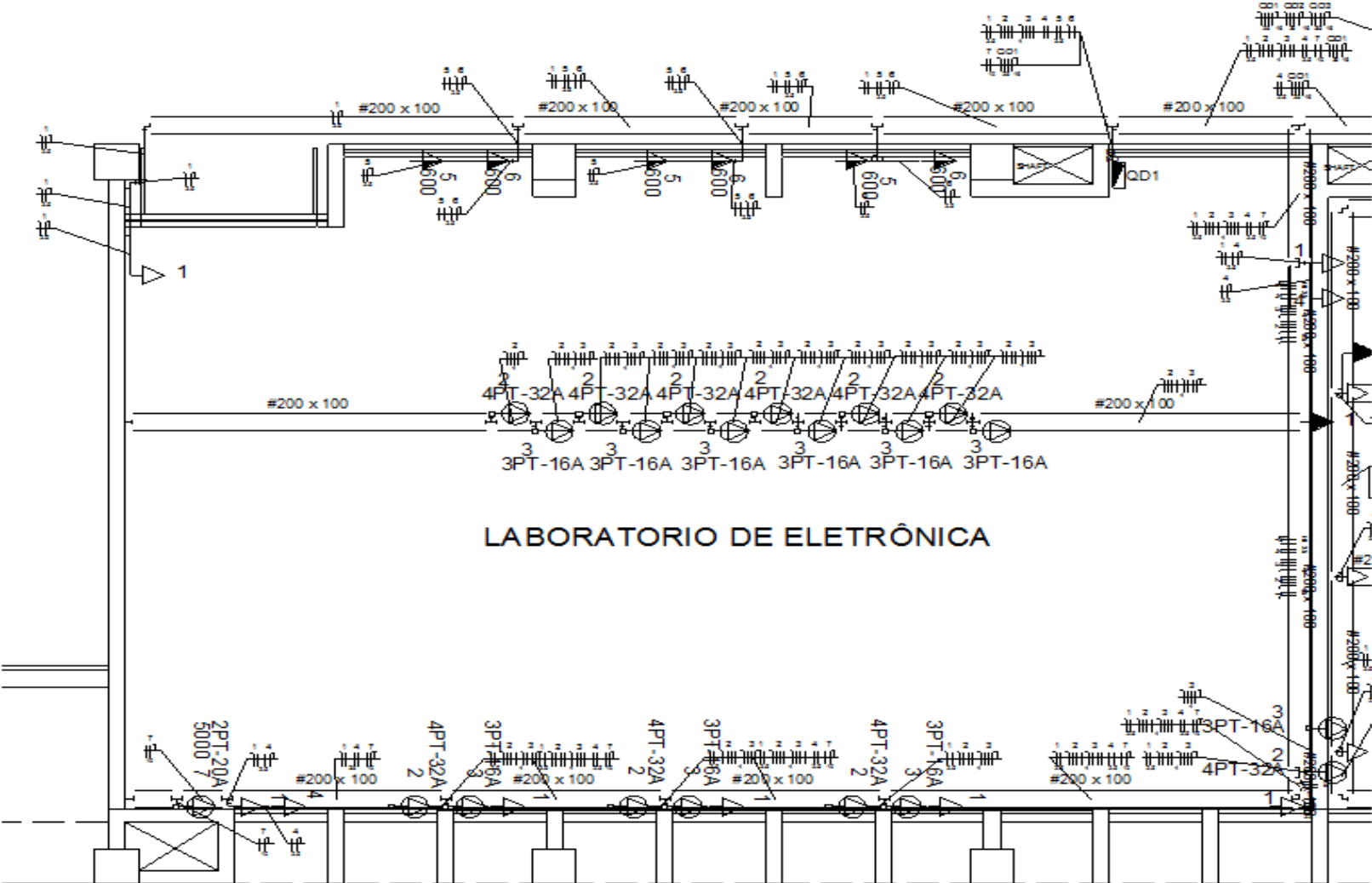


Fonte: Próprio autor, 2016.



