

GUILHERME LUIZ ZANCAN COPETTI

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES DE ENSINO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Universidade Federal do Pampa.

Orientador: José Wagner Maciel Kaehler

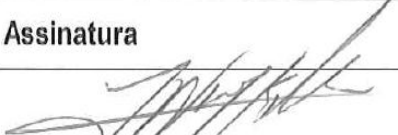
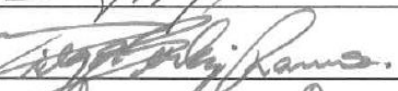
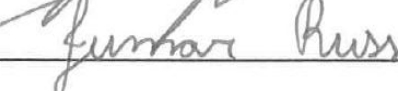
**ALEGRETE
2013**

Autoria: Guilherme Luiz Zancan Copetti

Título: Eficiência Energética em Ambientes de Ensino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte das atividades para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa.

Os componentes da banca, abaixo listados, consideram este trabalho aprovado

	Nome	Titulação	Assinatura	Instituição
1	José Wagner Maciel Kaehler	Prof. Dr.		unipampa
2	Diego Berlezi Ramos	Prof. Dr.		unipampa
3	Jumar Luis Russi	Prof. Dr.		unipampa

Data da aprovação: 14 de outubro de 2013.

Ao meu pai(in memoriam), pelo exemplo de vida e pessoa de bom coração.

A meu irmão Mateus, por acreditar em meu potencial e sempre me apoiar quando preciso, pessoa que mais admiro nesse mundo, exemplo de pessoa honesta, trabalhador e responsável.

A minha mãe Olisse, exemplo de vida e pessoa dedicada e carinhosa com os filhos, que se importa com os filhos mais que a si própria. Agradeço a ajuda e apoio durante estes 5 anos de luta em Alegrete.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de relatar meu profundo agradecimento a minha Família, pelo carinho, apoio e incentivos prestados a mim para que eu chegasse a este momento. Agradeço a minha mãe Olisse Zancan Copetti, meu pai Luiz F. Copetti e ao meu irmão Mateus Zancan Copetti por nunca deixarem faltar nada em minha vida. Obrigado por cada incentivo e pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto.

Agradeço a todos os meus amigos que tive a felicidade de conhecer em especial com os que tive o prazer de dividir bons momentos e boas risadas ao longo dessa jornada de 5 anos em Alegrete: Breno Barreira, Bruno Billo, Cassiano Montagner, Cleofe Basso, Guilherme Domenighi, Humberto Hagemann, Jeferson Miranda, Willian Rios e Raul Ledur. Eu tenho a certeza que as nossas amizades serão eternas, pois além de amigos somos irmãos.

Agradeço aos amigos de longas datas porque mesmo quando distantes, estavam presentes em minha vida(em especial toda galera da BABILÔNIA). Agradeço aos meus colegas de classe, por todos os momentos que vivenciamos na engenharia, desde as agonias, dificuldades e alegrias. Foi principalmente nas dificuldades que encontramos um caminho que nos levou de fato a unirmos ainda mais.

Agradeço ao amigo e professor Dr. José Wagner Maciel Kaehler pelo aprendizado, dedicação e ajuda durante este trabalho, pois sem sua ajuda o mesmo não seria realizado.

Agradeço a todos que acreditaram e me apoiaram.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.”

Isaac Newton

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar os atuais sistemas de iluminação das salas de aula e bibliotecas dos campi de Bagé-RS, Dom Pedrito e Jaguarão-RS pertencentes à Universidade Federal do Pampa. A principal motivação para a realização deste estudo foi o fato de não haver, uma preocupação em relação às condições de iluminamento para esses ambientes de ensino. Através de visitas aos campi foram detectadas algumas inadequações relacionadas ao conforto luminoso, após esta constatação, tornou-se necessária a realização de uma investigação mais aprofundada que será detalhada nesse trabalho.

O presente trabalho tem como finalidade a proposição de alternativas para a melhoria das condições de conforto luminoso nas bibliotecas e salas de aula da Universidade Federal do Pampa. Foram realizados estudos luminotécnicos em todos os ambientes de ensino, utilizando software DIALUX para análise aprofundada dos sistemas de iluminação. Partindo do cenário atual, que basicamente utiliza um sistema de iluminação com lâmpadas de sobrepôr 4x32W de fundo leitoso, estas alocadas com uma certa orientação, foi proposto à criação de vários cenários de iluminação, com diferentes alocações para as luminárias e utilização de sistema mais eficiente que garanta os mesmos níveis de iluminamento, buscando a redução do consumo de energia, levando em consideração a contribuição da iluminação natural.

Para tal análise, foi utilizado o software DIALUX para realização da modelagem das salas de aula e bibliotecas em estudo, com isso foi possível mensurar nos níveis de iluminância média horizontal e vertical, para fazer comparação dos cenários atual com os propostos, visando o conforto luminoso e a redução de energia consumida. A ideia é proporcionar condições adequadas de conforto e eficácia do sistema de iluminação para estudantes e professores em sala de aula e bibliotecas. Analisando os atuais layouts de situação dos prédios, salas aula e bibliotecas e propondo modificações nos atuais sistemas de iluminação, buscando garantir o conforto lumínico para as pessoas que utilizam os ambientes em questão, mantendo os níveis de iluminação adequados. Propor a criação de sistemas de iluminação mais eficientes, buscando a redução de custos de energia.

Palavras-chave: Sistema de iluminação; eficiência energética; modelagem; DIALUX, consumo de energia elétrica.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the current lighting systems of classrooms and libraries of campus of Bagé-RS, Dom Pedrito and Jaguarão-RS belonging to the Federal University of Pampa. The main motivation for this study was the fact that there is a concern in relation to conditions of illuminance for those teaching environments. Through visits to the campus were detected some inadequacies relating to bright comfort after this observation, it became necessary to carry out further investigation, which will be detailed in this work. The present work aims to propose alternatives to the improvement of luminous comfort in libraries and classrooms of the Federal University of Pampa. Manager studies were carried out in all educational environments, using software DIALUX to analyze in depth the lighting system. Starting from the current scenario, which basically uses a lighting system with overlapped lamps 4x32W milky background, these allocated with a certain orientation, it was proposed to create various lighting scenarios, with different allocations to the fixtures and use of a more efficient system to guarantee the same levels of illuminance, seeking the reduction of energy consumption, taking into account the contribution of natural lighting.

For this analysis, we used the DIALUX software for realization of modeling of classrooms and libraries in study. It was possible to measure the average illuminance levels to make a horizontal and vertical comparisons of current scenarios with those proposed, aiming the light and comfort the reduction of energy consumed. The idea is to provide suitable conditions of comfort and efficiency of lighting system for students and teachers in classrooms and libraries. Analyzing the current situation layouts of buildings, classrooms and libraries and proposing changes in today's lighting systems, seeking to ensure the comfort lumínico for people using the environments in question, by maintaining appropriate lighting levels. Propose the creation of more efficient lighting systems, seeking to reduce energy costs.

Keywords: lighting system; energy efficiency; modeling; DIALUX, electric energy consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Detalhe sistema atual de iluminação- Campus Jaguarão.	22
Figura 2: Sistema iluminação-Estantes da biblioteca campus Jaguarão.	22
Figura 3: Distribuição do sistema de iluminação de acordo com o uso final no Brasil.(ABILUX-2005).	25
Figura 4: Comparativo diferentes tipos sistemas iluminação em residências.	26
Figura 5: Critérios para classificação da iluminação artificial em áreas comuns de acordo com o nível pretendido.	27
Figura 6: Detalhe para definição ângulo solido(Esferorradiano).	28
Figura 7: Detalhe ângulo plano(Rad).	29
Figura 8: Detalhe conceito de iluminância.	29
Figura 9: Explicação lei do inverso do quadrado.	30
Figura 10: Ilustração do funcionamento da distribuição da luz.	30
Figura 11: Definição iluminamento Horizontal.	31
Figura 12: Definição iluminamento vertical.....	32
Figura 13:Luxímetro Digital ICEL LD-800 Aferido com Certificação.	33
Figura 14: Tendência dos tipos de iluminação até horizonte 2020.	35
Figura 15: Detalhe dos tipos de conformidade de luminárias.	36
Figura 16: Modelo conformação em função tipo lâmpada- PHILIPS 2005.....	36
Figura 17:Orientação da luminária com goniofotômetro. Fonte CIE 121-1996.	37
Figura 18: Detalhe levantamento da curva de distribuição luminosa.....	38
Figura 19: CDL luminária PHILIPS TCS 460- TL5 28W.	38
Figura 20: Zona de tarefa - Entorno imediato- Fonte: NBR 8995:1	40
Figura 21: Determinação iluminância média- NBR 5382.....	41
Figura 22: Gráfico com acervo livros bibliotecas Bagé e Dom Pedrito.....	46

Figura 23:Layout geral das localização campus Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão.....	47
Figura 24: Gráfico comparativo potência instalada com iluminação em cada campus. ...	50
Figura 25: Luminária do sistema atual de iluminação, 4x32W.....	55
Figura 26: Layout 2D - Biblioteca de Bagé.....	55
Figura 27:Vista da biblioteca- sistema atual iluminação- Bagé.	56
Figura 28: Vista sistema atual iluminação- Biblioteca Dom Pedrito.	57
Figura 29: Vista sistema atual iluminação- Biblioteca Jaguarão.....	58
Figura 30: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.....	58
Figura 31: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.....	59
Figura 32: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.....	60
Figura 33: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.....	60
Figura 34: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.....	61
Figura 35: Vista do Software DIALUX.	62
Figura 36: SYLVANIA 4x32W –T8 –Octron (sobrepôr-Leitoso-Plano)	62
Figura 37: SYLVANIA 2x28W -T5 -Lux Line Plus.....	62
Figura 38: PHILIPS 1x28W –T5-Smart Form-TCS460.	63
Figura 39:Esquemático Cenários iluminação Biblioteca.	64
Figura 40:Esquemático Cenários iluminação Biblioteca.	64
Figura 41: Esquemático Cenário atual A1.....	65
Figura 42: Representação 3D- Sistema atual iluminação biblioteca.....	66
Figura 43: Representação 3D- Representação por cores.....	66
Figura 44: Representação 3D por cores (Tonalidade Azul-Vermelho).....	67
Figura 45: Representação 2D- "Gráfico de valores".	67
Figura 46: Representação 3D- Representação por cores.....	68
Figura 47: Representação 3D- Representação por cores- Vista lateral.	69

Figura 48: Representação 2D- "Gráfico de valores".	69
Figura 49: Representação 2D- Curvas isolinhas.	70
Figura 50: Representação 2D- Tonalidade Cinza.	70
Figura 51: Zona superfície 1- "Gráfico valores - Iluminância vertical".	71
Figura 52: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.	71
Figura 53: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.	72
Figura 54: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Vertical.	72
Figura 55: Esquemático cenários propostos P8 e P9.	73
Figura 56: Representação 3D Longitudinal - Não considerando Luz externa.	74
Figura 57: Representação 3D Transversal - Não Considerando Luz externa.	74
Figura 58: Representação 3D- Vista sobre estantes.	75
Figura 59: Representação 3D- Representação por cores.	75
Figura 60: Representação 3D- Representação por cores – Vista superior.	76
Figura 61: Representação 2D- "Gráfico de valores.	76
Figura 62: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Vertical.	77
Figura 63: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.	77
Figura 64: Representação 3D- Representação por cores.	78
Figura 65: Representação 2D do gráfico de valores.	78
Figura 66: Representação 2D- Curvas isolinhas.	79
Figura 67: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.	80
Figura 68: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Vertical.	80
Figura 69: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.	81
Figura 70: Detalhe vista lateral 3D sobre estantes utilizando Luminária proposta.	81
Figura 71: Vista das estantes com dimensões e ângulo de abertura da luminária.	82
Figura 72: Detalhe dimensionamento luminária proposta.	83

Figura 73: Detalhes das dimensões em 2D da Luminária proposta.	83
Figura 74: Detalhes em 3D da 1ª versão da luminária proposta-Via Solid Works.	84
Figura 75: Detalhes em 3D da 1ª versão da luminária proposta-Via Solid Works.	84
Figura 76: Protótipo da 2ª Luminária proposta.	85
Figura 77: Levantamento iluminância - 2ª Luminária.....	86
Figura 78: Gráfico do Levantamento fotométrico 2ª Luminária.	86
Figura 79: Gráfico comparativo da potência consumida em cada localidade considerando cenários.....	87
Figura 80: Gráfico comparativo da iluminância horizontal e vertical referente a Zona 1.	88
Figura 81: Gráfico comparativo da iluminância horizontal e vertical referente a Zona 2.	89
Figura 82: Gráfico comparativo da iluminância vertical e potência consumida referente à Zona 1.....	89
Figura 83: Gráfico comparativo da iluminância Horizontal e potência consumida referente a Zona 2.....	90
Figura 84: Luminária atual – 4x32W instaladas nas salas de aula.	91
Figura 85: Esquemático metodologia das simulações- Sala de Aula.	91
Figura 86: Esquemático dos Cenários de iluminação das Salas de aula.	92
Figura 87: Esquemático simulações referente ao cenário atual(A1).	92
Figura 88: Representação 3D-Sistema atual–Sala de aula Dom Pedrito-RS.	93
Figura 89: Representação 3D- Representação por cores.....	93
Figura 90: Representação 2D- Tonalidade Cinza.....	94
Figura 91: Representação 2D- "Gráfico de valores".....	94
Figura 92: Representação 2D- UGR.....	95
Figura 93: Representação 3D- Representação por cores.....	95
Figura 94: Representação 2D- "Gráfico de valores".....	96
Figura 95: Representação 2D- UGR.....	96

Figura 96: Esquemático das simulações referentes ao cenário proposto P3.	97
Figura 97: Representação 3D- Representação por cores.	97
Figura 98: Representação 2D- Tonalidade Cinza.	98
Figura 99: Representação 2D- "Gráfico de valores".	98
Figura 100: Representação 2D- UGR.	99
Figura 101: Representação 3D- Representação por cores.	99
Figura 102: Tonalidade Cinza.	100
Figura 103: Representação 2D- "Gráfico de valores".	100
Figura 104: Representação 2D- UGR.	101
Figura 105: Gráfico comparativo das potências por cenário- Salas de aula.	101
Figura 106: Gráfico comparativo completo – Iluminância–Salas de aula.	102
Figura 107: Gráfico comparativo cenário A1 x P1 – Iluminância – Salas de aula.	103
Figura 108: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Iluminância e potência consumida – Salas de aula.	103
Figura 109: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Sala aula – Bagé-RS.	104
Figura 110: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Dom Pedrito-RS.	104
Figura 111: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Jaguarão-RS.	105
Figura 112: Gráfico comparativo cenário P2 x P3 – Iluminância – Salas de aula.	105
Figura 113: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Iluminância e potência consumida – Salas de aula.	106
Figura 114: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Sala aula – Bagé-RS.	107
Figura 115: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Dom Pedrito-RS.	107
Figura 116: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Jaguarão-RS.	108
Figura 117: Gráfico comparativo 3D Iluminância–Cenário A1 considerando iluminação externa.	109

Figura 118: Gráfico comparativo 3D Iluminância–Cenário P3 considerando iluminação externa. 109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Total de lâmpadas utilizadas anualmente nas residências.....	25
Tabela 2: Critérios para classificação da iluminação artificial	39
Tabela 3: Principais softwares para calculo luminotécnico.	39
Tabela 4: Levantamento carga de iluminação- Bagé.	48
Tabela 5: Levantamento carga de iluminação-Dom Pedrito.	49
Tabela 6: Levantamento carga de Iluminação - Jaguarão.	49
Tabela 7: Luminância x Ângulo de corte mínimo.....	52
Tabela 8: Iluminância da tarefa x entorno imediato.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CIE – Comissão Internacional de Iluminação

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

LED – Diodo Emissor de Luz

UGR – Índice de ofuscamento unificado

PROCEL – Programa de Conservação de Energia Elétrica

ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação

SUMÁRIO

Agradecimentos	4
RESUMO.....	6
Abstract.....	7
Lista de ilustrações.....	8
Lista de tabelas	14
Lista de abreviaturas	15
Sumário	16
1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 <i>Problematização.....</i>	20
1.2 <i>Objetivos.....</i>	20
1.3 <i>Justificativa</i>	21
1.4 <i>Organização dos Capítulos</i>	23
2 ESTADO DA ARTE.....	24
2.1 <i>Engenharia de Iluminação.....</i>	24
2.1.1 <i>Origem.....</i>	24
2.1.2 <i>O mercado da iluminação no Brasil</i>	24
2.1.3 <i>Conceitos básicos</i>	28
2.1.4 <i>Ângulo Sólido</i>	28
2.1.5 <i>Ângulo Plano</i>	28
2.1.6 <i>Iluminância – Nível de Iluminamento</i>	29
2.1.7 <i>Lei do Inverso do Quadrado.....</i>	30
2.1.8 <i>Iluminamento Horizontal.....</i>	31
2.1.9 <i>Iluminamento Vertical</i>	32
2.1.10 <i>Fluxo Luminoso</i>	33
2.1.11 <i>Intensidade luminosa.....</i>	34
2.1.12 <i>Eficiência Luminosa</i>	34
2.2 <i>Fotometria.....</i>	36
2.2.1 <i>Softwares projeto luminotécnico</i>	39
2.2.2 <i>Normas</i>	39
2.2.3 <i>Iluminação Natural</i>	42
2.2.4 <i>Iluminação ambientes estudo</i>	43
3 PROJETO LUMINOTÉCNICO nos campis da unipampa.	47

3.1 Levantamento carga de Iluminação.....	48
3.2 Metodologia	50
3.3 Biblioteca	54
3.3.1 Resumo sistema atual.....	54
3.3.1.1 Dom Pedrito	56
3.3.1.2 Jaguarão	57
3.3.2 Metodologia aplicada	61
3.3.2.1.1 Cenário atual A1	65
3.3.2.1.1.1 Jaguarão considerando iluminação externa-A1.....	66
3.3.2.1.1.2 Jaguarão não considerando iluminação externa-A1.....	68
3.3.2.1.2 Cenários propostos P8 e P9	72
3.3.2.1.2.1 Jaguarão considerando iluminação externa-P9.....	73
3.3.2.1.2.2 Jaguarão não considerando iluminação externa-P9.....	78
3.3.2.1.2.3 Dimensionamento de uma nova luminária.....	81
3.3.3 Análise dos resultados	86
3.4 Sala de aula.....	90
3.4.1 Resumo do sistema atual.....	91
3.4.2 Metodologia	91
3.4.2.1 Cenário atual - A1.....	92
3.4.2.1.1 Dom Pedrito considerando iluminação externa-A1.....	92
3.4.2.1.2 Dom Pedrito não considerando iluminação externa-A1.....	95
3.4.2.2 Cenário proposto P3	96
3.4.2.2.1 Dom Pedrito considerando iluminação externa-P3.....	97
3.4.2.2.2 Dom Pedrito não considerando iluminação externa-P3.....	99
3.4.3 Análise resultados	101
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
4.1 Sugestão para trabalhos futuros.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
5 ANEXO A – LAYOUTS DE SITUAÇÃO	114
6 ANEXO B – MODELOS PROPOSTOS BIBLIOTECAS	117
6.1 Cenário proposto (P1,P2 e P3).....	117
6.2 Cenário proposto (P4, P5, P6 e P7).....	118
7 ANEXO C – SIMULAÇÕES PROPOSTAS PARA BIBLIOTECAS	120
7.1 Dom Pedrito Considerando Luz externa-A1	120
7.2 Dom Pedrito não considerando luz externa-A1	123
7.3 Dom Pedrito Considerando Iluminação Externa-P7.....	126
7.4 Dom Pedrito não Considerando Iluminação Externa-P7.....	127
7.5 Jaguarão Considerando Iluminação Externa-P7.....	128

<i>7.6 Jaguarão não considerando iluminação externa-P7</i>	<i>130</i>
<i>7.7 Dom Pedrito considerando iluminação externa-P9.....</i>	<i>132</i>
<i>7.8 Dom Pedrito não considerando iluminação externa-P9</i>	<i>134</i>
8 ANEXO D - MODELAGEM PROPOSTAS PARA SALAS DE AULA.....	138

1 INTRODUÇÃO

As instalações físicas dos ambientes de ensino devem proporcionar às pessoas um ambiente confortável para o desenvolvimento de suas atividades, bem como oferecer condições favoráveis tanto para a preservação do acervo como para aquelas pessoas que utilizam esses ambientes. Para o planejamento adequado do sistema de iluminação em ambientes de ensino (Salas de aula e Bibliotecas), devem ser levadas em consideração inúmeras variáveis. Para isso busca-se a realização e a adaptação das instalações de acordo com os padrões e normas estabelecidas para este propósito, por exemplo, normas de iluminação, ergonomia e acessibilidade.

O presente trabalho tem como finalidade a proposição de alternativas para a melhoria das condições de conforto luminoso nas bibliotecas e salas de aula da Universidade Federal do Pampa.

A principal motivação para a realização deste estudo foi o fato de não haver, uma preocupação em relação às condições de iluminamento para esses ambientes de ensino. Através de visitas aos campi foram detectadas algumas inadequações relacionadas ao conforto luminoso, após esta constatação, tornou-se necessária a realização de uma investigação mais aprofundada que será detalhada nesse trabalho.

Partindo do cenário atual, que basicamente utiliza um sistema de iluminação com lâmpadas de sobrepôr 4x32W de fundo leitoso, estas alocadas com certa orientação, foi proposto a criação de vários cenários de iluminação, com diferentes alocações para as luminárias e utilização de sistemas mais eficientes que garantam os mesmos níveis de iluminamento, buscando a redução do consumo de energia e levando em consideração a contribuição da iluminação natural.

Segundo (GRAÇA, 2007) referente ao conforto luminoso das salas de aula, a iluminação é um importante fator para o alcance de um adequado ambiente de aprendizado, pois afeta a legibilidade da informação. Ainda nesse contexto, a luz natural é considerada importante e altamente influente.

Segundo (LABAKI E BUENO-BARTHOLOMEI, 2001) a utilização da iluminação natural nas salas de aula proporciona uma ambientação agradável e mais humana, além de trazer benefícios psicofisiológicos aos seus ocupantes proporcionando o contato com o ambiente externo.

Como suporte de simulação foi utilizado o software DIALUX com a modelagem das salas de aula e bibliotecas em estudo, possibilitando mensurar os níveis de iluminância média horizontal e vertical. Isto possibilitou fazer a comparação do cenário atual com aqueles propostos, visando o conforto luminoso e a redução de energia consumida.

1.1 Problematização

Diante da situação exposta, em que os atuais sistemas de iluminação dos campi de Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão apresentam algumas precariedades do ponto de vista da luminotécnica, onde tem-se alguns casos, em que ocorrem sobre dimensionamento do sistema de iluminação e outros com sub-dimensionamento, buscou-se avaliar esses problemas e corrigi-los. Tratando de ambientes de ensino (Bibliotecas e salas de aula) onde existe geralmente um fluxo constante de pessoas, a necessidade de uma boa iluminação é fundamental nestes ambientes, para não causar desconforto e fadiga visual.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho proposto é o de desenvolver um processo metodológico que possibilite uma análise do atual sistema de iluminação de salas de aula e bibliotecas com o suporte de simulações computacionais utilizando software DIALUX. Isto permitirá comprovar as modificações que serão propostas, proporcionando conforto luminoso para as pessoas que utilizam os ambientes em questão, garantindo os níveis de iluminação propostos pela norma ABNT NBR 8995.

Na busca de assegurar condições adequadas de conforto e eficácia do sistema de iluminação para estudantes e professores em sala de aula e bibliotecas, esse trabalho foi desenvolvido com os seguintes procedimentos de pesquisa:

- Avaliação da atual iluminação das salas de aula dos prédios dos campi de Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão;
- Avaliação da atual iluminação das bibliotecas dos prédios dos campi de Dom Pedrito e Jaguarão;
- Análise dos atuais layouts de situação dos prédios, salas aula e bibliotecas;
- Modelagem dos atuais layouts referentes a salas de aula e bibliotecas utilizando o software DIALUX;
- Modelagem de cenários propostos referentes a salas de aula e bibliotecas utilizando o software DIALUX, realizando uma realocação de luminárias e substituição por luminárias mais eficientes;
- Propor modificações nos atuais sistemas de iluminação, por meio de simulações computacionais utilizando software DIALUX, buscando garantir o conforto lumínico para as pessoas que utilizam os ambientes em questão, mantendo os níveis de iluminação propostos pela norma NBR 8995 de 2013;
- Propor a criação de sistemas de iluminação mais eficientes, buscando a redução de custos de energia;
- Medição dos atuais níveis de iluminação dos ambientes em estudo;
- Analisar e expor a contribuição de iluminação natural em salas de aula e bibliotecas dos campi em estudo;

1.3 Justificativa

O presente trabalho pretende avaliar os atuais sistemas de iluminação, buscando analisar a contribuição da iluminação natural, especificamente em salas de aula e bibliotecas da Universidade Federal do Pampa.

O que motivou à realização deste estudo foi o propósito de revelar que é possível fazer uso mais intenso e constante da iluminação natural em ambientes de ensino e também com a utilização de sistemas mais eficientes de iluminação que consomem menos energia.

A necessidade de praticar uma iluminação com a quantidade de luz desejada em tais ambientes, fazendo uso da iluminação, da forma maximizar o conforto luminoso nos ambientes. Corrigir atuais problemas de iluminação, como por exemplo, os representados pelas Figuras 1 e 2 abaixo.



Figura 1: Detalhe sistema atual de iluminação- Campus Jaguarão.

Verifica-se pela Figura 1, o uso de nove luminárias 4x32W, concentradas em uma pequena área, caracterizando um excesso de iluminação, causando ofuscamento na sua proximidade. A deficiência da iluminação vertical e a existência de zonas escuras entre as estantes, causados pela má alocação das luminárias e a falta de iluminação, representada pela Figura 2, exemplifica como é o sistema atual de iluminação da biblioteca de Jaguarão.



Figura 2: Sistema iluminação-Estantes da biblioteca campus Jaguarão.

A necessidade de iluminação adequada e uniforme, que garanta o conforto para as pessoas que utilizam tais ambientes é um dos objetivos deste trabalho. Buscou-se propor soluções para corrigir os problemas de iluminação e garantir os mesmos níveis de conforto lumínico,

de forma a tornar viável o uso de um sistema de iluminação energeticamente mais eficiente e garantindo os mesmos níveis de iluminação.

1.4 Organização dos Capítulos

O presente trabalho de conclusão do curso de graduação é composto por 5 capítulos.

O capítulo 1 apresenta de forma geral uma introdução ao tema, com objetivos e justificativas sobre a realização deste trabalho.

O capítulo 2 faz uma revisão bibliográfica, tratando desde as definições e conceitos básicos da iluminação artificial, assim como as metodologias que orientam os projetos luminotécnicos. Isto facilita posteriormente um maior entendimento do trabalho proposto, até uma abordagem mais técnica do assunto expondo as novas diretrizes da atual norma de iluminação a e utilização para ambientes de ensino.

O capítulo 3 desenvolve a metodologia do trabalho, onde será apresentado o estudo de caso realizado nos campi da Unipampa, tratando das alocações dos sistemas atuais e a criação de cenários propostos de maneira mais eficiente que demandam menos energia.

O capítulo 4 expõe as conclusões obtidas no trabalho desenvolvido

2 ESTADO DA ARTE

“A luz e seu uso dependem de conhecimento técnico, bom gosto e sensibilidade de cada um. A luz é um dos principais modeladores do espaço e tem uma participação muito efetiva no conforto visual. A luz certa para o ambiente certo faz com que o resultado seja perfeito”,

Mauri Luiz da Silva

2.1 Engenharia de Iluminação

2.1.1 Origem

Segundo (Costa, 2006), o papel da iluminação para o homem, vem de longas datas, desde a época da revolução industrial no século XVIII, caracterizada pelos ambientes fabris da época, com ambientes inadequados para a prática do trabalho. A partir desta época percebe-se a necessidade de uma melhor iluminação para o homem, criando então um novo ramo especializado de conhecimento, definido à posteriori como Engenharia de Iluminação.

2.1.2 O mercado da iluminação no Brasil

Segundo (Iluminação eficiente-ELETROBRÁS, PROCEL e Parceiros, 2013) uma pesquisa de mercado realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX, 2005), a indústria brasileira de iluminação era composta de 604 empresas, sendo que 58% estavam localizadas na grande São Paulo e 17% no interior do estado. As demais indústrias (25%) estavam distribuídas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco. Ainda segundo a ABILUX, o setor de iluminação faturou R\$ 3,7 bilhões em 2011, sendo que as importações representaram 80% do que era consumido no País (ABILUX, 2012).

O gráfico representado pela Figura 3 detalha a distribuição dos sistemas de iluminação distribuídos de acordo com o uso final.

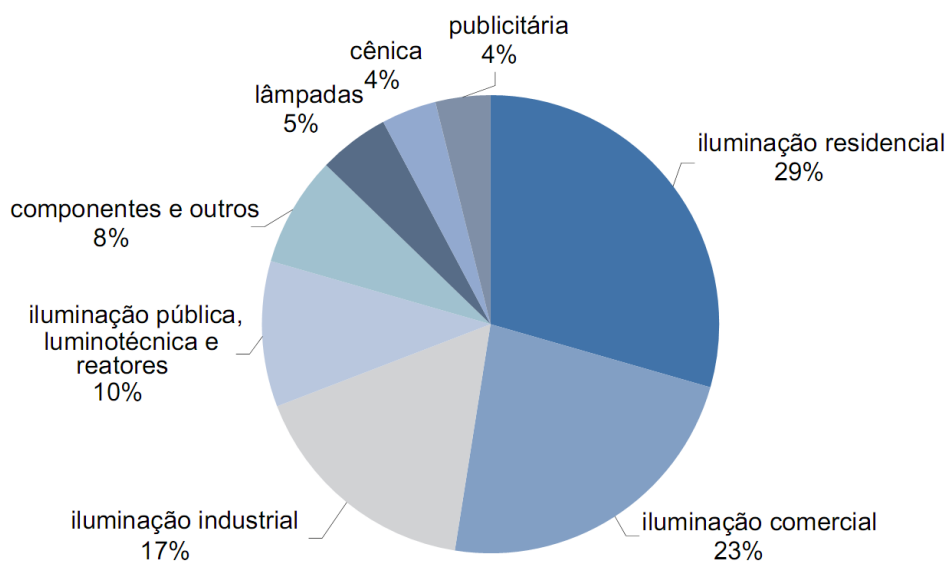


Figura 3: Distribuição do sistema de iluminação de acordo com o uso final no Brasil.(ABILUX-2005).

Segundo estimativa realizada pela ABILUX, o consumo anual de lâmpadas no Brasil é apresentado na Tabela 1:

Tabela 1: Total de lâmpadas utilizadas anualmente nas residências.

Tipo de lâmpada	Total
Incandescente	250 milhões
Fluorescente compacta	200 milhões
Fluorescente tubular	90 milhões
Halógenas	20 milhões
LED	250 mil

Ainda segundo a ABILUX, as vendas das lâmpadas incandescentes comuns estão em queda gradual, sendo substituídas aos poucos pelas fluorescentes, halógenas e LED's, seguindo uma tendência mundial. Esse processo irá se acelerar com a entrada em vigor dos novos

índices de eficiência instituídos pela Regulamentação Específica de Lâmpadas Incandescentes, aprovada pela Portaria Interministerial nº. 1.007, de 31 de dezembro de 2010. Segundo (Iluminação eficiente- ELETROBRÁS, PROCEL e Parceiros-Rio de Janeiro 2013), o gráfico da Figura 4 sintetiza a distribuição percentual por tipo e potência de lâmpadas nas residências.

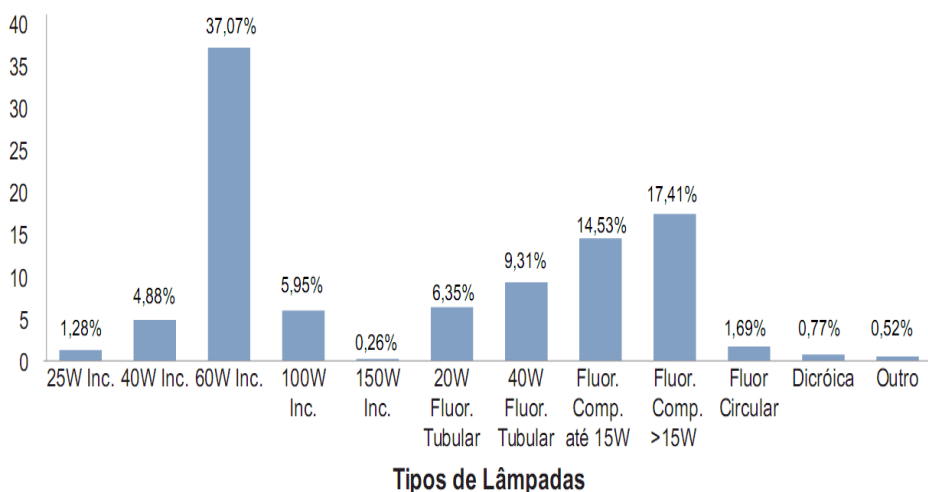


Figura 4: Comparativo diferentes tipos sistemas iluminação em residências.

Observa-se que as lâmpadas mais comuns na época de realização da pesquisa eram as incandescentes de 60 W, seguidas pelas fluorescentes compactas maiores de 15 W de potência.

Segundo (Iluminação eficiente- ELETROBRÁS, PROCEL e Parceiros, 2013) o consumo de energia elétrica das lâmpadas presentes nos lares brasileiros representa 14% de toda energia elétrica utilizada na classe residencial, o que nos dias de hoje corresponde a algo em torno de 15 mil GWh/ano (EPE, 2011). Por outro lado essa demanda de energia é mais significativa no horário de ponta do sistema elétrico. Como medida para reduzir esse impacto, anualmente é implantado o horário de verão em algumas regiões do Brasil, de forma a aproveitar mais a disponibilidade de iluminação natural, reduzindo o tempo de utilização da iluminação artificial.

O uso das lâmpadas fluorescentes compactas vem crescendo no país, principalmente após a restrição no abastecimento de energia ocorrida em 2001. É importante destacar que as lâmpadas incandescentes comuns serão banidas do mercado gradativamente até 2016. Nesse sentido, cabe à ELETROBRÁS/PROCEL incentivar a substituição dos modelos de lâmpadas ineficientes pelos mais eficientes, com Selo PROCEL-ELETROBRÁS, que, além de propor-

cionarem um menor consumo de energia, garantem níveis iguais ou superiores de eficiência luminosa, além de uma maior vida útil.

Segundo (Iluminação eficiente-ELETROBRÁS, PROCEL e Parceiros, 2013) as áreas de uso comum precisam ter iluminação eficiente, sejam elas áreas de uso frequente ou eventual. A sua avaliação, segundo a etiquetagem, é feita através da ponderação da eficiência dos sistemas por suas potências. A eficiência do sistema de iluminação é feita de acordo com a fonte luminosa, o tipo de reator e a existência de automação, conforme a Tabela 2. Para ser eficiente (nível A) é preciso instalar sistema de automação em iluminação intermitente, tais como, sensor de presença ou minuteiras. Além disso, as lâmpadas incandescentes e halógenas têm classificação nível E.

Tabela 2: Critérios para classificação da iluminação artificial.

Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Fluorescentes tubulares	$\eta^* \geq 84 \text{ lm/W}$	$75 \leq \eta < 84 \text{ lm/W}$	$70 \leq \eta < 75 \text{ lm/W}$	$60 \leq \eta < 70 \text{ lm/W}$
Reatores para fluorescentes tubulares	Eletrônicos com Selo Procel Eletrobras	—	Fator de potência $\geq 0,95$	Fator de potência $< 0,95$
Fluorescentes compactas	Selo Procel Eletrobras	ENCE B	ENCE C	ENCE D
LED**	$\eta \geq 75 \text{ lm/W}$	$50 \leq \eta < 75 \text{ lm/W}$	$30 \leq \eta < 50 \text{ lm/W}$	$\eta < 30 \text{ lm/W}$
Lâmpadas de vapor de sódio	Selo Procel Eletrobras	ENCE B	ENCE C	ENCE D
Reatores para lâmpadas de vapor de sódio	Eletromagnéticos com Selo Procel Eletrobras	—	Fator de potência $\geq 0,90$	Fator de potência $< 0,90$
Automação na iluminação intermitente	Sim	—	Não	—

* η : Eficiência luminosa ** Light Emitting Diode (diodo emissor de luz) - (Brasil, 2012)

A iluminação natural nas áreas de uso comum, caso haja, contribui para eficiência e, por isso, também é computada na etiqueta como bonificação. A relação entre a iluminação natural e a eficiência do sistema de iluminação predial ainda é pouco mensurada, bem como seu impacto na redução do consumo de energia.

2.1.3 Conceitos básicos

Segundo (Costa, 2005) as grandezas básicas utilizadas em iluminação são regidas pelas leis da ótica energética e fotometria. A ótica energética é mais abrangente e atinge todo domínio da iluminação. Já a ótica fotométrica esta ligada diretamente com o ato de ver.

Segundo (Costa, 2005), das sete grandezas de base, três são fundamentais, (massa, comprimento e tempo) A estas se une uma outra que ira complementar o sistema de medidas, em luminotécnica a quarta unidade é a intensidade luminosa, expressa em candelas, sendo que as demais são derivadas. Assim o quadro fica completo à medida que se unem grandezas suplementares, de caráter geométrico: O ângulo plano (a unidade é o radiano [Rad] e o ângulo sólido ω tem como unidade o esferorradiano [Sr]).

2.1.4 Ângulo Sólido

É o ângulo espacial que tem seu vértice no centro da esfera, cuja área superficial é igual ao quadrado de seu raio, representado em detalhe na Figura 6, [IESNA-Lighting-Handbook]

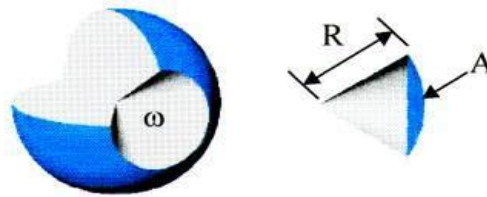


Figura 6: Detalhe para definição ângulo solido(Esferorradiano).

$$\omega = \frac{A}{R^2} \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde : $A =$ área da superfície da esfera (m^2)= $4\pi R^2$

$R =$ Raio do círculo (m)

$\omega =$ Ângulo solido (Sr)

2.1.5 Ângulo Plano

A partir de uma circunferência de centro O e raio R, com um arco de comprimento s e sendo α o ângulo central do arco, determina-se a medida do arco em radianos de acordo com a Figura 7 a seguir.

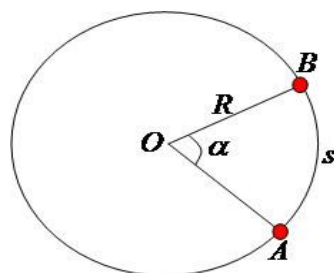


Figura 7: Detalhe ângulo plano(Rad).

$$\alpha = \frac{S}{R} \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde: S = comprimento do arco(m)

R = raio do Circulo (m)

α = ângulo plano (Rad)

2.1.6 Iluminância – Nível de Iluminamento

É o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície, quando esta tende para zero. Unidade: lux. Corresponde ao fluxo luminoso incidente em uma determinada superfície por unidade de área.



Figura 8: Detalhe conceito de iluminância.

$$x = \frac{\phi}{S} \quad \text{Eq.(3)}$$

Se uma superfície plana [S] de 1 m² é iluminada perpendicularmente por uma fonte de luz, cujo fluxo luminoso [ϕ] é de 1 lúmen, apresenta uma iluminância de 1 lux.

- dia de sol de verão à céu aberto: 100.000 lux;
- dia com sol encoberto no verão: 20.000 lux;

- uma vela a 1 metro de distância: 1 lux;
- noite à luz de estrelas: 0,001 lux.

2.1.7 Lei do Inverso do Quadrado

O iluminamento médio cai com o quadrado da distância à fonte luminosa.

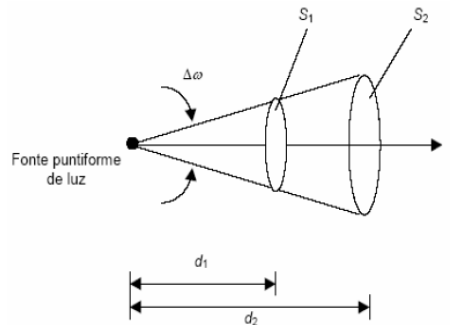


Figura 9: Explicação lei do inverso do quadrado.

Dedução:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\Delta\omega * d_1^2}{\Delta\omega * d_2^2} = \left(\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$$

Com isso, aplicando equação do fluxo luminoso, Obtêm-se:

$$I = \frac{\Delta\phi}{\Delta\omega} = \frac{\Delta\phi}{\left(\frac{S_d}{S_d^2}\right)} = \frac{\Delta\phi}{S_d} * d_2^2 = E_d * d_d^2$$

Resulta no iluminamento médio a uma distância d da fonte luminosa:

$$E_d = \frac{I}{d^2} \quad \text{Eq.(4)}$$

Para facilitar o entendimento, demonstra-se a distribuição do iluminamento na Figura 10.

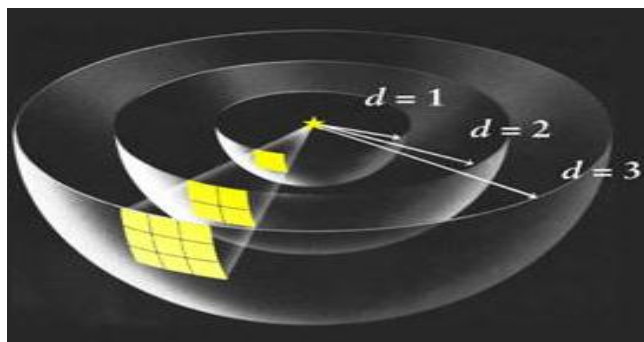


Figura 10: Ilustração do funcionamento da distribuição da luz.

Fonte: <http://cbseguesspapers.wordpress.com>

Analisando a Figura 10, pode-se visualizar a luz passando pelo primeiro quadrado a uma distância arbitrária da fonte ($d = 1$). Ao se afastar, dobrando a distância da fonte para $d = 2$, a luz do quadrado original agora se espalha por uma área de 4 quadrados. Assim, à duas vezes a distância original, a intensidade da luz que passa através de um quadrado simples será de $1/4$ da intensidade original. Triplicando a distância original ($d = 3$), a luz do quadrado original agora cobre uma área de 9 quadrados. Assim, em três vezes a distância original, a intensidade da luz que passa através de um único quadrado será $1/9$ da intensidade original. Isto é o que se entende por "lei do quadrado inverso." À medida que se afasta de uma fonte de luz, a intensidade da luz é proporcional a $1/d^2$, o inverso do quadrado da distância.

2.1.8 Iluminamento Horizontal

É a soma das contribuições do fluxo luminoso de todas as luminárias em um ponto do plano horizontal. Utilizando-se da lei dos cossenos, consegue-se obter a equação do iluminamento horizontal. O iluminamento médio na superfície depende da relação entre a superfície (plana) considerada e a direção definida pela intensidade luminosa, função do cosseno do ângulo formado entre as normais das duas superfícies, em detalhes na Figura 11.

- E_h - iluminamento horizontal, [lux];
- I - intensidade do fluxo luminoso, [cd];
- α - ângulo entre uma dada direção do fluxo luminoso e a vertical que passa pelo centro da lâmpada;
- H - altura vertical da luminária, [m]
- D - distância da Luminária até o ponto a ser iluminado [m].