ANEXO F – PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

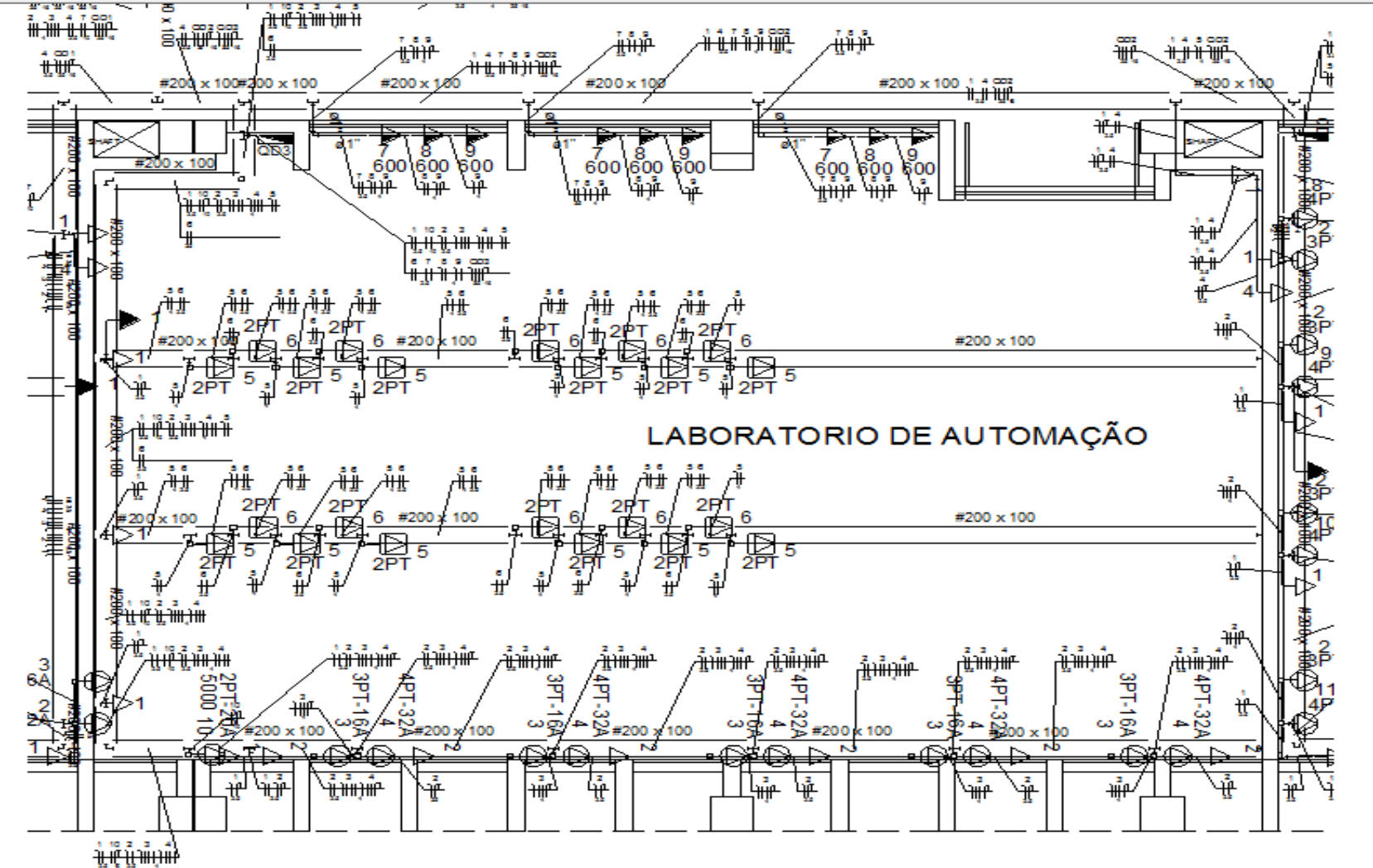
Figura 28 - Planta baixa Laboratório de Eletrônica



Fonte: Próprio autor, 2016.