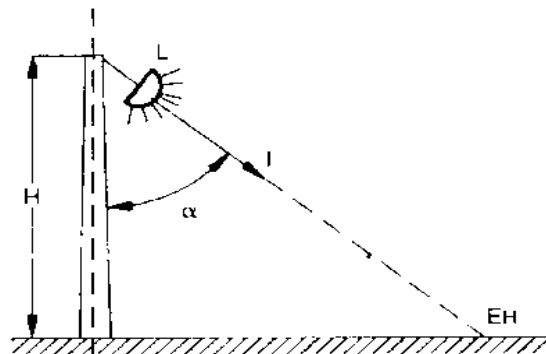


Figura 11: Definição iluminamento Horizontal.

Dedução:

$$E_p = \frac{I(\alpha)}{D^2} = \frac{I(\alpha)}{\left(\frac{H}{\cos(\alpha)}\right)^2} = \frac{I(\alpha) * \cos^2(\alpha)}{H^2}$$

$$E_h = E_p * \cos(\alpha)$$

$$E_h = \frac{I(\alpha) * \cos^3(\alpha)}{H^2} \quad \text{Eq.(5)}$$

2.1.9 Iluminamento Vertical

É a soma das contribuições do fluxo luminoso de todas as luminárias num ponto do plano vertical, em detalhes na Figura 12.

- E_v - iluminamento vertical, [lux];
- I - intensidade do fluxo luminoso, [cd];
- α - ângulo entre uma dada direção do fluxo luminoso e a vertical que passa pelo centro da lâmpada;
- D - distância entre a luminária e o ponto localizado no plano vertical, [m].

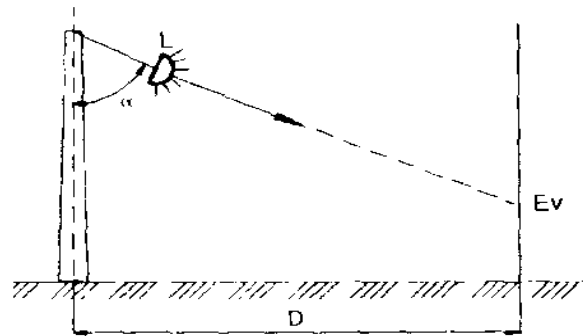


Figura 12: Definição iluminamento vertical

$$E_h = \frac{I(\alpha) * \cos^3(\alpha)}{H^2} \quad \text{Eq(6)}$$

Os iluminamentos E_h e E_v variam na proporção inversa do quadrado da distância da fonte de luz ao ponto iluminado e variam na proporção direta da intensidade luminosa na direção do ponto iluminado; O iluminamento E_h varia na proporção direta do cosseno do ângulo formado entre a direção da intensidade do fluxo luminoso que atinge o ponto considerado e a reta que

passa pela fonte luminosa e é perpendicular ao plano horizontal. O iluminamento E_v varia na proporção direta do seno do ângulo formado entre a direção da intensidade do fluxo luminoso que atinge o ponto considerado e a reta que passa pela fonte luminosa e é perpendicular ao plano horizontal. A intensidade do fluxo luminoso é obtida a partir das curvas de distribuição luminosa, também conhecidas como curvas isocandelas.

Referente à medição dos níveis de iluminância, é utilizado um luxímetro, como mostrado na Figura 13.



Figura 13: Luxímetro Digital ICEL LD-800 Aferido com Certificação.

2.1.10 Fluxo Luminoso

Segundo (Costa, 2005) fluxo luminoso é a potência de radiação emitida por uma fonte luminosa em todas as direções do espaço e avaliada pelo olho humano. A unidade é o lúmen [lm], e representa a quantidade de luz irradiada, através de uma abertura de 1 m^2 feita na superfície de uma esfera de 1 m de raio, por uma fonte luminosa de intensidade igual a 1 candela, em todas as direções, colocada no seu interior e posicionada no centro. 1 candela emite uniformemente 12,56 lumens considerando um raio R de 1 m.

O fluxo luminoso não poderia ser expresso em watts, já que é função da sensibilidade do olho humano, cuja faixa de percepção varia para o espectro de cores entre os comprimentos de onda de 3800 nm (cor violeta) a 780 nm (cor vermelha). Uma radiação monocromática de comprimento de onda igual a 555 nm e de 1 W, equivale a 683 lumens. Na prática, as fontes luminosas, não são monocromáticas e sua energia se distribui ao longo do espectro.

Segundo (Costa, 2005) uma definição mais rigorosa de fluxo luminoso é a de uma grandeza derivada do fluxo radiante Φ_e , pela avaliação da radiação, de acordo com a sua ação sobre o observador fotométrico padrão CIE.

Em termos matemáticos é:

$$\Phi_V = K_m \int_{380}^{780} \frac{\partial \Phi_e(\lambda)}{\partial \lambda} * \frac{V(\lambda) * \partial \lambda}{\partial \lambda} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde:

$\partial \Phi_e(\lambda)$ = é a distribuição espectral do fluxo radiante [W]

$V(\lambda)$ = é a eficiência luminosa espectral

K_m = é o valor do Watt – luminoso = 683 lm/W

$\Phi_n = \Phi$ O fluxo luminoso [Lm]

2.1.11 Intensidade luminosa

Limite da relação entre o fluxo luminoso num ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando esse ângulo sólido tender para zero. Pode-se dizer que é a propagação da luz em uma dada direção dentro de um ângulo sólido unitário.

$$I = \frac{d\phi}{d\beta} \quad \text{Eq.(8)}$$

Onde:

ϕ = fluxo luminoso

β = Ângulo solido

Intensidade luminosa é uma expressão da quantidade de luz irradiada num determinado sentido no interior. É calculada como a razão entre o fluxo luminoso ao elemento relevante para o ângulo sólido. A intensidade luminosa de uma lâmpada ou luminária não é igual em todas as direções. Grafando a intensidade luminosa em torno da lâmpada ou luminária, a distribuição da intensidade luminosa pode ser definida. Isto oferece uma descrição precisa das características fotométricas da lâmpada ou luminária. Distribuição de intensidade luminosa está geralmente representado na forma de um diagrama polar ou linear.

2.1.12 Eficiência Luminosa

A eficiência luminosa (η) de uma fonte é a relação entre o fluxo luminoso total emitido pela fonte (Φ) e a potência por ela absorvida (P). A unidade SI é o lm/W.

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad \text{Eq. (9)}$$

Φ = Eficiência luminosa (lm/W).

P= Potência consumida (W).

As lâmpadas se diferenciam entre si, não só pelos diferentes fluxos luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. O gráfico representado pela Figura 14 apresenta a eficiência energética de diferentes tecnologias de iluminação. Desde a virada do século, a tecnologia emergente (LED) vem sendo utilizada, superando rapidamente as tecnologias tradicionais demonstrando-se mais eficiente do que a fluorescente.

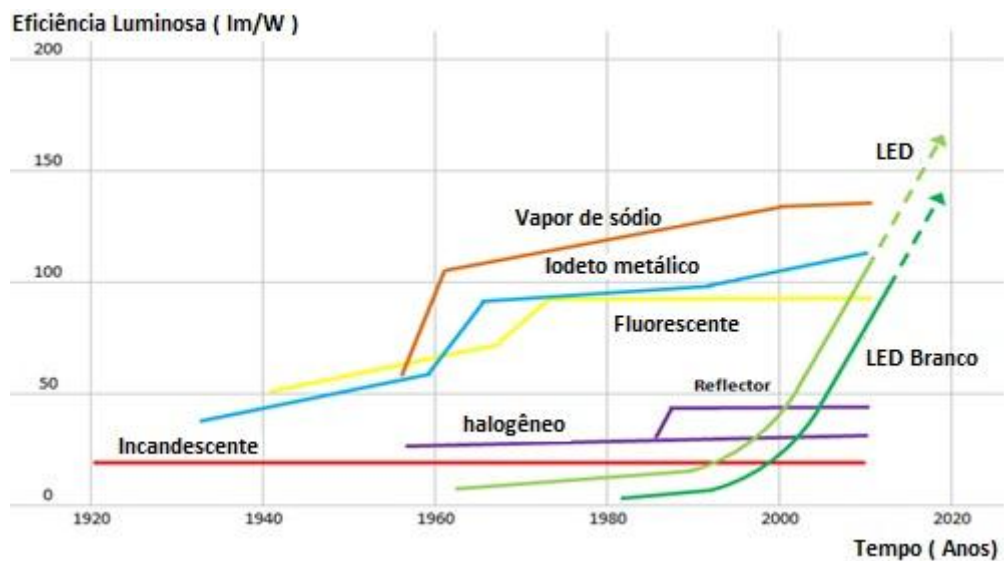


Figura 14: Tendência dos tipos de iluminação até horizonte 2020.

Fonte: <http://www.ledlightsmart.co.uk/benefits-of-led.html>

Tratando-se de eficiência global de uma luminária, esta depende de muitos outros fatores, como:

Conformidade da Luminária:

Características materiais (opaco, alumínio alta-refletância);

Grau de Reflexão;

Altura do foco;

Diâmetro da lâmpada (T8, T5).

Para exemplificar, como a conformidade, a altura do foco e o diâmetro da lâmpada influenciam na eficiência global da luminária, afetando diretamente na irradiação do fluxo luminoso. As Figuras 15 e 16 representam algumas.

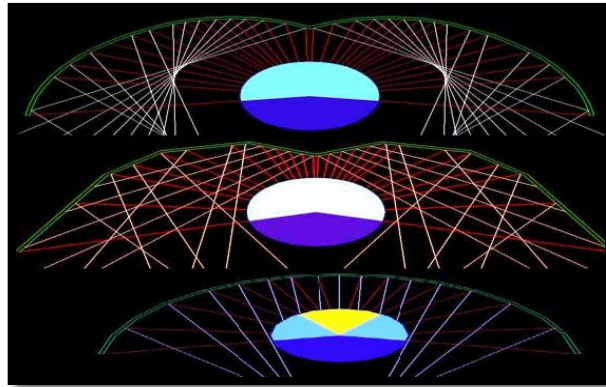


Figura 15: Detalhe dos tipos de conformidade de luminárias.

A Figura 16 permite uma visualização do fluxo luminoso para cada tipo de conformidade, sendo que cada um deles possui uma característica única e conseqüentemente diferentes ângulos de abertura de suas CDL.

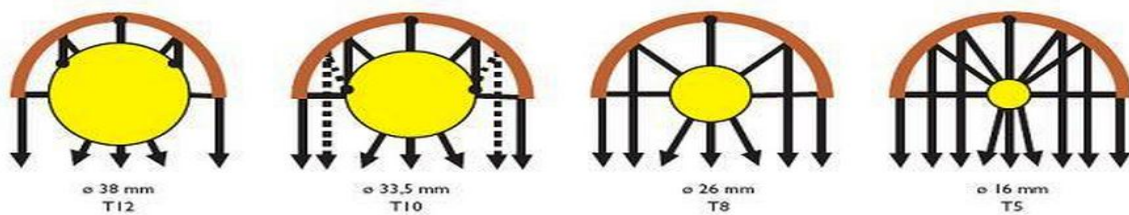


Figura 16: Modelo conformação em função tipo lâmpada- PHILIPS 2005.

Permite ainda, ter uma noção dos diferentes tipos de conformação em função dos diferentes tipos de lâmpadas que existem no mercado, pois cada modelo possui uma dimensão padrão diferente uma da outra, por exemplo, uma T8 possui diâmetro de 26 mm, já uma T5 possui dimensão 16 mm.

2.2 Fotometria

De acordo com a norma CIE 121-1996, esta estabelece métodos e os procedimentos fotométricos para medições de intensidade de distribuição de luz, medição do fluxo luminoso, luminância e iluminância utilizando goniofotômetro e com esfera de integração. Ambos podem realizar a medição de parâmetros colorimétricos, isto é, a distribuição espacial dos diferentes ângulos do composto espectral tais como a distribuição de energia, as coordenadas de cromaticidade, comprimento de onda dominante, temperatura de cor, índice de restituição de cor e outros parâmetros. A CIE 121-1996 é um relatório técnico que apresenta os requisitos

gerais para a fotometria de lâmpadas e luminárias da maioria dos tipos e inclui as seguintes informações:

- Condições de teste padrão em que os testes devem ser realizados, com tolerâncias de práticas aceitáveis;
- Processos de seleção de lâmpadas e luminárias;
- Procedimentos para a medição das características fotométrica.

A Figura 17 extraída da norma CIE 121, detalha como é feito o processo de medição de uma luminária, a orientação dos planos e toda análise dos sistemas de coordenadas fotométricas das luminárias. A realização destas é feita com base na rotação angular aplicado à luminária, utilizando um goniofotômetro. Este é necessário para definir uma estrutura espacial em torno da luminária. Tal instrumento consiste de um dispositivo mecânico para o apoio e o posicionamento da luminária ou lâmpada juntamente com os dispositivos para aquisição e processamento de dados. Os princípios da construção e seleção de goniofotômetros são cobertos na publicação CIE 70.

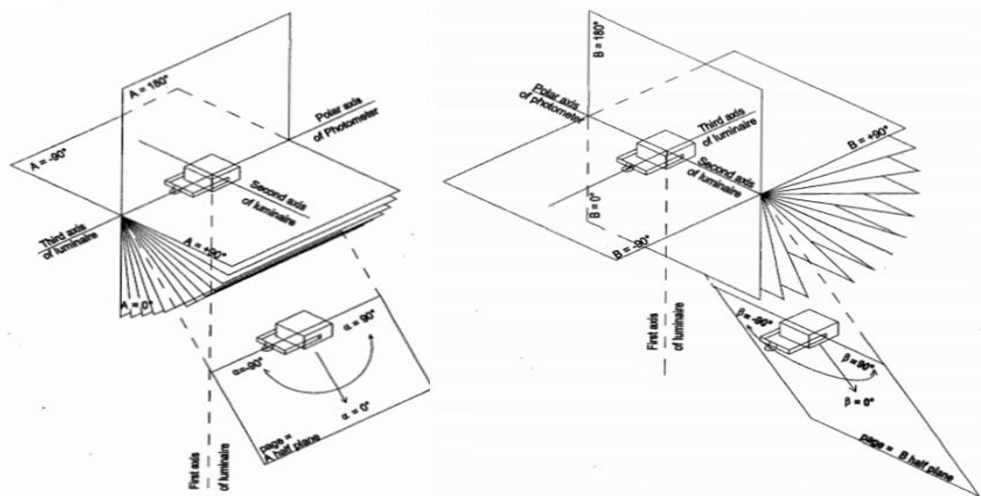


Figura 17: Orientação da luminária com goniofotômetro. Fonte CIE 121-1996.

A Figura 17 facilita entendimento de um ponto de vista geral, de como o sistema funciona através do sistema de coordenadas que consiste de um conjunto de planos, com um único eixo de intersecção. O Sistema de planos de medição em geral mensura a intensidade luminosa de uma luminária em vários planos. A intensidade luminosa emitida por uma fonte de luz em todas as direções é conhecida como distribuição luminosa. As fontes de luz utilizadas na prática tem uma forma cuja intensidade de radiação é afetada pela construção da própria fon-

te, apresentando vários valores nestas direções dispersas. Tal curva pode ser levantada utilizando o goniofotômetro. A Figura 18 permite uma visualização da curva de distribuição de uma lâmpada incandescente.

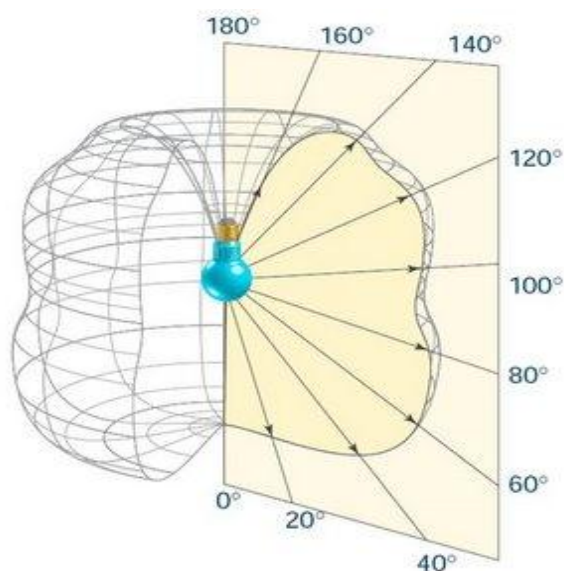


Figura 18: Detalhe levantamento da curva de distribuição luminosa.

Fonte: <http://electrical-engineering-portal.com>

A representação mais usual da curva de distribuição luminosa (CDL) é sua representação utilizando coordenadas polares, como por exemplo, a ilustrada na Figura 19, que representa a curva de uma luminária da PHILIPS TCS 460 – TL5 28W.

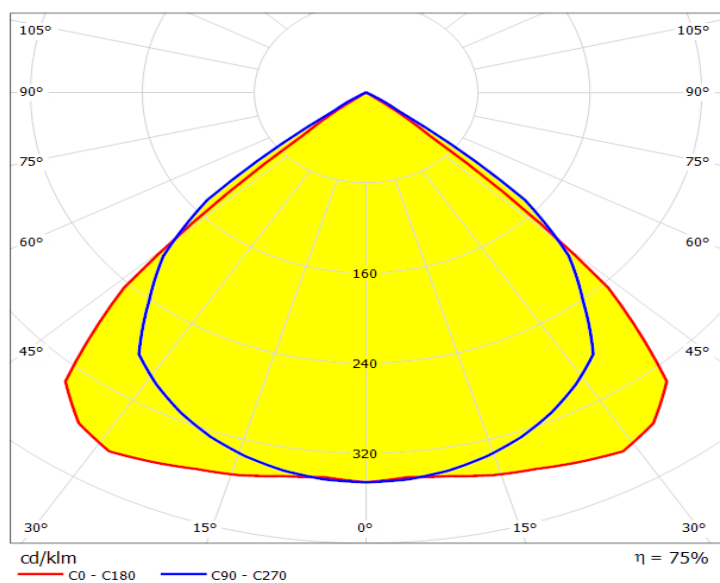


Figura 19: CDL luminária PHILIPS TCS 460- TL5 28W.

Fonte: PHILIPS

2.2.1 Softwares de projeto luminotécnico

Existem inúmeros softwares para projetos luminotécnicos disponíveis no mercado, algumas versões pagas e outras livres. A Tabela 3 abaixo detalha alguns dos principais softwares do setor e seus respectivos fabricantes.

Tabela 3: Principais softwares para calculo luminotécnico.

Software	Desenvolvido por:
AGI 32	Lighting Analysts Inc. LAI.
Calculux	Philips Electronics
Dialux	Dial GmbH
Relux Pro	Relux Informatik AG
Radiance	Gregory Ward Larson

2.2.2 Normas

Recentemente entrou em vigor a nova norma (NBR ISO/CIE 8995-1) que trata a respeito da iluminação interior de ambientes de trabalho, substituindo a antiga norma a NBR 5413.

A NBR ISO/CIE 8995-1 é uma norma brasileira específica que determina todos os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. A nova norma cancela e substituí as normas ABNT NBR 5413 (Iluminância de interiores), com última revisão em 1992 e a ABNT NBR 5382 (Iluminação de ambientes de trabalho), que havia sido inicialmente publicada em 1977 e que se encontrava sem atualização há 28 anos (desde 1985).

A Comissão de Estudo CE-03:034. 04 (Aplicações Luminotécnicas e Medições Fotométricas) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (COBEI) foi a responsável pela elaboração dessa norma e contou com a participação de mais de 60 profissionais representantes da ABILUX, CIE Brasil, ELETROBRÁS, PROCEL, INMETRO, FUNDACENTRO, empresas projetistas de sistemas de iluminação, fabricantes de equipamentos de iluminação, laboratórios de ensaios e concessionárias de energia elétrica.

No Brasil, atualmente existem inúmeras associações relacionadas à iluminação, sendo as principais:

- Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI);
- Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX);
- Centros de Demonstração da PUCRS, CEPEL, UFSC e ELETROBRÁS ELETROSUL;
- Centro de Excelência em Iluminação Pública (Labelo/PUCRS);
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO);

Segundo (Kawasaki, 2013) coordenadora da revisão da norma NBR 5413, os principais acréscimos incluídos na nova norma 8995:1 são relacionados principalmente com a adoção da iluminação de tarefas e de aspectos quantitativos, como o controle do ofuscamento e a reprodução de cor mínima para realização de atividades. Um ponto importante da norma é a questão da zona de trabalho, sendo criada uma área denominada entorno imediato à área da tarefa, exemplo representado pela Figura 20, sendo no mínimo 0,5m de largura ao redor da zona. Outro ponto importante é a questão da iluminação natural e da manutenção do sistema de iluminação.

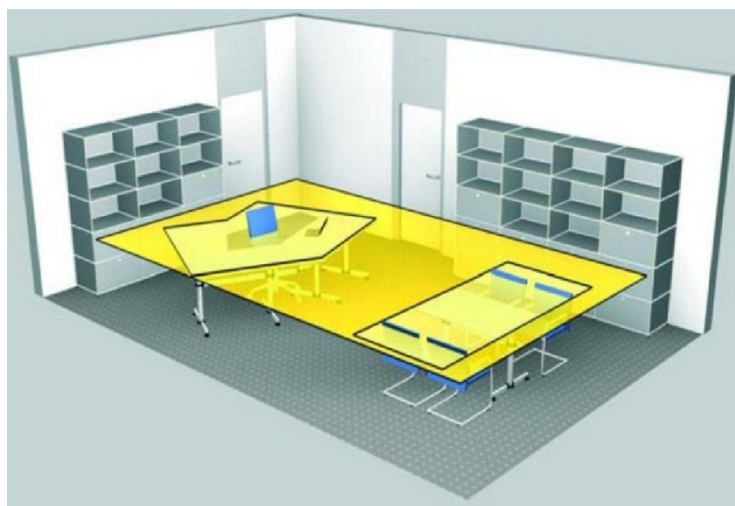


Figura 20: Zona de tarefa - Entorno imediato- Fonte: NBR 8995:1

Segundo (NBR 8995:1, 2013) a adoção da iluminância no entorno imediato pode ser mais baixa que a iluminância da área da tarefa. A iluminância, porém deve ser alterada gradual-

mente. Esta área deve ser iluminada o mais uniformemente possível, não devendo ser menor que 0,7 e 0,5 no entorno imediato. Tratando de ofuscamento, a Norma define 3 tipos, ofuscamento desconfortável, ofuscamento inabilitador e ofuscamento refletido. Para evitar o ofuscamento, a norma define ângulos de corte mínimo (ângulo medido a partir do plano horizontal, abaixo da lâmpada). Para reduzir o ofuscamento desconfortável e restritivo é utilizado o método UGR (Unified Glare Rating) que estabelece valores índices limite para o ofuscamento UGR (Limiting Unified Glare Rating) para as atividades e tarefas, diferente do método de Sollner. Neste, o brilho é avaliado de luminância de uma única luminária, calculando o ofuscamento da instalação como um todo, através de uma posição padrão do observador. A Norma faz recomendações pontuais, tratando do aspecto de cor para algumas atividades, como Tcp (Temperatura de cor correlata) mínima de 4000K para salas de atendimento médico, área de trabalho de precisão. Referente à reprodução de cor (Ra), recomenda-se que as lâmpadas com Ra menor que 80 não sejam utilizadas em interiores.

Para verificação dos níveis de iluminação em ambientes internos, utiliza-se a NBR 5382 - Verificação do Iluminamento de interiores (ABNT, 1985). Apresenta a forma de determinação da iluminância média em superfícies de trabalho em interiores de áreas retangulares, conforme a Figura 21.

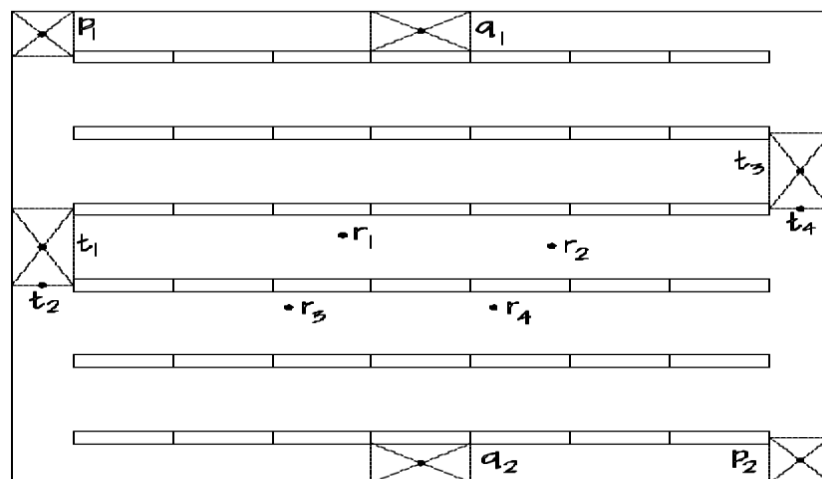


Figura 21: Determinação iluminância média- NBR 5382.

A iluminância média (E) é determinada através da equação 3.1.

$$E = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(N-1) + P}{NM} \quad Eq. (10)$$

Onde:

N é o número de luminárias por fila;

M é o número de filas;

P é a média aritmética entre p_1 e p_2 ;

Q é a média aritmética entre q_1 e q_2 ;

R é a média aritmética entre r_1 , r_2 , r_3 e r_4 ;

T é a média aritmética entre t_1 , t_2 , t_3 e t_4 .

2.2.3 Iluminação Natural

Segundo (Ghisi, 2002) a utilização da luz natural é, sob todos os aspectos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente. Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra, no Brasil, razões ainda mais fortes para ser adotada, visto que se têm características climáticas bem favoráveis.

Deve-se levar em conta que um dos grandes problemas da simples utilização da radiação proveniente do sol consiste na sua composição espectral, isto é, aproximadamente 45% da energia recebida pela terra e composta por radiações infravermelhas, (RODRIGUES, 2002). Logo, um sistema de iluminação que se utiliza deste tipo de fonte energética deve possuir uma proteção adequada contra esta incidência direta, de modo que essa parcela de radiação não interfira significativamente em outros aspectos de eficiência energética. Caso do aumento da carga térmica a ser suprida por aparelhos de ar condicionado, visto que radiação infravermelha está diretamente associada ao aquecimento do ambiente.

Por outro lado, cerca de 50% da radiação é composta de espectro visível, isto é, o uso da luz natural pode fornecer economias de até 50% no consumo de energia elétrica, se corretamente utilizado. Convergindo a este pensamento, a localização das tarefas passa a ter maior importância, ou seja, os locais de trabalho que possuem mais exigências devem estar situados perto de janelas, de modo a receber de forma adequada esta carga de energia.

Um elevado potencial de economia de energia pode ser alcançado se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos. No entanto, a iluminação natural não resulta diretamente em economia de energia. A economia só ocorre quando

a carga de iluminação artificial pode ser reduzida através de sua utilização. Existem poucas edificações em que a iluminação natural possa suprir o total de iluminação necessária. Da mesma forma, existem poucas edificações em que a iluminação natural não possa contribuir significativamente na iluminância do ambiente.

Segundo (EPRI, 1993), a utilização da iluminação natural deve ser avaliada na concepção inicial do projeto e deve levar em consideração a variação diária e sazonal da luz para fornecer iluminação adequada por maior tempo e menor carga térmica possível.

Segundo (CADDET, 1995), um espaço iluminado adequadamente através de iluminação natural e sistemas de controle de iluminação artificial pode resultar em economia de energia gasta em iluminação entre 30 e 70%.

A iluminação natural, apesar de variável ao longo do ano, dos meses, dos dias e de minuto a minuto, deve ser avaliada de forma a se elaborar projetos luminotécnicos em que a iluminação artificial seja utilizada apenas como forma de suprir as necessidades de iluminação quando a luz natural não for capaz de fazê-lo.

2.2.4 Iluminação de ambientes de estudo

Particularmente sobre as salas de aula, o conforto ambiental é condição importante para o desempenho dos alunos como do professor. O documento (ORIENTAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO DAS BIBLIOTECAS, 2008) faz inúmeras considerações para ter uma boa qualidade de iluminação em ambientes de biblioteca escolar.

A qualidade da biblioteca escolar depende essencialmente da sua integração efetiva no projeto educativo da escola. Uma biblioteca, para corresponder ao que se espera dela, deve ser encarada como o produto de um diálogo entre arquiteto e os especialistas de vários ramos que sobre ela têm uma palavra a dizer.

Em termos gerais, deve corresponder aos princípios enunciados pelo programa da rede de bibliotecas escolares, onde se evidenciam vários requisitos, dos quais destacamos:

1. Localização
2. Iluminação
3. Acessibilidade
4. Segurança

5. Área de construção
6. Organização do espaço
7. Mobiliário e equipamentos

Tratando de bibliotecas e exclusivamente no que diz respeito à localização, deve ser analisado:

- Em função do contexto global, esta deve ficar localizada numa zona central e de fácil acesso a partir das salas de aula, longe das zonas mais ruidosas e do setor administrativo, da direção da escola, bem como da sala de professores;
- Em função da orientação espacial e dos microclimas locais, a orientação deve privilegiar uma boa iluminação natural e prevenir variações térmicas exageradas ou grau de umidade excessivo no espaço interior.

Tratando de bibliotecas e exclusivamente a respeito da iluminação, deve ser garantida esta na sua forma natural de maneira a impedir a entrada direta do sol no espaço da biblioteca. Com a preocupação de uma boa iluminação natural, a maior parte das bibliotecas possui uma fachada envidraçada virada para a nascente, poente ou sul, originando um sobre aquecimento interior no verão e, por outro lado, o arrefecimento acentuado no inverno, não sendo possível recorrer a equipamentos adequados, atendendo ao seu custo, manutenção e respectivos consumos.

Uma boa iluminação natural e uma relação visual com o exterior são imprescindíveis à um espaço que se quer aprazível, mas a entrada direta do sol dever ser evitada, de modo a não obrigar a utilização de cortinas de difícil enquadramento e manutenção. A iluminação artificial seguindo as regras e regulamentos específicos deve levar em conta a natureza das áreas funcionais e a compartimentação dos espaços recorrendo ao mobiliário.

A área multimídia deve estar organizada de modo a que os monitores não recebam luz direta ou estejam em contra luz. De forma geral, tal ambiente exige um espaço bem dimensionado em função do número de usuários previstos, bem como do clima específico da região onde se insere.

Segundo (PEREIRA, 1997) a distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: Disponibilidade da luz natural, obstruções externas, tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, características óticas dos envidraça-

dos, tamanho e geometria do ambiente e refletividade das superfícies internas. A eficiência da luz natural depende da iluminação da abóbada celeste, do ângulo de incidência da luz, da cor empregada no ambiente e da cor e natureza dos vidros por onde penetra a luz (PIZOTTO, 1980).

Para análise da iluminação natural, segundo (PEREIRA, 1997), os métodos gráficos são de fácil aplicação, porém nota-se que a análise é feita de uma situação por vez, como por exemplo, um determinado horário em um determinado dia. As simulações computacionais geralmente exigem uma série de dados de entrada o que nem sempre é possível além de possuir limitações teóricas que são frutos de suposições que nem sempre são conhecidas pelos usuários do programa e os modelos em escala reduzida mostram-se efetivos.

Para (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997) o conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação. A usufruir de um ambiente dotado de um nível de iluminação adequado, seja ele obtido através do uso da luz natural, da artificial ou das duas fontes simultaneamente, os usuários poderão desenvolver suas atividades visuais com acuidade e precisão, sem a necessidade de fazer grandes esforços e sem prejudicar sua visão.

Baker e Steemers (2000) ratificam que, é comum relacionar o desempenho visual ao nível de iluminação no ambiente; porém, luz em demasia pode causar cansaço visual e ofuscamento, enquanto que a insuficiência de iluminação pode causar fadiga, dor de cabeça, irritabilidade, além de provocar erros e acidentes (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

Referente ao conforto luminoso em ambientes escolares, para atividades intensas, como aquelas observadas no interior das salas de aula, o conforto lumínico é uma questão fundamental. A luz constitui instrumento imprescindível para o pleno desempenho visual em ambientes escolares, principalmente nas salas de aula, onde os alunos passam a maior parte do tempo desenvolvendo atividades (RAMOS E PORTO, 2006). Uma iluminação inadequada poderá acarretar numa menor aprendizagem por parte dos alunos. Boas condições de iluminação favorecem o processo de aprendizado (BERTOLOTTI, 2007).

Segundo (COSTA, 2005) as boas condições de iluminação no Interior das edificações escolares vão além dos mínimos de iluminância exigidos por Norma, quando destaca requisitos para a obtenção de um ambiente luminoso adequado: conforto visual, para tornar o interior um lugar agradável; dinamismo, para estimular os sentidos dos usuários; adequação às necessidades dos usuários e atividades; flexibilidade, em função da adaptação e da multiplicidade de atividades ou mudanças de funções; minimização do consumo da energia elétrica. Para

atender aos requisitos expostos acima, a iluminação de um ambiente escolar pode fazer uso tanto da luz natural, como da artificial. O uso da luz natural no interior das salas de aula, além de proporcionar benefícios físicos e psicológicos aos usuários, pode acarretar em uma considerável economia nos gastos com energia.

Para (Frاندoloso, 2001), a iluminação, no interior das salas de aula, deve considerar os níveis de iluminância natural e artificial sobre os principais planos de leitura: mesa dos alunos e quadro. Referente às atividades visuais em salas de aula que são muitas, dentre as principais cabe ressaltar as mais frequentes, pois cada uma envolve planos de trabalho distintos, tipos e níveis de iluminação (LOPES, 2006). Neste caso a leitura e escrita são atividades geralmente desenvolvidas sobre o plano horizontal (carteira escolar) ou vertical (quadro negro). As superfícies destes planos possuem diferentes Índices de refletância, conforme seu material, cor e textura. Um fator importante para a leitura é a distância e posicionamento entre o leitor e o objeto a ser lido. Conforme a posição do usuário em relação ao quadro, as reflexões geradas, tanto pelas aberturas, como pelas luminárias, podem atrapalhar e até inibir a visibilidade desta superfície, ocasionando grande desconforto aos usuários. Uma das formas de minimizar esta situação é o emprego de proteções nas janelas e luminárias com refletores. É necessário um maior controle de luminosidade, seja através da sua intensidade, índice de reprodução de cor e direcionalidade do fluxo luminoso.

As bibliotecas pertencentes à Unipampa tem como missão dar suporte de informações para atividades ensino, pesquisa e extensão, promover a disseminação da informação em prol do desenvolvimento da educação. Em 2011 o acervo total de livros chegou a 81 mil exemplares, sendo que o campus de Bagé possui o maior acervo com mais de 17 mil exemplares, Dom Pedrito chegou a 3570 exemplares. A Figura 22 mostra em detalhes os acervos.

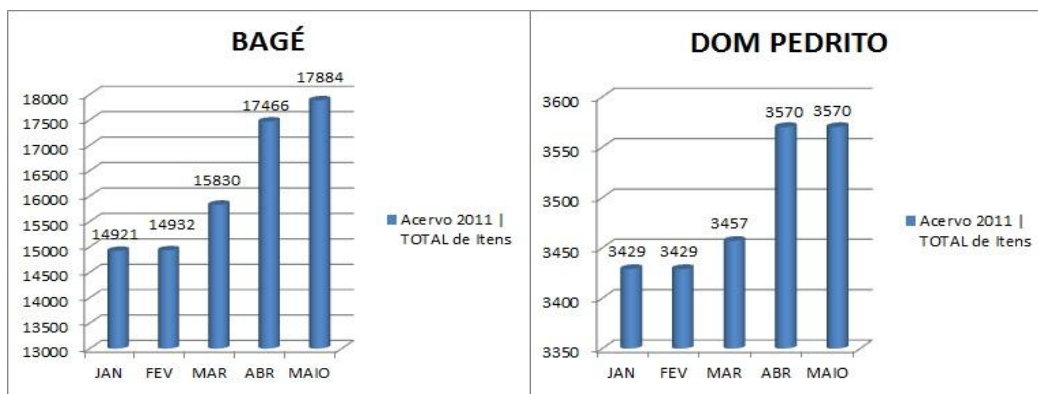


Figura 22: Gráfico com acervo livros bibliotecas Bagé e Dom Pedrito.

Fonte: www.unipampa.edu.br

3 PROJETO LUMINOTÉCNICO NOS CAMPI DA UNIPAMPA.

O trabalho em questão realizado na busca do patrocínio da concessionária de energia que atua nas respectivas localidades (Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão) em detalhe na Figura 23, visa a realização de um estudo de caso nos campi pertencentes à Universidade federal do Pampa com o intuito de levantar/verificar os atuais índices de iluminação nos ambientes destinados a estudo (Bibliotecas e Salas de aula) pelas pessoas que nesses ambientes realizem suas atividades diárias na universidade.



Figura 23: Layout geral das localização campus Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão.

3.1 Levantamento da carga de Iluminação

Basicamente o tipo de iluminação existente nos prédios são luminárias T8 4X32W, e numa menor quantidade existem também luminárias com 2X32W. Algumas luminárias com fundo plano leitoso e outras com fundo com alumínio especular de alta refletância. Os prédios são compostos por diferentes tipos de salas: salas de aula, bibliotecas, banheiros, hall, escadas, copa, sala de reuniões, NTI, circulação, saguão, almoxarifado, salas pesquisa, sala de atendimento, laboratórios, gabinetes dos professores, secretaria acadêmica, secretaria administrativa, direção entre outras.

A Tabela 4, representada abaixo, mostra em detalhes a carga de iluminação referente o campus de Bagé.

Tabela4: Levantamento carga de iluminação- Bagé.

Local	Número de Salas	Número de Lâmpadas	Número de Luminárias	Potência [kW]	
				Instalada	Demandada
Bloco I - Pav. Térreo	13	652	163	22,17	18,56
Bloco I - 2° Pav.	7	240	60	8,16	6,83
Bloco I - 3° Pav.	6	232	58	7,89	6,60
Bloco II - Pav. Térreo	8	280	80	9,52	7,97
Bloco II - 2° Pav.	9	336	84	11,42	9,56
Bloco II - 3° Pav.	9	336	84	11,42	9,56
Bloco II - 4° Pav.	8	296	74	10,06	8,43
TOTAL	60	2.372	603	80,65	67,52

Para o campus de Bagé-RS, foi realizado um levantamento da carga de iluminação. Este campus é composto basicamente por laboratório de osseologia, laboratório de bioquímica de nutrição animal, salas professores, hall, WC masculino, WC feminino, diretório acadêmico, armazenamento de material topográfico, sala de aula, armazenamento de ossos, laboratório de parasito laboratório de botânica, laboratório de farmacologia, hall, laboratório de informática, laboratório de química analítica, sala de aula, motor da câmara fria, sala sem identificação, laboratório anatomia animal, depósito de animais. A potência instalada no campus de Bagé chega a 80,65 kW.

A Tabela 5 mostra em detalhes a carga de iluminação do campus de Dom Pedrito.

Tabela 5: Levantamento carga de iluminação-Dom Pedrito.

Sistema T8 - x32W				
LOCAL	Número de Salas	Número de Lâmpadas	Número de Luminárias	Potência [kW] Instalada
Térreo	22	652	187	23,384
2º Pavimento	9	334	90	11,048
Total	31	986	277	34,432

Basicamente as luminárias utilizadas são: 2x32W(Grande maioria), 4x32W e em pouquíssima quantidade lâmpadas incandescentes de 50W, 60W e 100W. A potência instalada no campus de Dom Pedrito chega a 34,432 kW.

Para o campus de Jaguarão, também foi realizado um levantamento da carga de iluminação, este campus é composto basicamente por auditório, laboratório, laboratório de informática, saída emergência, escada protegida, sala de aula, diretório acadêmico, banheiro feminino, banheiro masculino, hall, almoxarifado corredor, biblioteca corredor, secretaria geral almoxarifado, coord. Curso, secretaria, colegiados, sala de reuniões coord. curso, sala multimídia, sala de reuniões, sala professores, limpeza, sala descanso, atendimento e copa. A Tabela 6 mostra em detalhes a carga de iluminação referente o campus de Jaguarão. Possui uma potência instalada de 34,43kW.

Tabela 6: Levantamento carga de Iluminação - Jaguarão.

Sistema T8 - x32W				
LOCAL	Número de Salas	Número de Lâmpadas	Número de Luminárias	Potência [kW] Instalada
Térreo	17	404	121	13,648
2º Pavimento	36	528	200	18,551
3º Pavimento	36	606	203	21,392
Total	89	1.538	524	34,432

Para facilitar a comparação entre cada campus, está representado no gráfico da Figura 24, a potência instalada referente à iluminação em cada um deles.

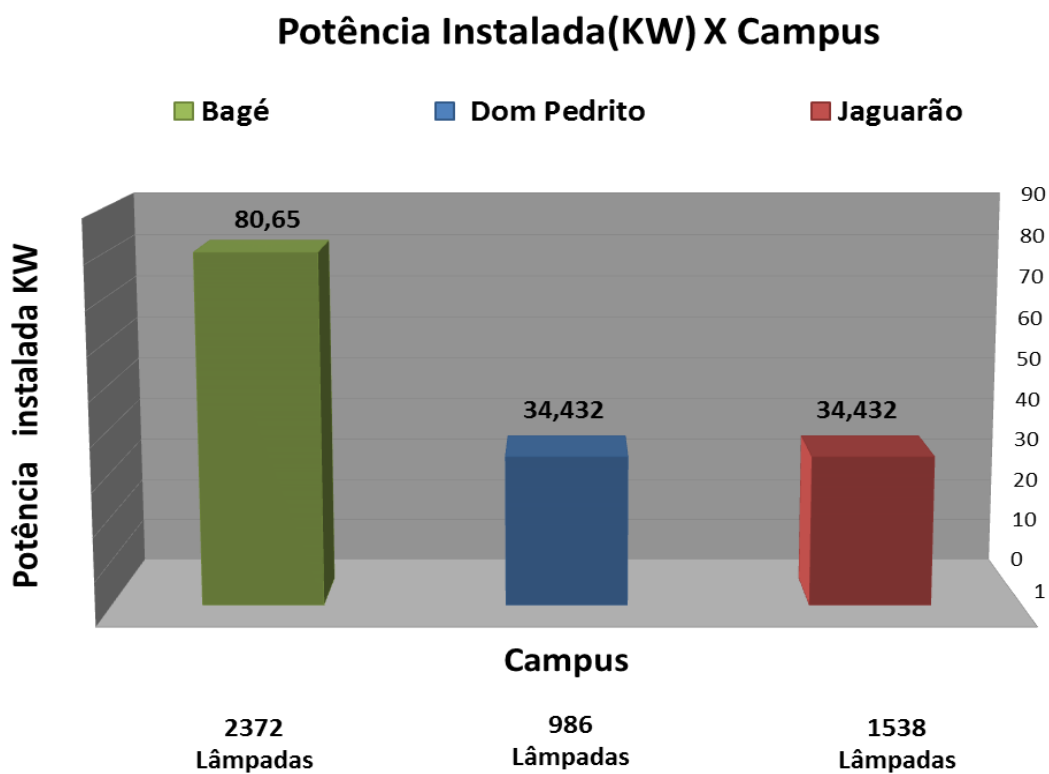


Figura 24: Gráfico comparativo de potência instalada com iluminação em cada campus.

Bagé é o campus com maior carga instalada de iluminação, sendo que este possui 2.372 lâmpadas e uma potência instalada de 80,65 kW, Bagé e Jaguarão possuem 34,43kW.