ANEXO G – PLANTA BAIXA LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO

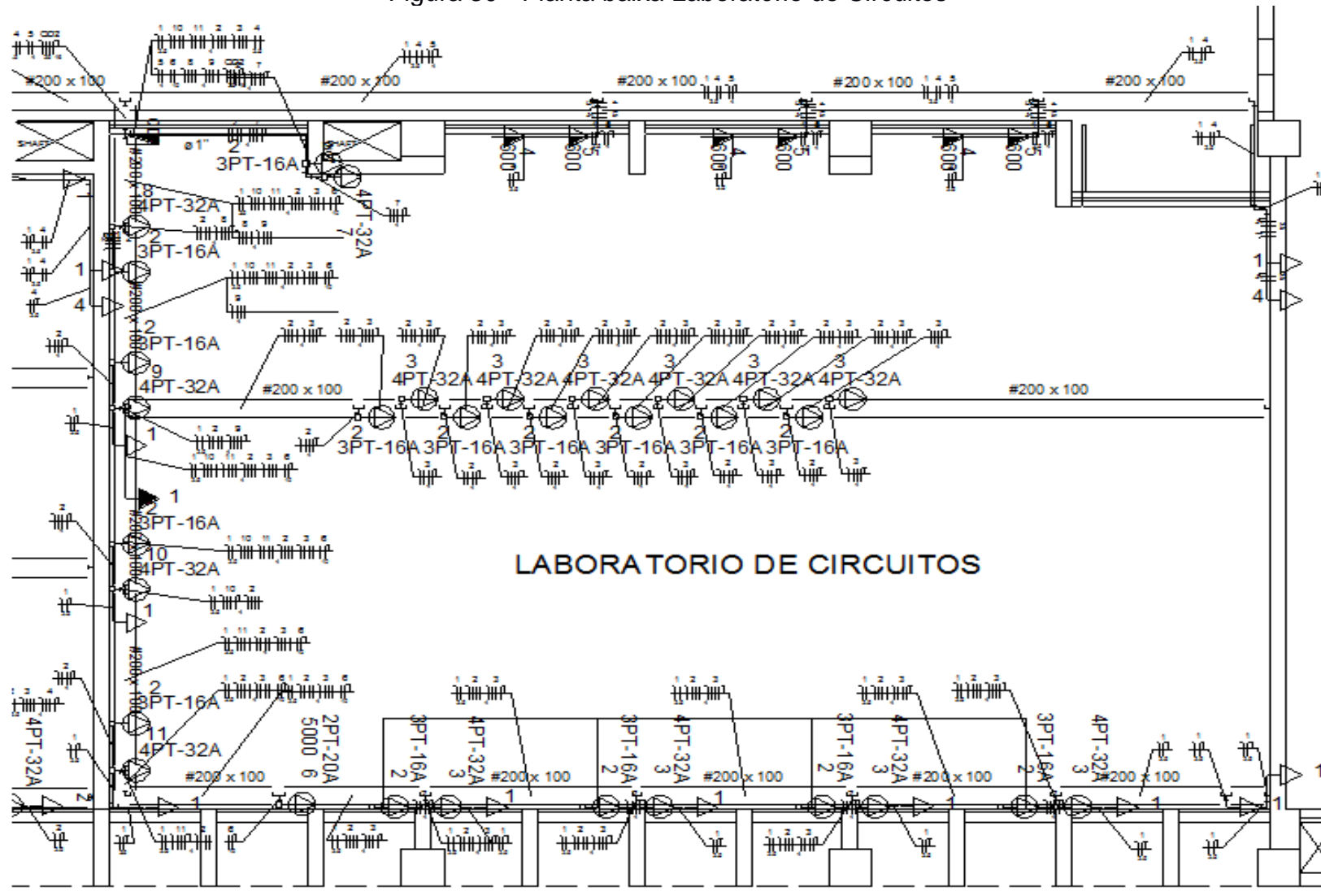
Figura 29 - Planta baixa Laboratório de Eletrônica



Fonte: Próprio autor, 2016.