3.2 METODOLOGIA

Para modelagem utilizando o software DIALUX, foi necessária a utilização das plantas civis no formato DWG, obtidas por intermédio da coordenadoria de obras da Universidade Federal do Pampa. Através destas foi possível fazer a localização geográfica de cada instalação, identificando o Norte. Este é um parâmetro importantíssimo para realização da simulação com o software, pois no momento em que ocorre simulação considerando iluminação externa o posicionamento do prédio com referencia ao azimute do sol acarreta em valores diferentes para posição onde não se alcança a iluminação externa. Esta parcela de iluminação natural externa pode ser percebida em detalhes nas simulações utilizando isolinhas e representação por cores (Ra). Todas as simulações realizadas com software DIALUX foram realizadas adotando céu claro e horário de simulação como 10 horas e 30 minutos da manhã. O software

permite realização de três tipos de cenários de luz, simulações considerando céu encoberto e céu misto. Utilizou-se um fator de manutenção padrão de 0,8 (Sala muito limpa, com limpeza constante ao longo do ano). A NBR8995 explicita a realização de consulta à Norma CIE97: 2005, que não recomenda que o fator de manutenção seja inferior a 0,7. Para configuração dos parâmetros de superfícies das sala/biblioteca, foi obedecida a nova Norma de iluminação de interiores NBR 8995, que limita uma faixa de valores de refletâncias para as seguintes superfícies internas, teto (0,6 a 0,9), paredes (0,3 a 0,8) e piso (0,1 a 0,5). Tratando-se do nível de iluminação, cada tipo de ambiente necessita de um nível de iluminação que garanta o conforto mínimo para realização das tarefas relacionadas com o tipo de ambiente.

Tratando de ambientes luminosos, a prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É necessário que as tarefas sejam realizadas com facilidade e conforto. Para isso além de seguir a risca a Norma NBR8995 que aborda tais níveis de iluminação para ambientes interiores, levou-se em consideração inúmeras questões para garantir que o projeto assegure o conforto luminoso para os ambientes em estudo, sendo as principais:

- Distribuição uniforme da iluminação
- Ofuscamento
- Direcionalidade da luz
- Contribuição iluminação natural
- Reprodução de cor

Segundo a NBR 8995 a distribuição da iluminação no campo de visão controla o nível de adaptação dos olhos, o qual afeta a visibilidade da tarefa. Uma iluminação balanceada permite uma melhora na acuidade visual (Nitidez), uma maior sensibilidade ao contraste. Uma iluminação excessiva causa desconforto visual, podendo levar ao ofuscamento. É muito importante limitar o ofuscamento (desconfortável e restritor) para prevenir erros, fadiga e acidentes, se os limites referentes ao ofuscamento desconfortável forem atendidos, o ofuscamento restritor geralmente não será um problema. Para proteção contra ofuscamento, para fontes de luz artificial, o ângulo de corte mínimo para proteção da visualização direta do ponto de luz não pode ser menor que os estabelecidos pela Tabela 7:

Tabela 7: Luminância x Ângulo de corte mínimo.

Luminância da lâmpada (Kcd/m²)	Ângulo corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°

Fonte: NBR 8995

O ofuscamento desconfortável de um ambiente a ser iluminado deve ser determinado pelo método tabular do índice de ofuscamento unificado da CIE (UGR) pela seguinte equação:

$$UGR = 8 * \text{Log}\left(\frac{0,25}{L_b} * \sum \frac{L^2 * \omega}{P^2}\right) \quad \text{Eq.(11)}$$

Onde:

L_b = É a luminância de fundo (cd/m²).

L = É a luminancia da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador.

P = É o índice de posição Guth de cada luminária, individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão.

ω = É o ângulo sólido da parte luminosa junto ao olho do observador.

Maiores detalhes do método UGR estão na CIE 117-1995.

Desta maneira, todos os valores encontrados para UGR devem respeitar os limites estabelecidos pela seção 5 da NBR 8995, sendo estes baseados na posição padrão do observador, validada pelo método tabular UGR com razão 1:1 da relação entre espaçamento e altura.

A NBR 8995 trata da reprodução de cores (Ra) como um índice geral de reprodução de cor, antigamente conhecido por IRC no Brasil e CRI internacionalmente. É primordial para um bom desempenho visual e para sensação de conforto/bem estar que as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana sejam reproduzidas natural e corretamente. As cores para segurança de acordo com a ISO 3864 devem ser reconhecíveis e claramente discrimináveis.

Os valores máximos permitidos para Ra é 100 (reprodução perfeita das cores). Estes diminuem gradualmente com a redução da qualidade de reprodução de cor.

Desta maneira, todos os valores encontrados para Ra devem respeitar os limites mínimos estabelecidos pela seção 5 da NBR 8995, devendo estes estarem acima do mínimo que é 80 para ambientes interiores, onde pessoas trabalham ou permaneçam por longos períodos.

Para simulações luminotécnicas considerando cenário de luz, foram levadas em consideração as dimensões reais das janelas, fator preponderante para obtenção correta dos níveis de iluminação. Como citado anteriormente, a orientação do pavimento referenciado pela indicação do Norte, afeta diretamente os níveis de iluminação considerando iluminação externa, pois segundo a NBR 8995, a luz natural varia em nível e composição espectral com o tempo e por esta razão a iluminação de um ambiente interno sofre variações. Todos os valores de iluminâncias especificados pela Norma são valores de iluminâncias mantidas e proporcionam a segurança visual no trabalho e as necessidades do desempenho visual exigido para cada tipo de ambiente. A iluminância média para cada tarefa não depende mais da idade e condições da instalação. Os valores são validados para condição visual normal e são levados em consideração os seguintes fatores:

- Requisitos para tarefa visual;
- Segurança;
- Aspectos psicofisiológicos (conforto visual/ bem estar);
- Economia;
- Experiência prática;

A norma NBR 8995 trata a questão da iluminância no entorno imediato relacionada à iluminância da área de tarefa e propõem que aja um balanceamento entre ambas no campo de visão. Isso porque as mudanças drásticas na iluminância ao redor da área de tarefa acarretam desconforto visual e esforço visual estressante. A norma estabelece valores mínimos para o entorno imediato, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Iluminância da tarefa x entorno imediato.

Luminância da tarefa (Lux)	Iluminância do entorno imediato (Lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: NBR 8995

3.3 BIBLIOTECA

A iluminação de ambientes, tipo bibliotecas, é feito segundo as normas NBR 8995 iluminação de interiores e também segundo a NR-17 (que trata da ergonomia). Ambas deixam claro que deve haver iluminação adequada, seja iluminação artificial ou natural, geral ou complementar, devidamente apropriada para a natureza da atividade que no respectivo ambiente é realizada. Segundo a NR-17 a iluminação geral deve ser uniformemente distribuída. O projeto de iluminação geral deve ser executado com o intuito de evitar sombreamentos indesejados, ofuscamento e contrastes excessivos. A iluminação adequada no ambiente de trabalho ajuda a reduzir o risco de acidentes, prevenindo também a fadiga visual acarretada pela exposição inadequada a iluminação por períodos longos. O ofuscamento pode acarretar cefaleia e cansaço visual, este causado por luz excessiva, acarretando mal estar. Os valores mínimos do nível de iluminação são estabelecidos pela norma NBR 8995. Tal norma está devidamente reconhecida pelo INMETRO. A modelagem utilizando software já foi detalhada no tópico 3.2.

3.3.1 Resumo sistema atual

Tratando-se de bibliotecas, os equipamentos para iluminação utilizados atualmente são formados basicamente pelo conjunto, luminária fabricado pela empresa RESMINI, modelo T8 R630 S432 de sobrepor com refletor plano leitoso sem difusor, juntamente com 4 lâmpadas fluorescentes T8 da marca Ziron de potência 32W, fluxo luminoso de 2500 lumens e temperatura de cor de 4100 Kelvin e composto também por dois reatores eletrônicos fabricado pela empresa Top Line, de 32/40W. Possui opção de alimentação de tensão em 127/220V, reque-

rendo uma potência total de 73W com Fator de Potência de 58%. A Figura 25 representa a luminária utilizada nas bibliotecas dos campi em estudo.



Figura 25: Luminária do sistema atual de iluminação, 4x32W.

Pela Figura 25, pode-se visualizar as características básicas do produto, como por exemplo, modelo de luminária de sobrepôr, com 4 lâmpadas, fundo plano leitoso sem difusor e o reator top line 2x32/40W utilizado.

Para biblioteca do campus de Bagé, representada pela Figura 26, foi possível realizar as devidas medições dos níveis de iluminância, tendo em vista que no dia que iriam ser realizadas as medições a biblioteca estava com serviços de manutenção e limpeza. Com isso o presente trabalho não tratou da biblioteca do campus Bagé.

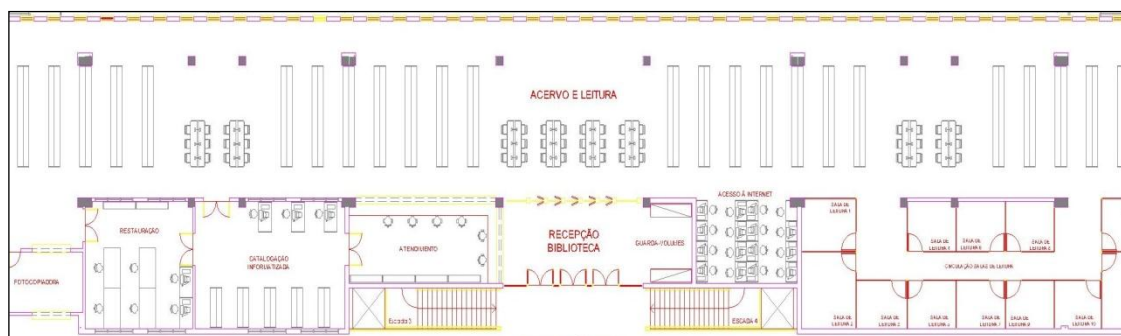


Figura 26: Layout 2D - Biblioteca de Bagé.

A biblioteca do campus Bagé, é a maior das bibliotecas tratadas até agora, possui a maior área de estudo e maior área de prateleiras. Possui espaço com computadores para acesso a internet e inúmeras mesas para estudo intercaladas com prateleiras. A Figura 27 mostra uma representação real da biblioteca de Bagé, a qual possui inúmeras prateleiras. O sistema de iluminação atual possui uma orientação perpendicular às prateleiras que estão sendo iluminadas.



Figura 27: Vista da biblioteca- sistema atual iluminação- Bagé.

3.3.1.1 Dom Pedrito

Para biblioteca do campus de Dom Pedrito foi realizado o levantamento inicial da alocação de cada estante, mesa, janelas, tipo de piso, tonalidade das paredes, teto e principalmente o posicionamento geográfico da sala (A referencia foi o Norte, informação necessária posteriormente para fazer simulação utilizando software DIALUX). Com o auxilio da trena métrica foi possível levantar as dimensões da biblioteca em estudo, podendo confrontar com a planta civil disponibilizada pela UNIPAMPA. A planta civil em 2D possibilita uma visão geral da conformidade da sala e a distribuição de vigas. A biblioteca de Dom Pedrito possui basicamente uma área destinada a prateleiras com livros, em torno de 3 fileiras duplas de estantes, uma área de estudo com 4 mesas, uma área de circulação e uma área destinada a atendimento junto ao profissional responsável.

A biblioteca tem uma altura de 3,36 m e possui seu sistema de iluminação anexa ao teto, suas luminárias estão instaladas de forma transversal a orientação das prateleiras, em detalhe na Figura 28.



Figura 28: Vista sistema atual iluminação- Biblioteca Dom Pedrito.

Com a visita técnica a biblioteca do campus Dom Pedrito foi possível levantar inúmeras inconformidades, como:

- Pontos de sombreamento
- Pontos com excesso de iluminação
- Má distribuição da iluminação
- Falta de uniformidade
- Sentido orientação das estantes com referência a atual orientação das luminárias.

3.3.1.2 Jaguarão

Para biblioteca do campus de Jaguarão foram tomadas as mesmas medidas da biblioteca do campus Dom Pedrito, para realização do levantamento da atual situação da biblioteca (alocação de cada estante, mesa, janelas, tipo de piso, tonalidade das paredes, teto) e principalmente a orientação do Norte. Levantaram-se as dimensões da biblioteca em estudo, tendo sido confrontado com a planta civil disponibilizada pela Unipampa. A planta civil 2D fornece uma visão geral da conformidade da sala e a distribuição de vigas. A biblioteca possui basicamente uma área destinada a prateleiras com livros, em torno de 10 fileiras duplas de estantes, uma área de estudo com 10 mesas, uma área de circulação e uma área destinada a atendimento junto ao profissional responsável. A biblioteca tem uma altura de 3,36 m e possui seu sistema de iluminação anexo ao teto. Suas luminárias estão instaladas de forma paralela a orientação das prateleiras, em detalhe na Figura 29.



Figura 29: Vista sistema atual iluminação- Biblioteca Jaguarão.

Com a visita técnica à biblioteca do campus Jaguarão foi possível levantar inúmeras inconformidades, como:

- Pontos de sombreamento
- Pontos com excesso de iluminação
- Má distribuição da iluminação
- Falta de uniformidade
- Posicionamento inadequado das luminárias

Os principais pontos relevantes do atual sistema de iluminação da biblioteca do campus de Jaguarão estão detalhados e comentados nas próximas Figuras (30, 31, 32, 33 e 34).

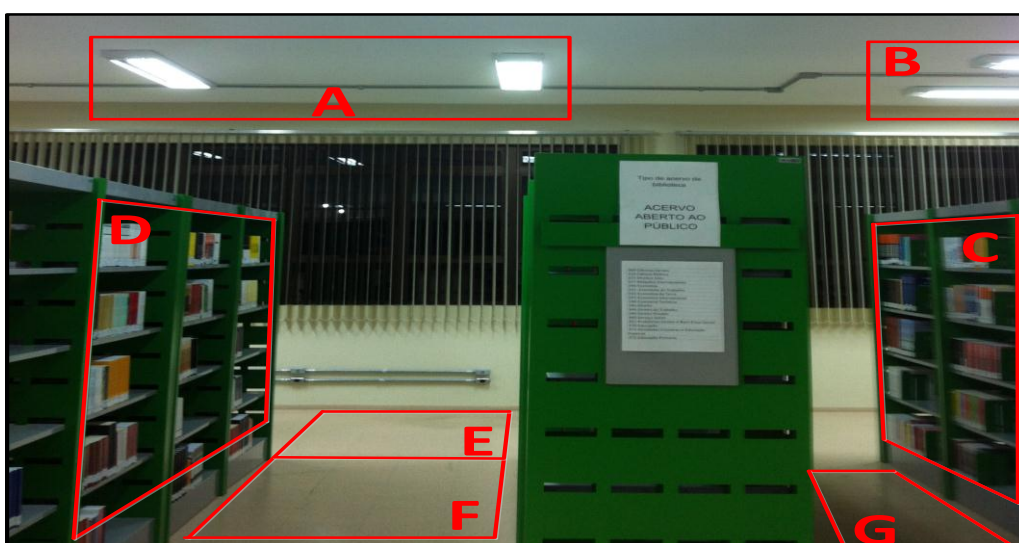


Figura 30: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.

Através da Figura 30, fica fácil identificar inúmeras anomalias, por exemplo, as luminárias representadas pela letra A, mostra inadequada alocação das luminárias, estas estando praticamente “coladas” na parede lateral, sendo que estas luminárias estão iluminando mais o corredor (letra E) do que as estantes (objetivo principal). Percebe-se a total falta de iluminação em C, D, E, F. Tanto em C quando em D não existe uma iluminação vertical necessária para tal ambiente. Ficam evidentes as zonas escuras em F e G (fruto de uma má alocação das luminárias/estantes).

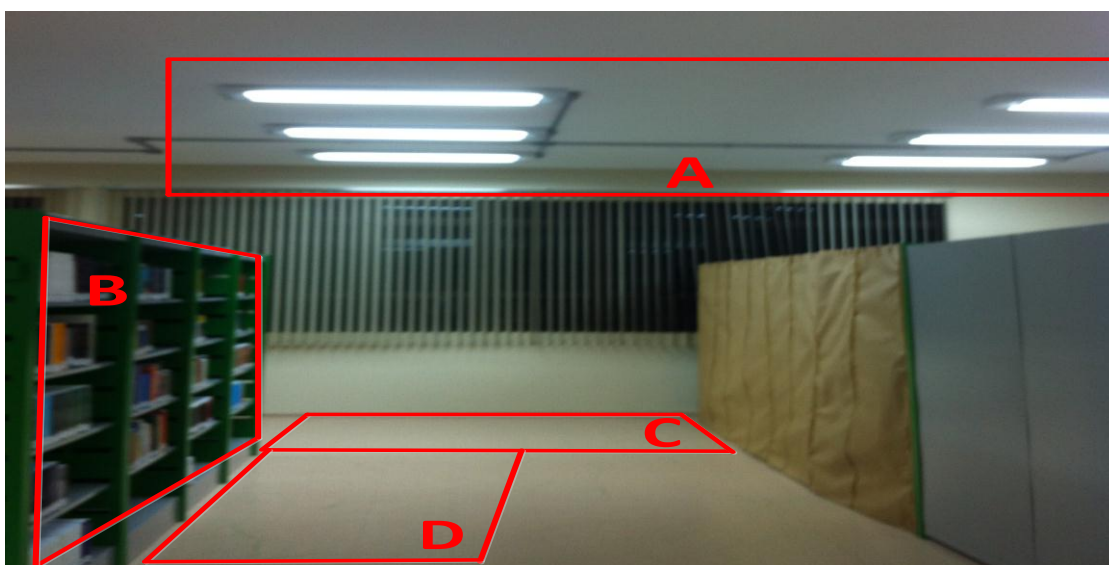


Figura 31: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.

Através da Figura 31, identificam-se inúmeras anomalias, por exemplo, as luminárias representadas pela letra A mostram sua inadequada alocação das luminárias e a falta de sua distribuição uniforme. Estas estão praticamente “coladas” na parede lateral e muito próximas entre si, totalizando 6 luminárias em uma área pequena, acarretando em um grande excesso de iluminação em um único ponto, sendo que estas luminárias estão iluminando mais o corredor (letra C) do que as estantes (objetivo principal). Constata-se a total falta de iluminação em B, não existindo iluminação vertical necessária para tal zona de iluminação.

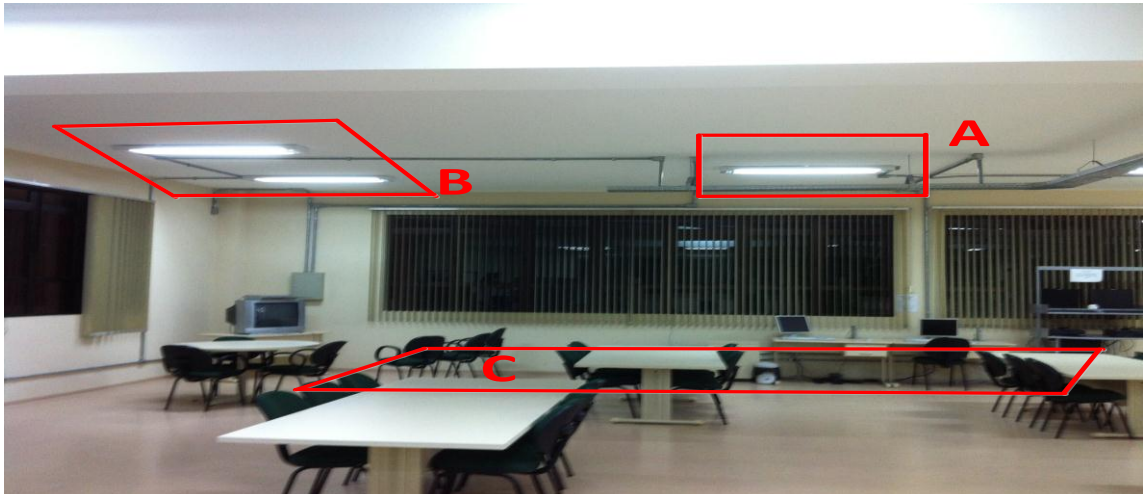


Figura 32: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.

A Figura 32 permite identificar inúmeras anomalias, como por exemplo, a representada pela letra C, mostra uma grande zona escura sem iluminação no meio da área de estudo da biblioteca, sendo uma área relativamente grande. Que possui apenas 3 luminárias, representadas por A e B. Fica evidente a falta de iluminação e a falta de distribuição uniforme na sala.

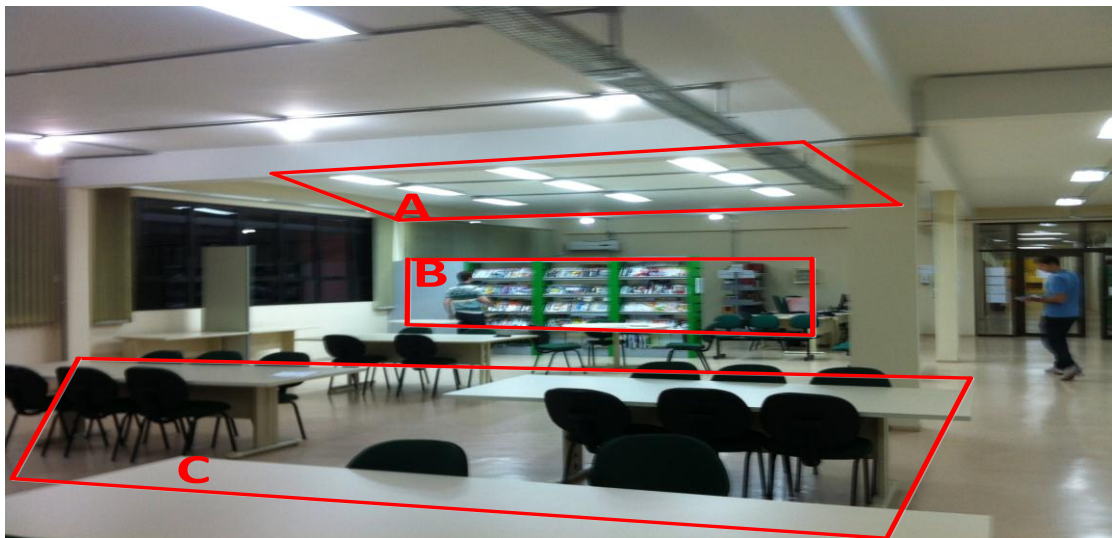


Figura 33: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.

Constatam-se os erros de iluminação, através da Figura 33, por exemplo, as luminárias representadas pela letra C, mostrando uma grande zona escura sem iluminação no meio da área de estudo da biblioteca. Encontra-se esta em conflito com a área próxima com excesso de iluminação, devido a grande concentração com 9 luminárias, representadas por A. Fica evidente a falta de iluminação em C, sendo que a iluminação está quase que toda na estante de revistas, representada por B. Falta também uniformidade na distribuição das luminárias que

acaba conseqüentemente gerando essa grande zona escura representada por C, conforme evidenciado na Figura 34.

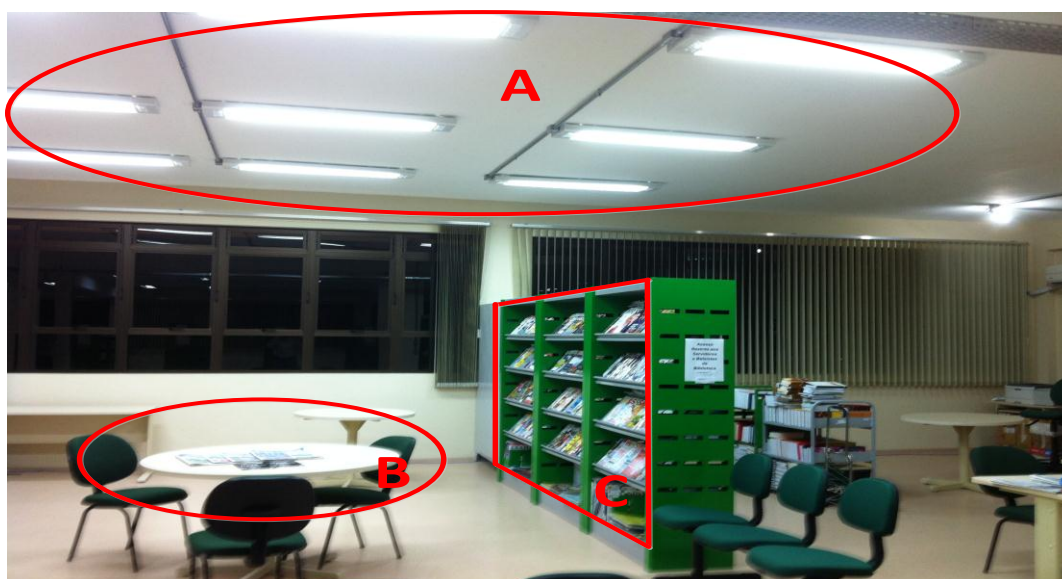


Figura 34: Detalhes das irregularidades sistema atual de iluminação.

A Figura 34 permite representar em detalhes o exagero de iluminação com 9 luminárias 4x32W (cada luminária), em uma área relativamente pequena. Percebe-se a proximidade de cada luminária, com a parede também. A iluminação está toda sobre uma única mesa, representada por B e sobre a prateleira de revistas representada por C (excesso de iluminação horizontal e vertical).

3.3.2 METODOLOGIA APLICADA

O sistema de iluminação atual, como dito anteriormente é formado basicamente por luminárias T8 4x32W (Maioria), T8 2x32W e incandescentes de 60W e 100W. O foco do trabalho esta relacionado com a iluminação de salas de aula e bibliotecas. Com essa premissa, foram realizadas medições dos níveis de iluminância nos respectivos ambientes, através da metodologia da norma ABNT NBR 5382, utilizando o princípio da divisão da superfície em pequenas áreas elementares nas quais se faz as medições de iluminamento, com a utilização de equipamentos certificados para dar garantia nos valores coletados, utilizou-se um Luxímetro Digital ICEL LD-800.

Todas as medições foram realizadas durante o período da noite, para não ter interferência de iluminação externa, ou seja, considerou-se o pior cenário de iluminação dos ambientes, sendo que a contribuição da iluminação externa é zero. Referente à metodologia empregada

para realização das medições, adotou-se o método dos lumens ponto a ponto. Todos os valores coletados foram trabalhados em planilhas Excel.

Para a modelagem do projeto luminotécnico foi utilizado o DIALUX, software que permite realização de projetos de iluminação interna, externa e iluminação de ruas, Figura 35.



Figura 35: Vista do Software DIALUX.

Para a realização do projeto luminotécnico das bibliotecas utilizando software DIALUX, foi analisado:

- Primeiramente o atual sistema iluminação
- Planta baixa de cada campus.
- Estudo da norma NBR 8995.
- Busca de plug-ins compatíveis com os atuais sistemas de iluminação



Figura 36: SYLVANIA 4x32W –T8 –Octron (sobrepôr-Leitoso-Plano)

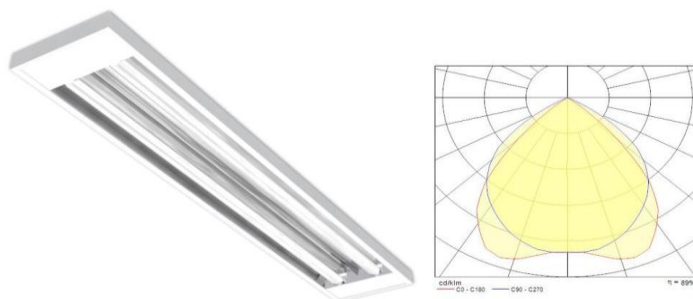


Figura 37: SYLVANIA 2x28W -T5 -Lux Line Plus.

- Modelagem do atual sistema de iluminação via DIALUX.
- Criação de novos cenários de iluminação mais eficientes (9 Cenários).

Quanto à busca dos plug-ins foram utilizados os bancos de dados de cada empresa, disponíveis em seus respectivos sites, assim como aquele disponível propriamente para uso no software DIALUX. Quanto a luminária selecionada, foi utilizada para simular o cenário atual uma luminária fluorescente tubular da empresa SYLVANIA, modelo Octron T8, de 4x32W com fundo da luminária plana e coloração leitosa. Para os cenários propostos (que serão detalhados a frente), serão utilizadas luminárias T5, uma da empresa SYLVANIA e outra da empresa PHILIPS. A T5 da SYLVANIA é uma luminária de 2x28W de sobrepor modelo Lux Line Plus, de dupla parábola e composta por alumínio de alta refletância. Já a luminária da PHILIPS, é uma T5 de 1x28W de sobrepor, modelo Smart Form TCS 460 HFP D8/TL5 840 que possui uma eficiência luminosa de 104 lm/W e fluxo luminoso de 2600 lm. A Figura 38 possibilita ver em detalhes a forma da luminária e seu sistema de controle de ofuscamento, juntamente com a curva de distribuição luminosa da mesma. Esta possui seus maiores ganhos de iluminação próximos dos ângulos 45° e 225°.

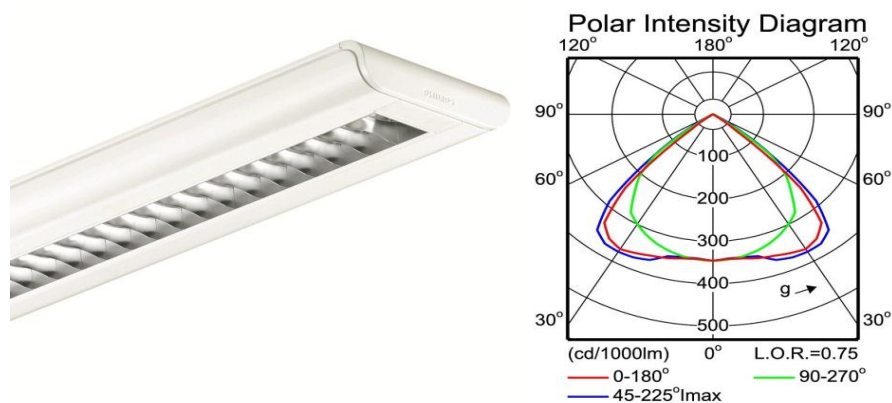


Figura 38: PHILIPS 1x28W –T5-Smart Form-TCS460.

Tratando de cenários de iluminação para bibliotecas, para o atual trabalho de conclusão de curso, foi proposta a criação de ao todo 10 cenários, sendo um cenário atual chamado de A1 e mais 9 cenários propostos, chamados de (P1, P2...P9), em detalhes na Figura 39. Esta representa um esquemático criado para ilustrar com facilidade como está hoje o sistema de iluminação (Modelo atual em vermelho, também nomeado como A1) e 9 cenários propostos, que vão ser detalhados posteriormente. Para os modelos propostos são consideradas simulações utilizando diversas possibilidades de iluminação, que vai desde iluminação com T8 4x32 anexa ao teto até a utilização de T5 1x28W com altura pendular.

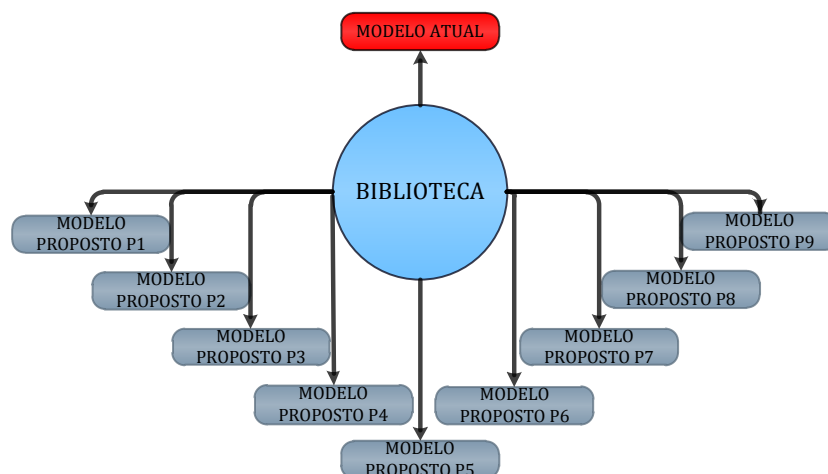


Figura 39:Esquemático de cenários de iluminação das Bibliotecas.

Para facilitar o entendimento foi também utilizado um segundo esquemático representado pela Figura 40, que explicita ainda mais como foi estruturado cada cenário de iluminação.

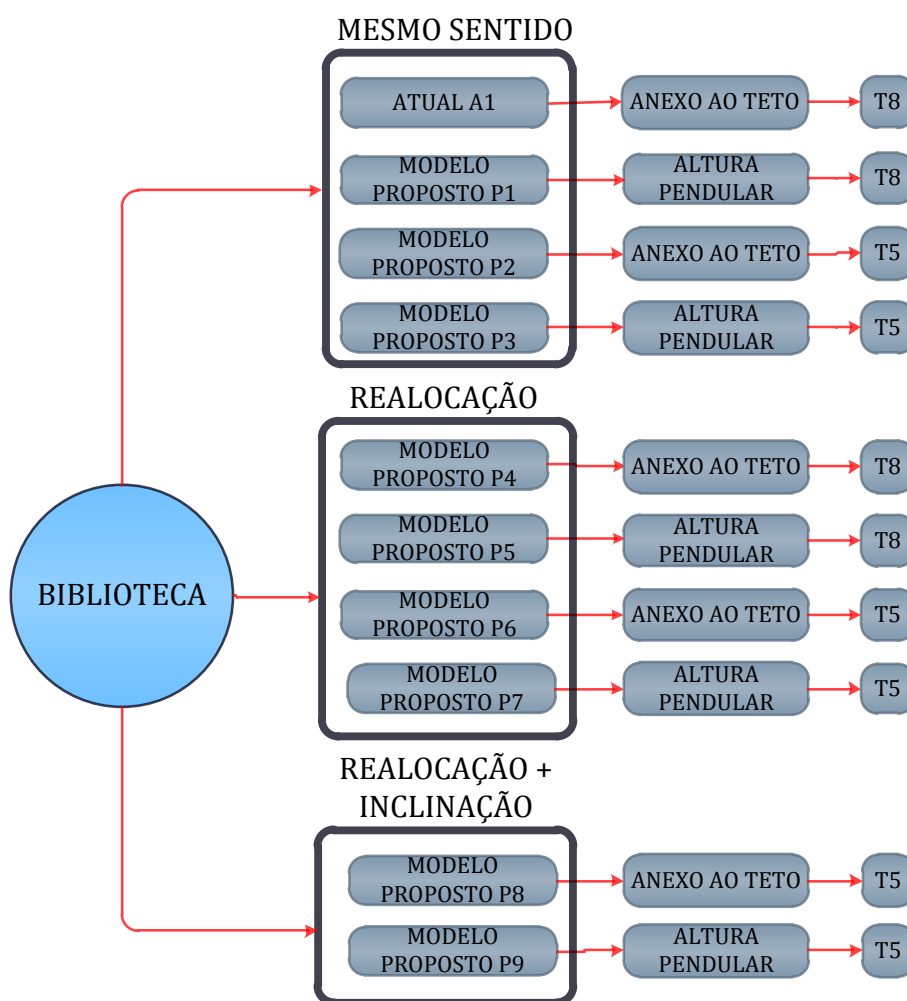


Figura 40:Esquemático Cenários iluminação Biblioteca.

O esquemático da Figura 40, permite entender a existência de 3 grandes grupos de simulação, o primeiro considerando o mesmo sentido das luminárias, ou seja o mesmo sentido da luminária existente. A partir desse ponto propõem-se a criação cenário atual(A1), representado pela Luminária da SYLVANIA T8 acrílico leitoso fundo plano fixada ao teto. O cenário P1 simplesmente utiliza a mesma luminária citada anteriormente e aplica-se uma altura pendular de 55 cm. Já o cenário proposto P2 utiliza a mesma conformação do cenário A1 (fixado ao teto), mas com o emprego da Luminária T5 da SYLVANIA. Para o cenário proposto P3, utiliza-se a luminária T5 da SYLVANIA com uma altura pendular de 55 cm. É importante ressaltar que o sentido da luminária permanece o mesmo para todos

Para o segundo grande grupo, propõem-se fazer as simulações fazendo uma realocação das luminárias, ou seja, é feita uma mudança no sentido das luminárias, para todos os cenários anteriormente criados. Com isso surgem 4 novos cenários propostos, P4, P5, P6 e P7, todos seguindo a mesma logica dos cenários A1, P1, P2 e P3.

Para o terceiro grande grupo, foi proposto uma realocação e inclinação das luminárias, com objetivo melhorar a iluminação das estantes, sendo que para esse ultimo grupo considerou-se apenas as luminárias T5 de 28W e não as T8 4x32W, pois inclinar 4x32W para uma estante e mais 4x32W para outra estante, a partir de um mesmo ponto resulta em excesso de iluminação e potência consumida. Na modelagem, trabalhou-se com duas zonas de superfície, Zona 1 delimitada pela área das estantes e zona 2 delimitada pela área de estudos(mesas).

3.3.2.1.1 CENÁRIO ATUAL A1

Com a utilização do software DIALUX foi possível fazer a modelagem do cenário atual de iluminação dos campi de Dom Pedrito-RS e Jaguarão-RS. Os parâmetros adotados já foram detalhados na seção 3.3.

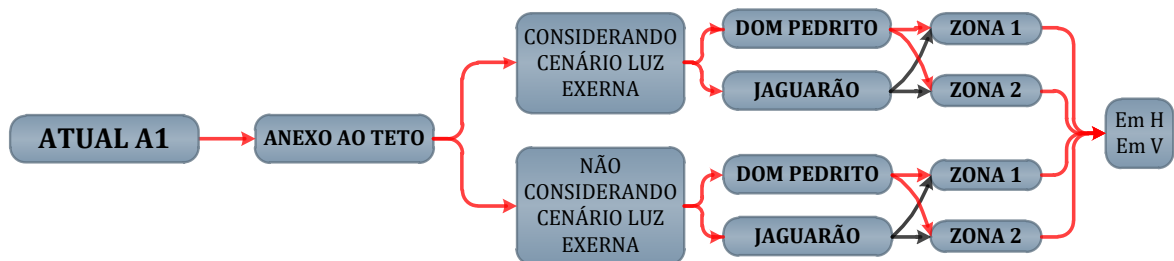


Figura 41: Esquemático do cenário atual A1.

Considerou-se nas simulações dois cenários, um cenário considerando a influência da iluminação externa no recinto e outra não considerando, ambas as simulações para os dois

campi e ainda trabalhou-se com duas zonas de superfície, Zona 1 delimitada pela área das estantes e zona 2 delimitada pela área de estudos (mesas).

3.3.2.1.1.1 JAGUARÃO COM LUZ A1

Tratando do campus de Jaguarão-RS, a modelagem utilizando software DIALUX, ficando ilustrada pela Figura 42.

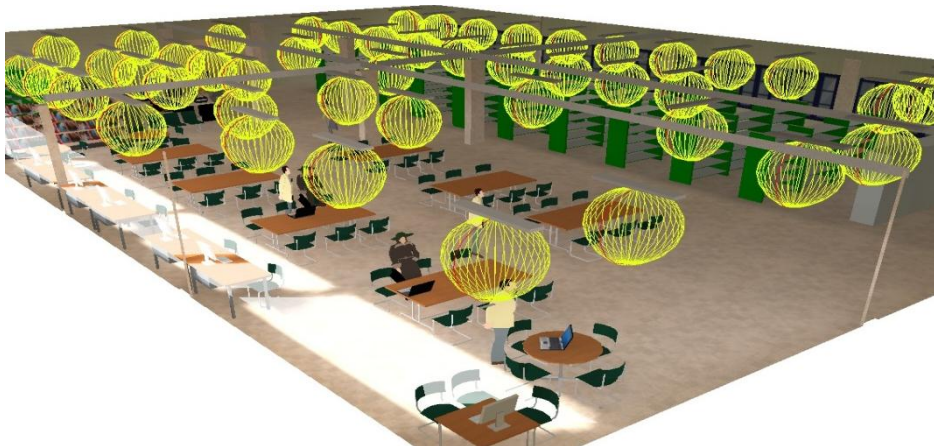


Figura 42: Representação 3D-Sistema atual de iluminação biblioteca.

A modelagem utilizando software ficou muito próxima do sistema real da biblioteca do campus de Jaguarão, sendo que é possível até perceber a contribuição da iluminação incidente por meio das janelas (fluxo de luz na imagem). A Figura 43 possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (Branco e vermelho) com valores variando na faixa dos 150-1900 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros. Fica evidente a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

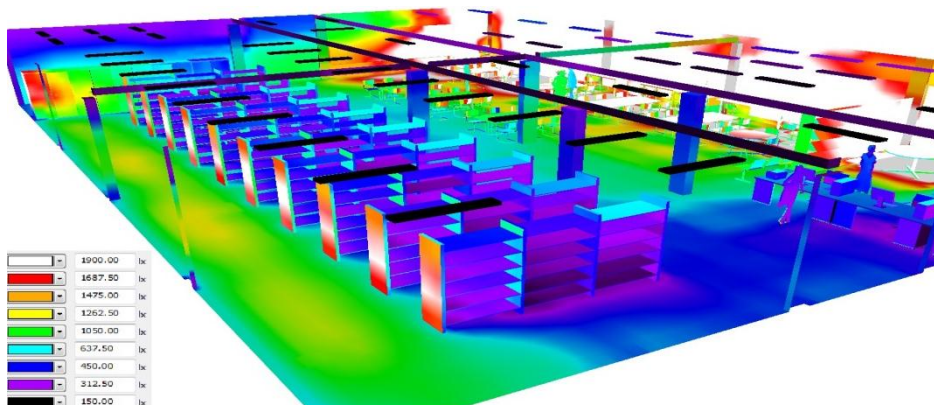


Figura 43: Representação 3D- Representação por cores.

A Figura 44, abaixo possibilita por meio da representação de cores falsas, utilizando tonalidade vermelho-azul, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (vermelho) próximos a janela com valores máximos chegando ao pico dos 1900 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 150 Lux. Evidencia-se assim a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidente através das janelas.

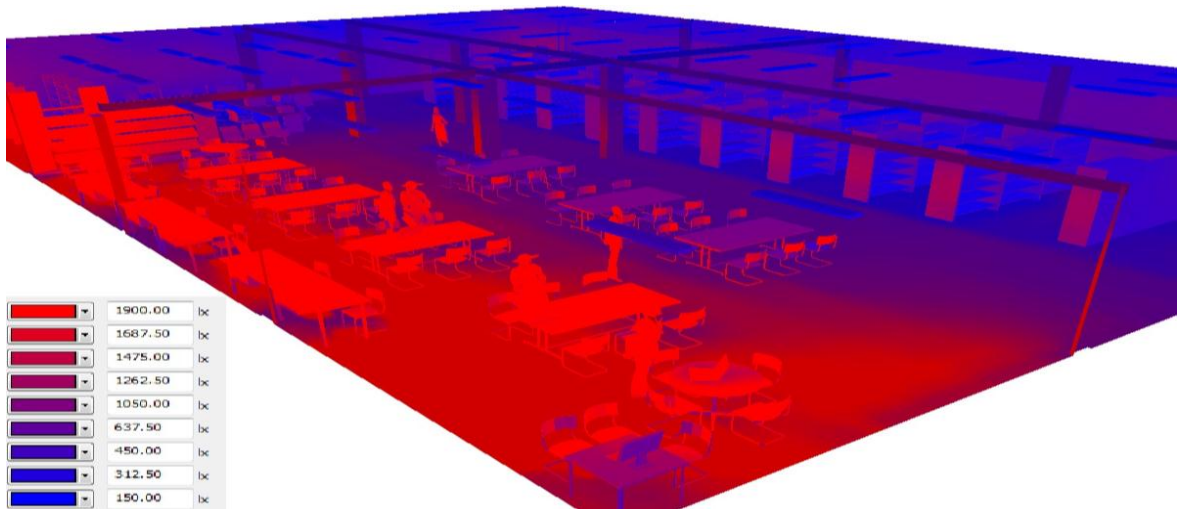


Figura 44: Representação 3D por cores (Tonalidade Azul-Vermelho).

Foi gerado um gráfico de valores, para o Campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, através Figura 45.