## ANEXO H – PLANTAS BAIXA LABORATÓRIO DE CIRCUITOS

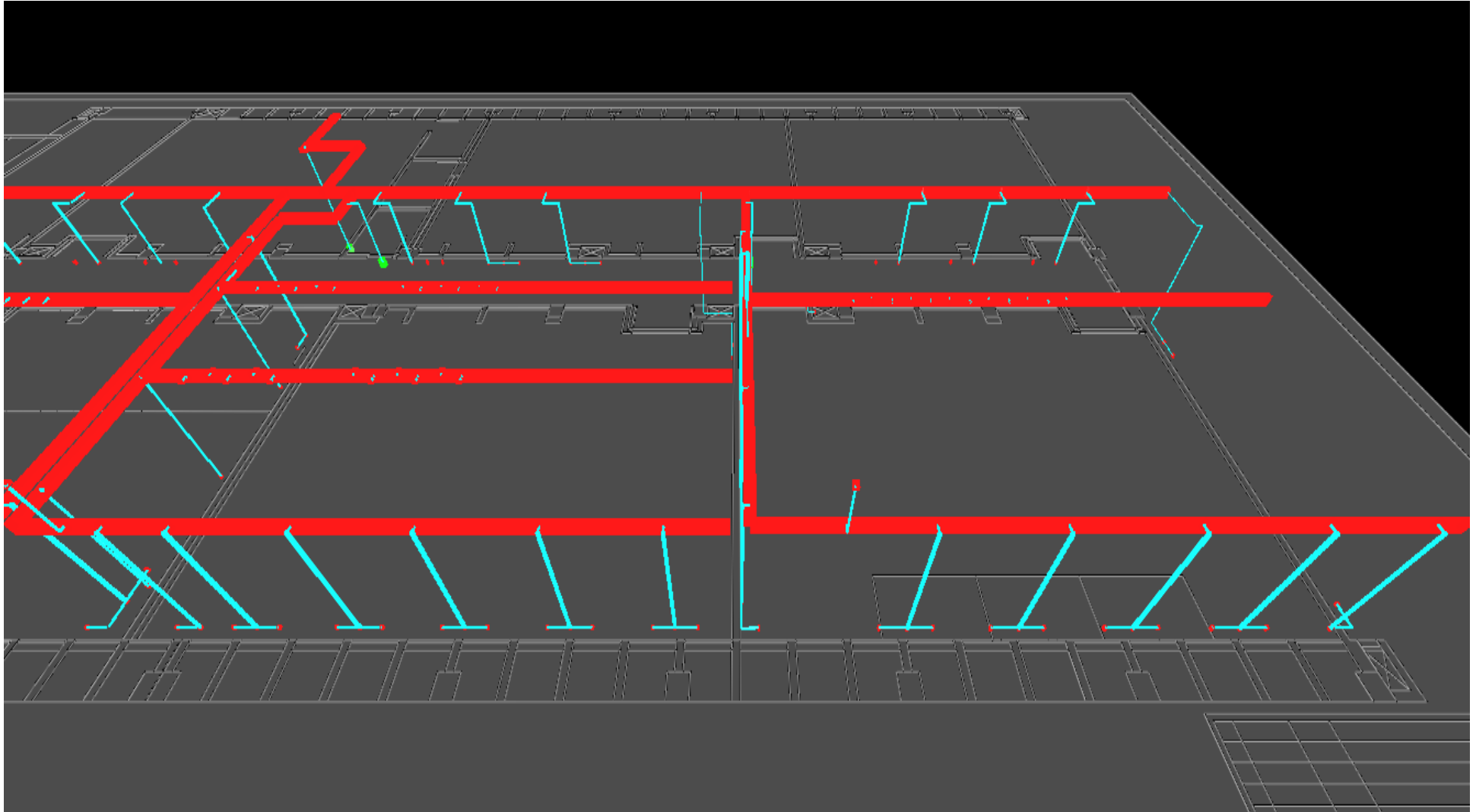
Figura 30 - Planta baixa Laboratório de Circuitos



Fonte: Próprio autor, 2016.