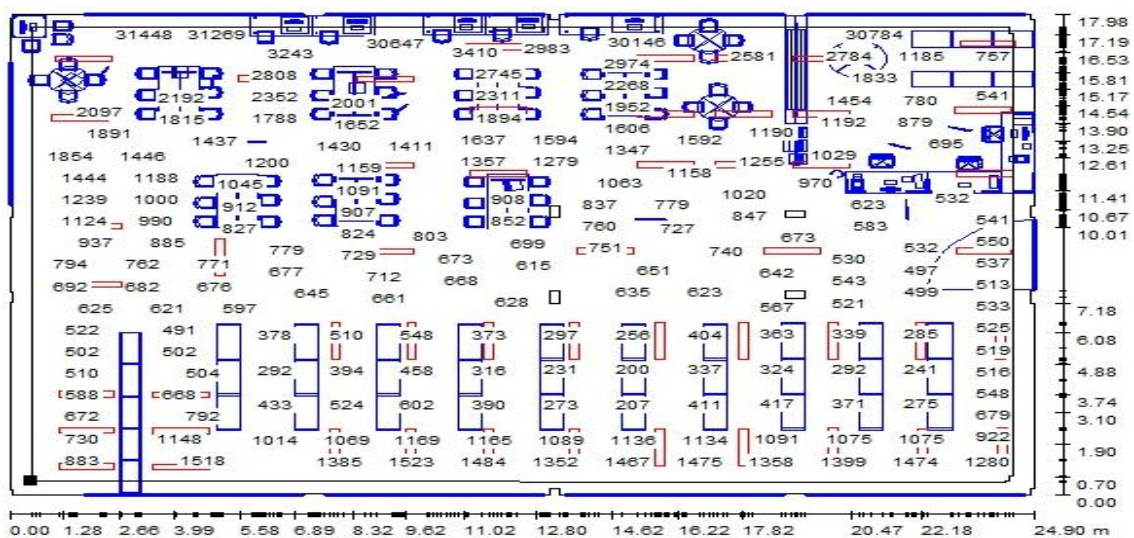


Figura 45: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para o atual cenário, no campus Jaguarão, considerando a iluminação externa, observa-se pela malha de pontos calculados, variados valores de iluminância, sendo que os maiores valores estão próximos a janela, devido a contribuição da iluminação externa e valores pequenos afastados e entre as estantes, considerando céu aberto na simulação computacional.

3.3.2.1.1.2 JAGUARÃO SEM LUZ A1

Para simulação sem a consideração de luz externa, para o campus de Jaguarão, representada através da Figura 46, é possível por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (Branco e vermelho) com valores na faixa 300-400 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 100 Lux. Fica evidente a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

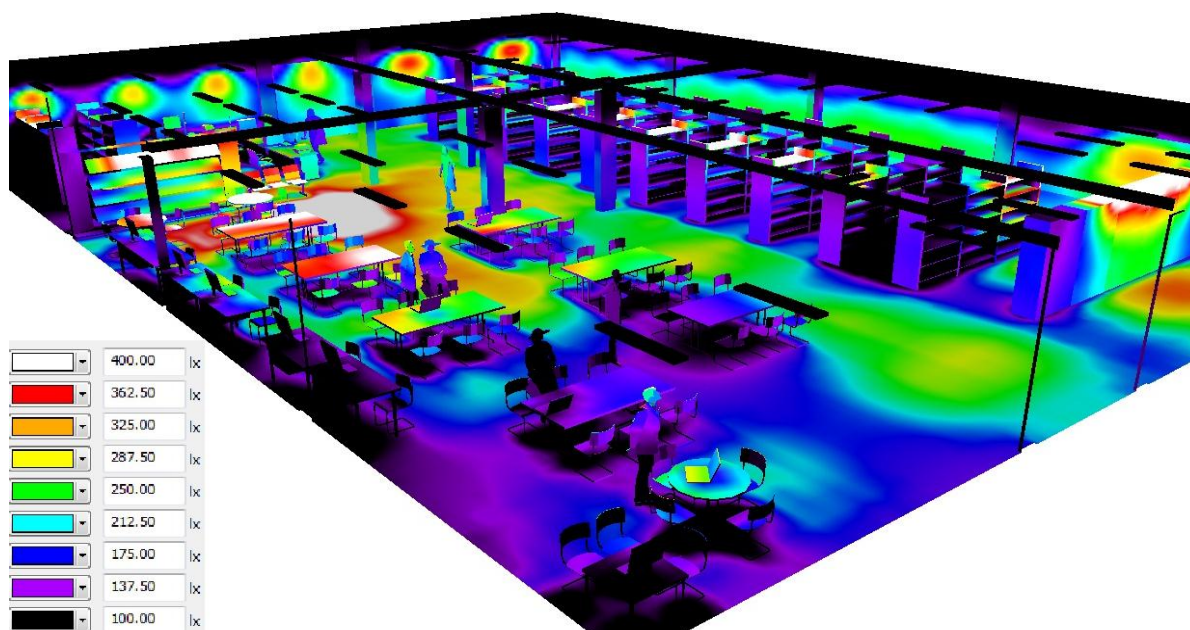


Figura 46: Representação 3D- Representação por cores.

A Figura 46 simula de forma muito próxima a realidade do atual campus, sendo que os pontos de sombreamento existentes na simulação correspondem igualmente na representação real da biblioteca. Os pontos de sombreamento existentes entre as estantes relatam fielmente a situação real, juntamente com os excessos de iluminação de alguns pontos da biblioteca. A Figura 47 é uma representação lateral da biblioteca em nível de visualização dos pontos escuros entre as estantes e algumas zonas da biblioteca.

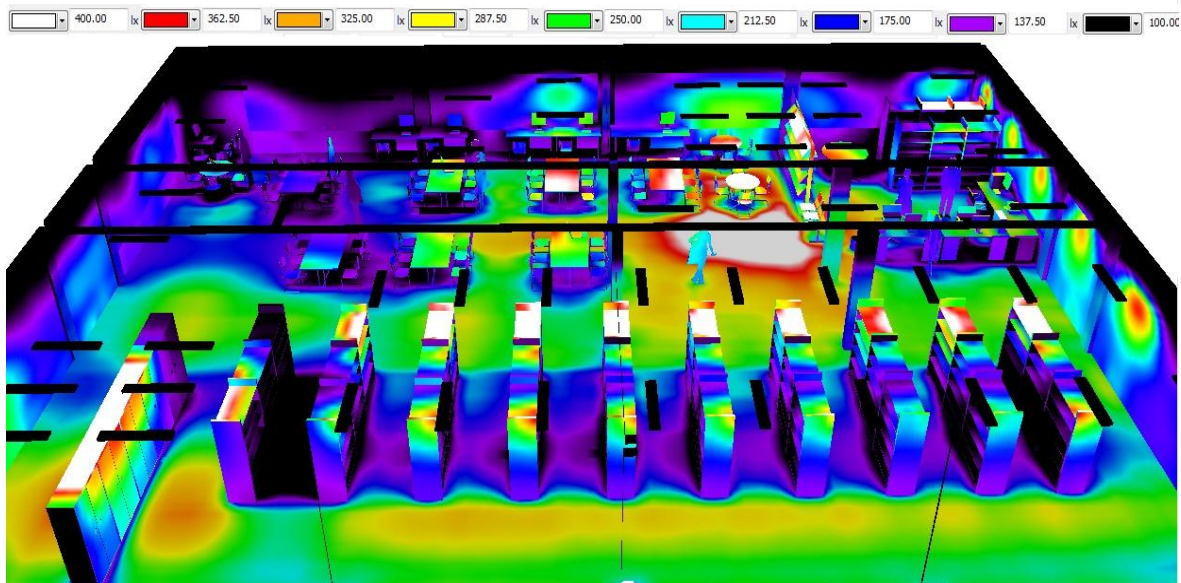


Figura 47: Representação 3D- Representação por cores- Vista lateral.

Gerou-se um gráfico de valores através da Figura 48, possibilitando um maior entendimento da distribuição dos níveis de iluminação da biblioteca.

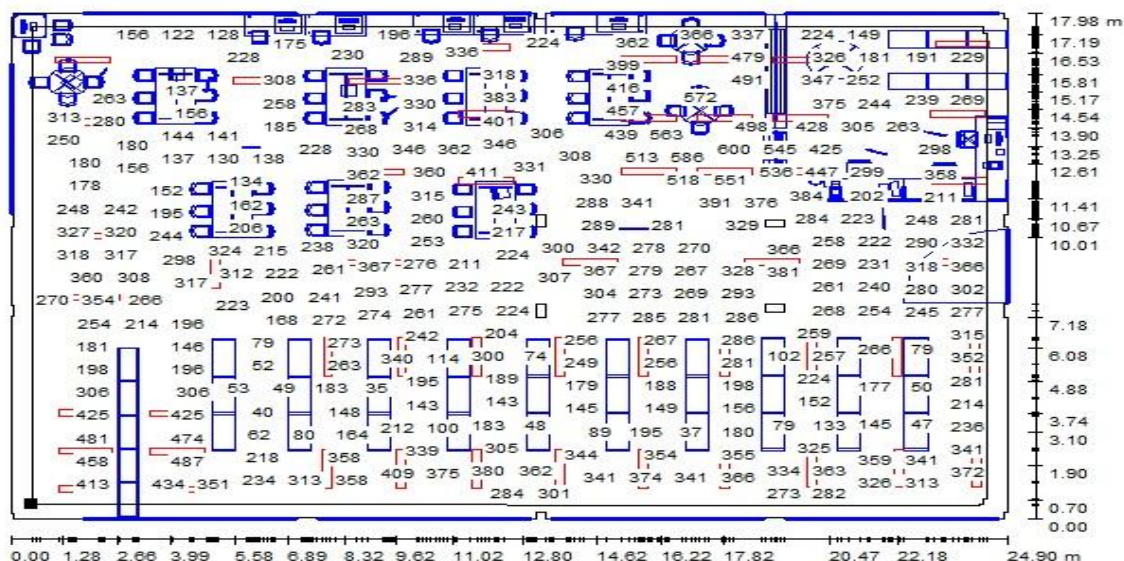


Figura 48: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para o atual cenário do campus Jaguarão, sem a consideração da iluminação externa, observa-se pela malha de pontos calculados, vários valores de iluminância, sendo que os menores valores estão entre as estantes e nas zonas escuras no meio da sala. Também foi criada uma representação das curvas isolinhas, conforme mostra a Figura 49.

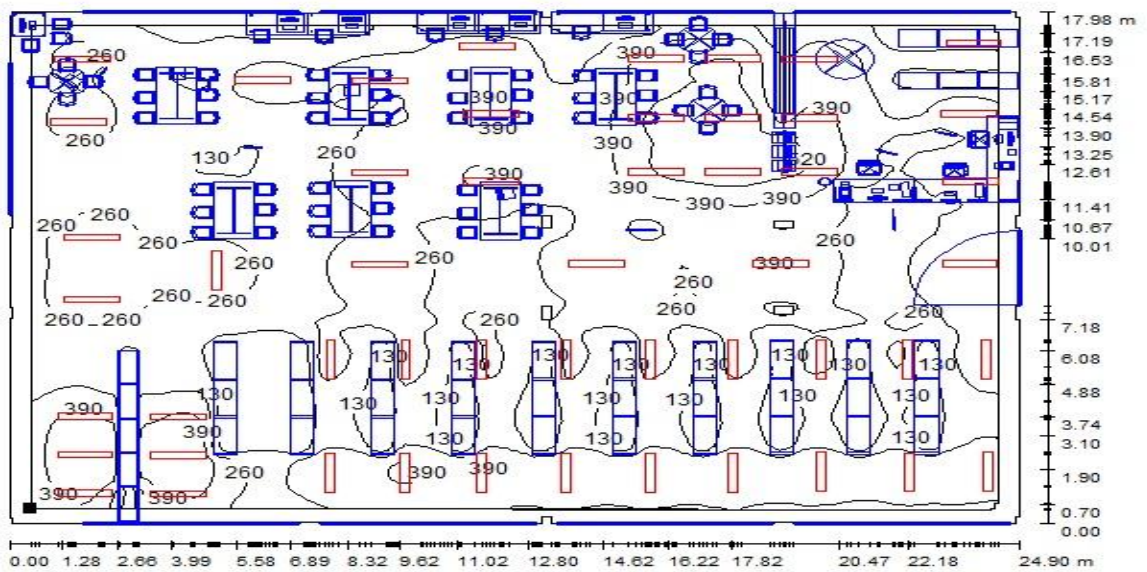


Figura 49: Representação 2D- Curvas isolinhas.

Para facilitar a visualização criou-se um cenário com tons de cinza para destacar os pontos com maior iluminação (Zona dois) e pontos com pouca iluminação (Zona 1), a Figura 50.

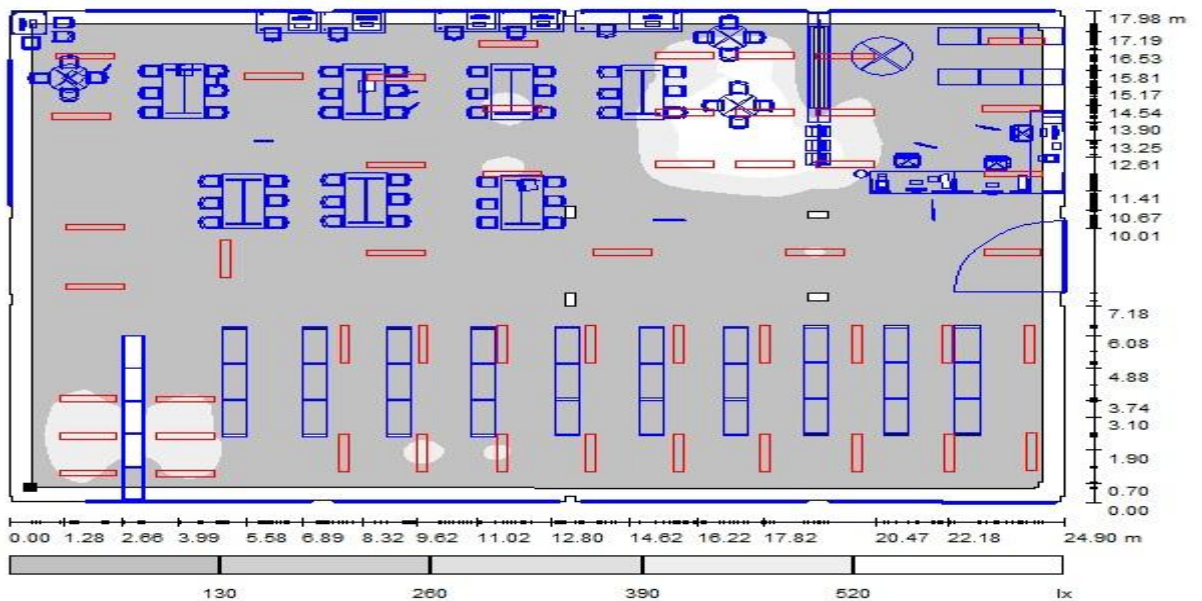


Figura 50: Representação 2D- Tonalidade Cinza

Para a biblioteca do campus de Jaguarão-RS, foi analisada especificadamente a zona de superfície 1, área destinada as estantes, através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente iluminância média vertical a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo. Para tal simulação foi criada com uma malha de 300x280 pontos. A Figura 51 reflete tal simulação, para a mesma adotou-se o ângulo do observador como 0°, todos os valores estão em Lux, e em uma escala 1:155.

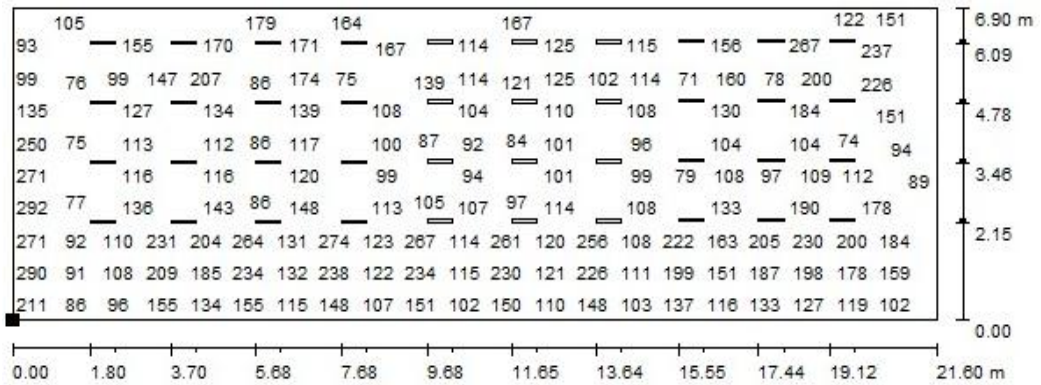


Figura 51: Zona superfície 1- "Gráfico valores - Iluminância vertical".

O gráfico indica pontos com valores de 69 Lux e pontos com máximos de 347 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 142 Lux para iluminância média vertical, referente à zona 1. Já a Figura 52 mostra a mesma simulação anterior, mas agora explicitando a iluminância horizontal da zona 1.

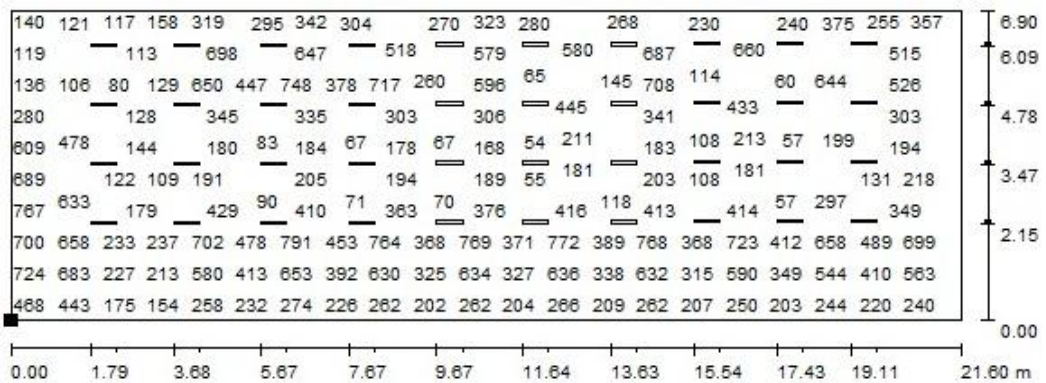


Figura 52: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.

Na simulação da zona 1, para obtenção da iluminação horizontal utilizou-se uma malha de 120x120 pontos, em uma escala de 1:155 para representar tais pontos, sendo que obteve-se pontos com iluminação mínima de 60 Lux e pontos máximos na faixa dos 900 lux, alcançando na média a iluminância horizontal ficou na faixa dos 300 Lux. Foi analisada especificadamente a zona de superfície 2, área destinada a leitura (Mesas), através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente a iluminância média horizontal a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo. Para tal simulação foi gerada uma malha de 300x280 pontos. A Figura 53 abaixo, reflete tal simulação.

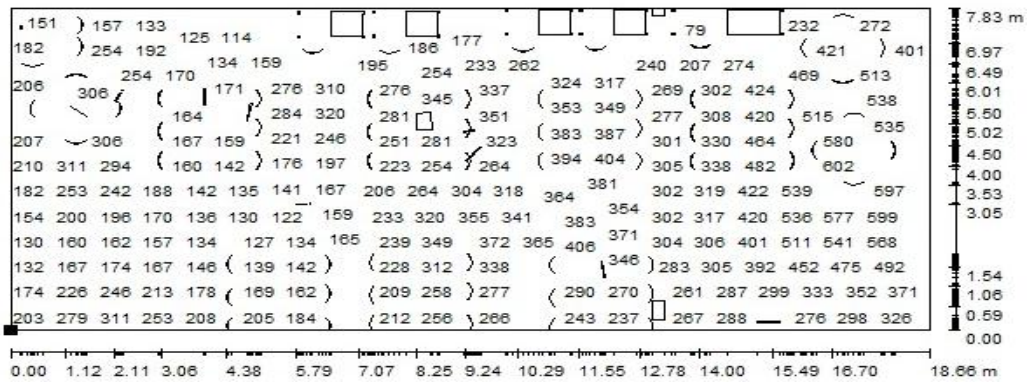


Figura 53: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.

Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0° , com todos os valores em Lux, e em uma escala 1:134. O gráfico permite visualizar pontos com valores de 36 Lux e pontos máximos com 600 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 200 Lux para iluminância média horizontal, referente à zona 2. Já a Figura 54 mostra a mesma simulação anterior, mas agora avaliando-se a iluminância vertical da zona 2.

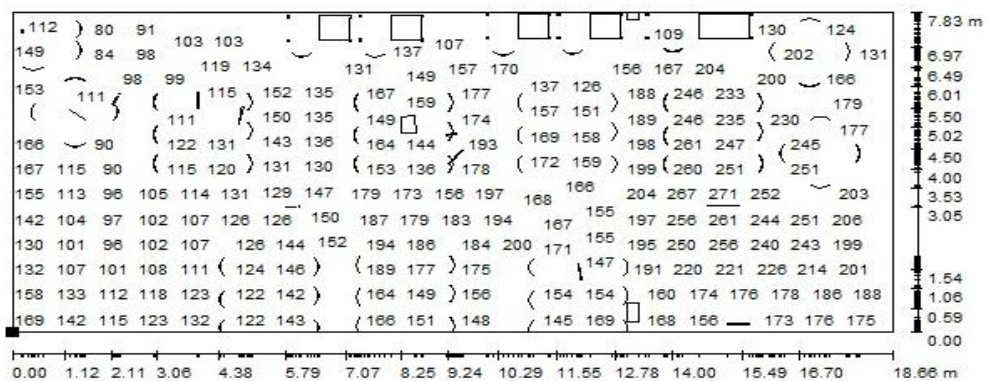


Figura 54: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Vertical.

Na simulação da zona 2, para obtenção da iluminação vertical utilizou-se uma malha de 120x120 pontos, em uma escala de 1:134 para representar tais pontos. Obteve-se pontos com iluminação mínima de 74 Lux e pontos máximos na faixa dos 200 lux, ficando na média iluminância vertical na faixa dos 156 Lux.