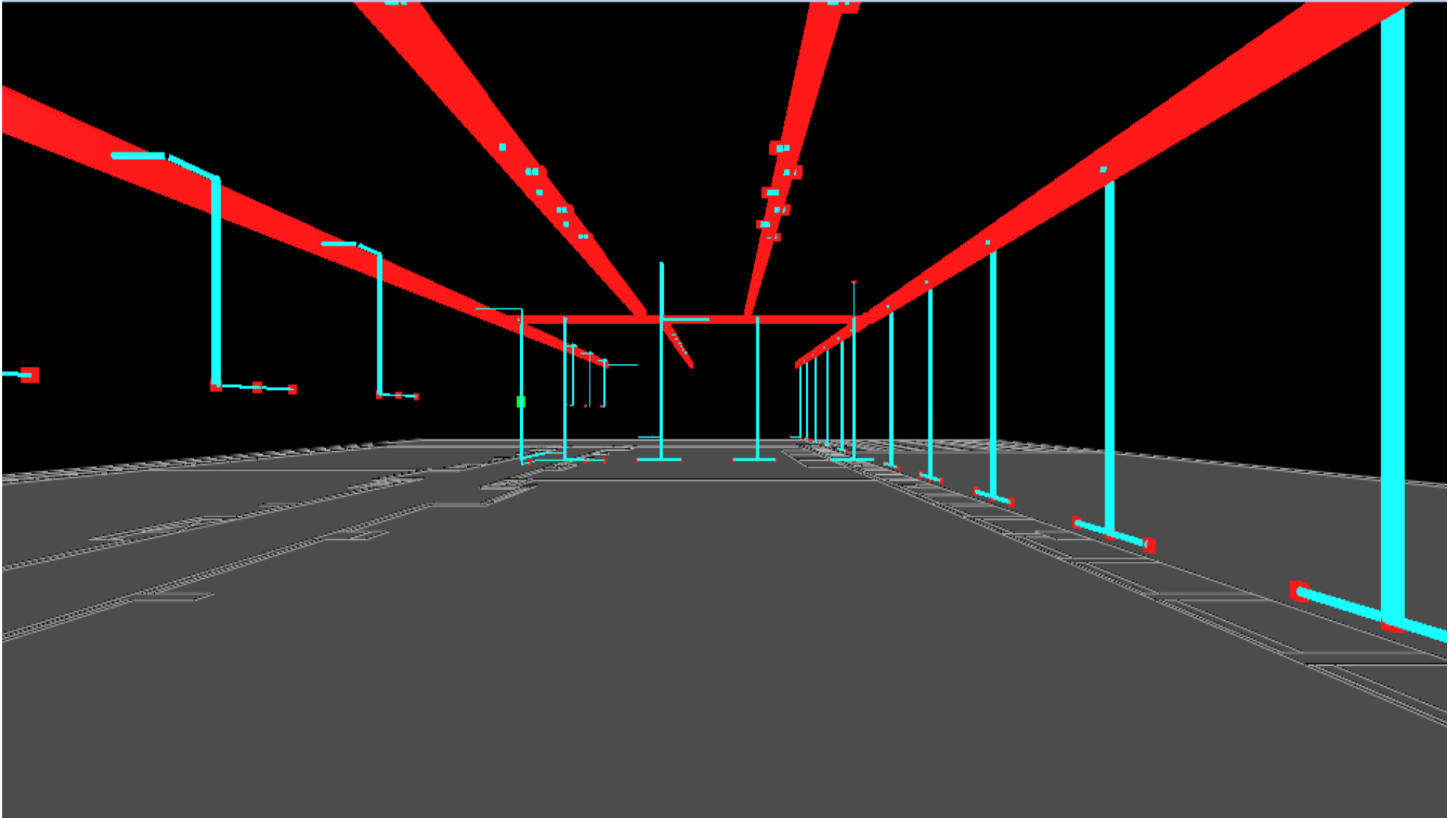
ANEXO I – PLANTAS VISÃO 3D

Figura 31 - Planta baixa visão 3D (visão superior)



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 32 - Planta baixa visão 3D (visão interna)



Fonte: Próprio autor, 2016.

# **ANEXO J – PLANTA BAIXA BLOCO B – A1**

**ANEXO L – PLANTA ELÉTRICA READEQUADA  
BLOCO B – A1**