3.3.2.1.2 CENÁRIOS PROPOSTOS (P8 P9)

Foram criados apenas dois cenários, pois nesse grupo foi proposto a realocação e inclinação das luminárias, com isso utilizou-se apenas uma das luminárias T5 de 28W, pois não seria viável a utilização das luminárias T8 4x32W. Com isso, desenvolveu-se um sistema que substitui o atual sistema de iluminação por um sistema muito eficiente que é o sistema T5.

Desta forma, foi proposta a criação do modelo P8 com a utilização da luminária T5 de 28W, de forma anexa ao teto, e para modelo P9 foi proposta a utilização da mesma luminária utilizada em P8, mas essa com uma altura pendular de 55cm em substituição do atual sistema de iluminação por um sistema T5. Para todos cenários propostos, foram feitas sub-modalidades, considerando e não considerando a influência da iluminação externa para os ambientes internos. Todas as simulações foram realizadas para os dois campi (Dom Pedrito e Jaguarão), para duas zonas de superfícies. A primeira é a zona 1 que é formada basicamente por estantes, a outra é zona 2 formada pela área de estudo, possuindo várias mesas. Desta forma pode-se obter os níveis de iluminação em cada setor das bibliotecas, capturando as iluminâncias médias verticais e horizontais, tendo sido analisado também a reprodução de cor, o ofuscamento e a uniformidade da luz. A Figura 55 traz um esquemático simples que aborda toda estrutura de simulação para modelos propostos P8 P9.

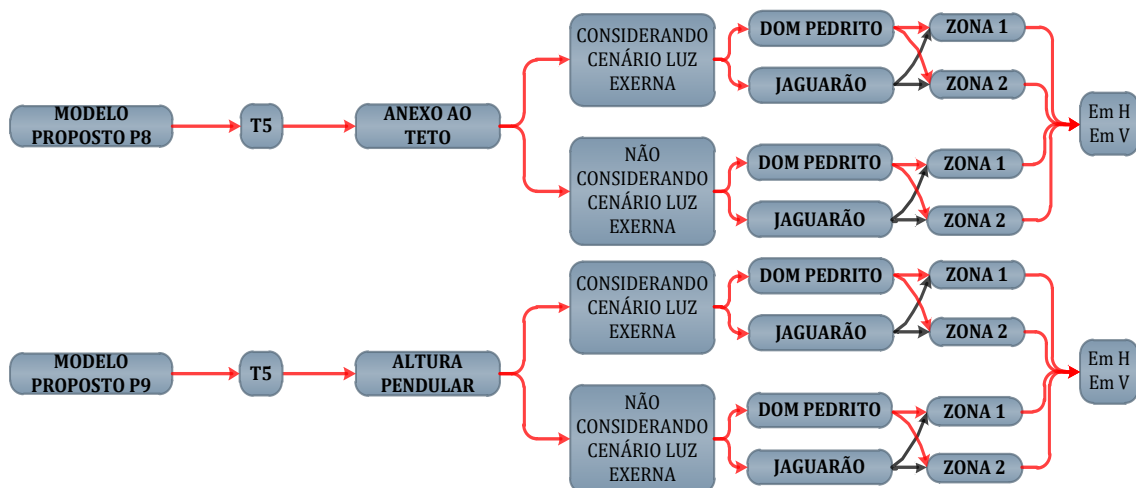


Figura 55: Esquemático cenários propostos P8 e P9.

Como os melhores resultados foram alcançados utilizando o cenário proposto P9, estes serão mostrados em detalhes. Os demais modelos propostos estão representados em detalhes no Anexo B.

3.3.2.1.2.1 JAGUARÃO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA – P9

Tratando do campus de Jaguarão-RS, a modelagem foi feita considerando a iluminação externa para o cenário P9, sendo explicitadas pelas Figura 56 e 57.



Figura 56: Representação 3D Longitudinal - Não considerando Luz externa.

A Figura 57 serve para ter uma visão geral superior da biblioteca do campus de Jaguarão.



Figura 57: Representação 3D Transversal - Não Considerando Luz externa.

Fica evidente a vantagem da alocação das luminárias, para obter-se excelência na iluminação da biblioteca, corrigindo os atuais problemas de iluminação. A Figura 58, mostra em detalhes a incidência de iluminação proposta nas estantes.

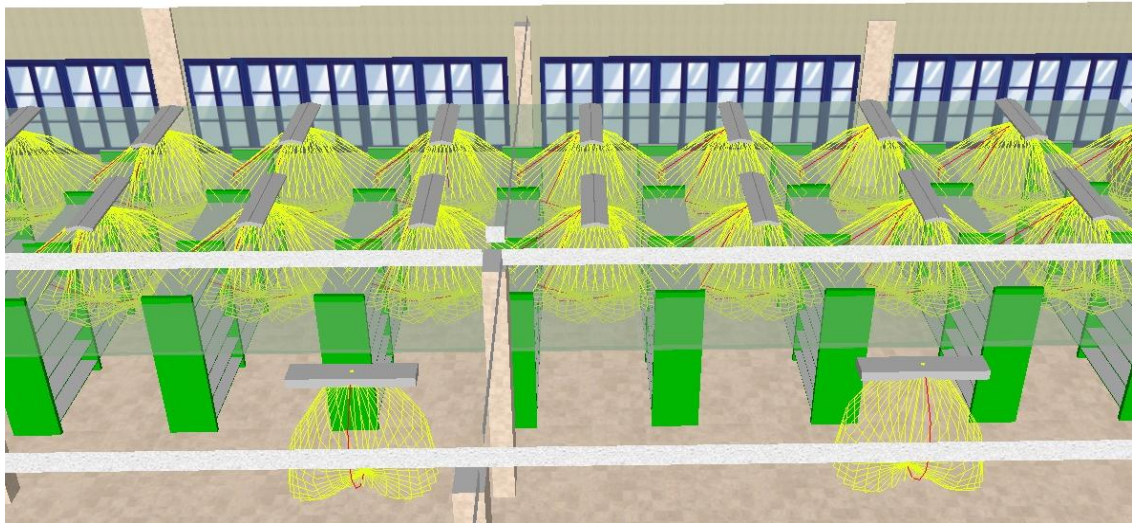


Figura 58: Representação 3D- Vista sobre estantes.

A modelagem utilizando software ficou muito próxima do sistema real da biblioteca do campus de Jaguarão, sendo que com a alocação proposta pelo cenário P9, é possível até perceber a contribuição da iluminação diretamente nas estantes da biblioteca.

A Figura 59, abaixo possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (Branco e Vermelho) com valores na faixa 600-4000 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux. Fica demonstrada a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

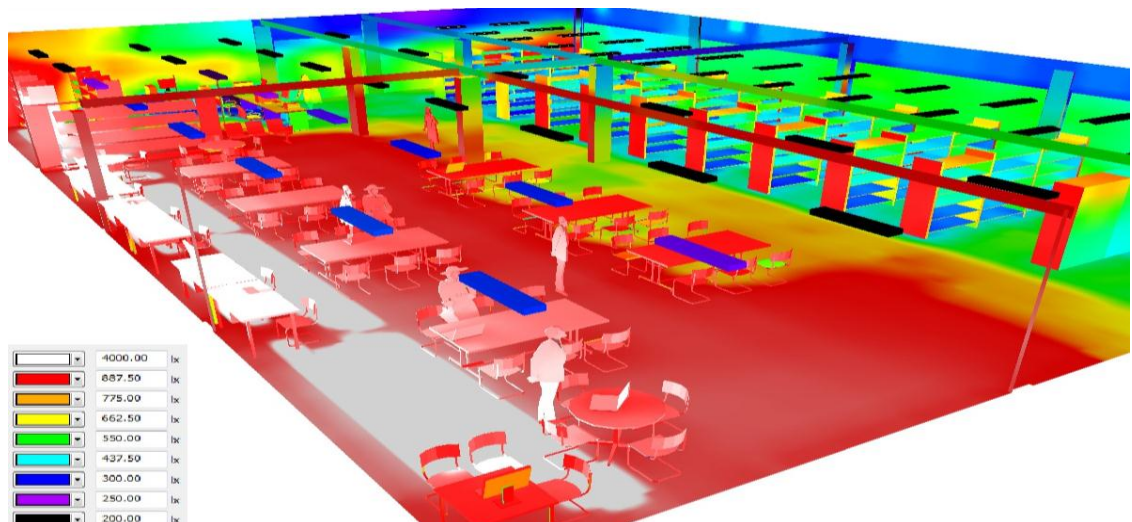


Figura 59: Representação 3D- Representação por cores.

A Figura 60 mostra uma vista superior utilizando representação por cores para o campus Jaguarão. Percebe-se a contribuição das duas janelas, sendo que a maior contribuição das janelas reflete sobre a zona 2, devido a posição do sol na hora da simulação.

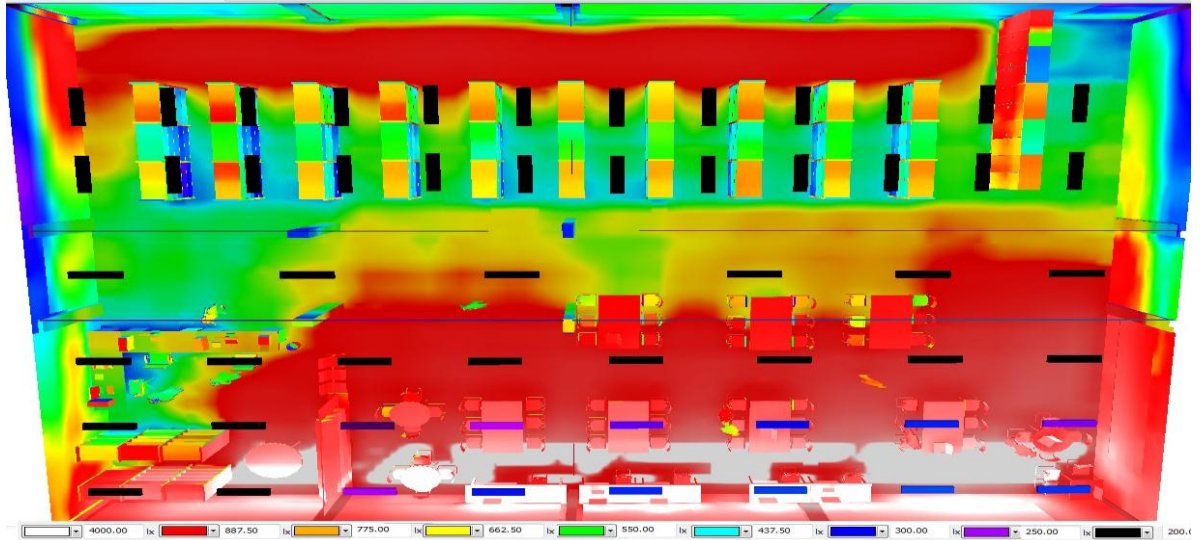


Figura 60: Representação 3D- Representação por cores – Vista superior.

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 61, em uma escala de 1:179 e todos valores em Lux.

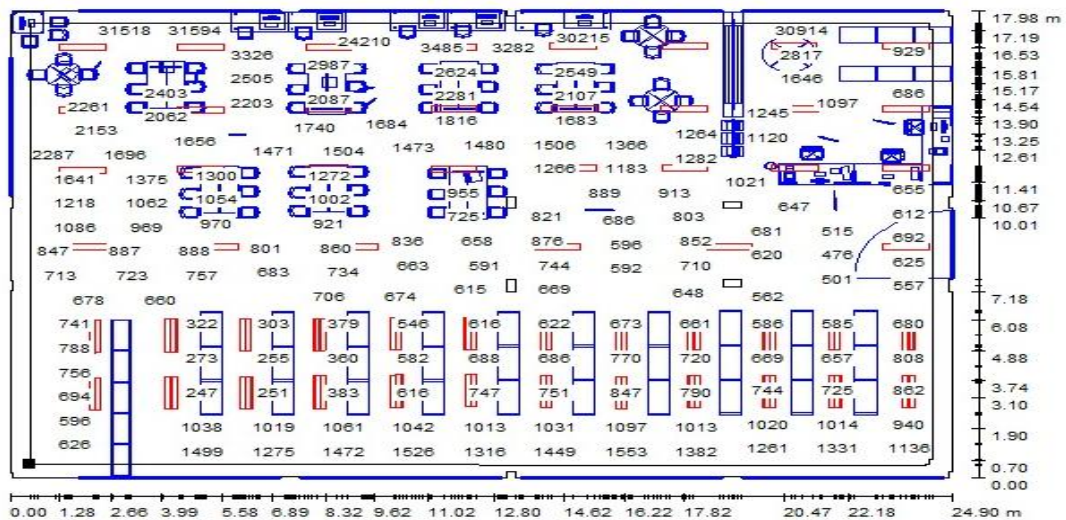


Figura 61: Representação 2D- "Gráfico de valores.

Percebe-se que em função dessa simulação, ao considerar os melhores cenários de contribuição da iluminação externa (céu aberto e horário de simulação como 10:30h), permite obter os valores de iluminância chegando na faixa dos 32262 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 109 Lux, e uma média de 2046 Lux.

3.3.2.1.2.2 JAGUARÃO SEM CONSIDERAR A ILUMINAÇÃO EXTERNA – P9

Tratando do campus de Jaguarão-RS, a modelagem foi feita sem considerar a iluminação externa. A Figura 64 possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (vermelho e branco) chegando a um extremo próximo de 600 Lux e que vai gradativamente diminuindo para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux.

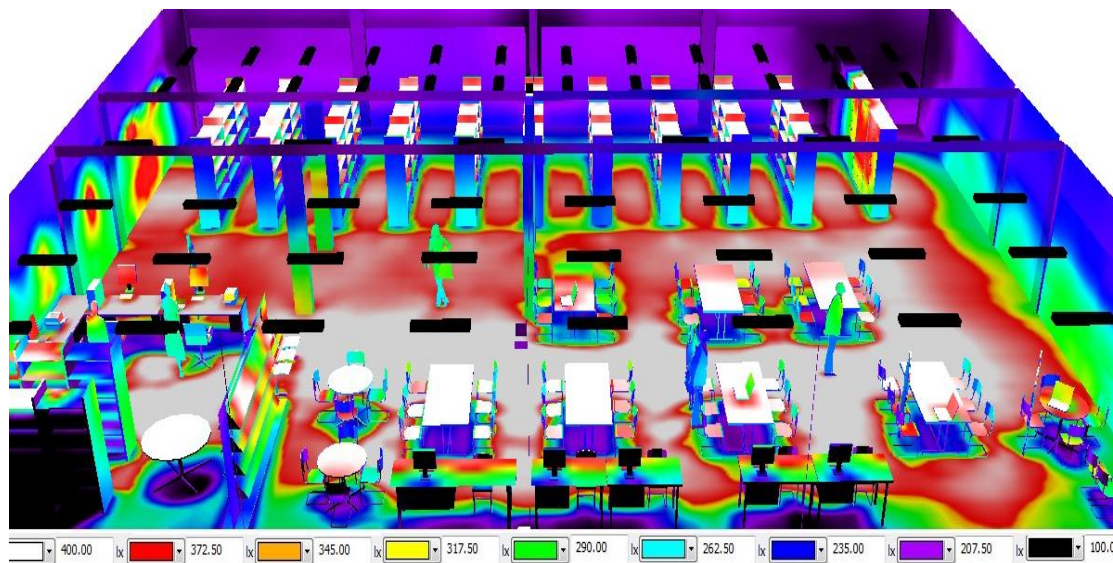


Figura 64: Representação 3D- Representação por cores.

Foi também gerado o gráfico de valores, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 65, estando em uma escala de 1:179 e todos os valores em Lux.

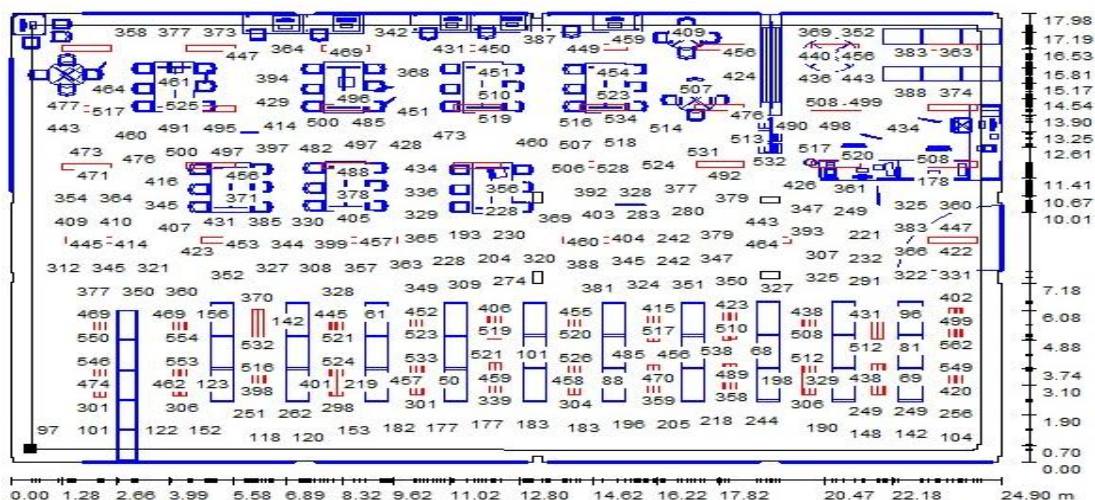


Figura 65: Representação 2D do gráfico de valores.

Com base na Figura 65, consegue-se mostrar em detalhes como ficou a distribuição de luz na biblioteca de Jaguarão sem considerar iluminação externa, tendo sido possível proporcionar uniformidade na iluminação das principais zonas de utilização da biblioteca, tanto nas estantes quanto nos ambientes de estudo. Foram reduzidas as zonas escuras que existiam nos primeiros cenários, principalmente nas estantes e no meio da zona de estudo. A partir da Figura 65 constata-se valores de iluminância chegando na faixa dos 580 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 30 Lux e uma média de 370 Lux, com ganhos significativos entre as estantes e zona de leitura.

Gerou-se a representação das curvas isolinhas com uma grade de 128x128 pontos, sem consideração de luz externa, representadas pela Figura 66. Constata-se em alguns pontos níveis de iluminação de até 578 Lux e média de 365 Lux, onde a escala utilizada é de 1:179 e todos os valores em Lux.

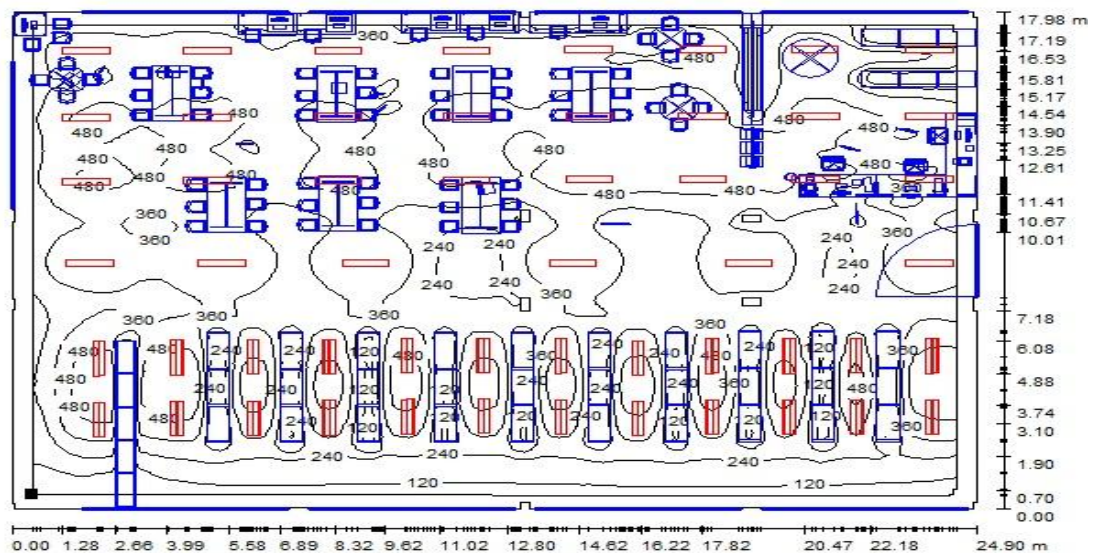


Figura 66: Representação 2D- Curvas isolinhas.

Viabiliza-se assim analisar as isolinhas, principalmente entre estantes e sobre as mesas de estudo. Foi analisada especificadamente, a zona de superfície 1, área destinada as estantes. O gráfico de valores mostra exclusivamente a iluminância média horizontal a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo. A Figura 67 mostra a simulação para uma malha de 300x280 pontos.

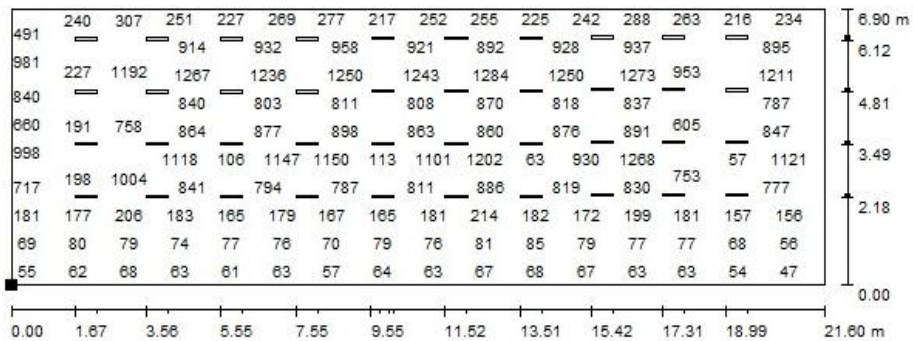


Figura 67: Zona superfície 1- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.

Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0°, com todos os valores em Lux, em uma escala 1:155. O gráfico permite visualizar pontos com valores máximos com 1303 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 455 Lux para iluminância média horizontal, referente a zona 1. Já a Figura 68 mostra a mesma simulação anterior, mas agora levantando a iluminância vertical da zona 1.

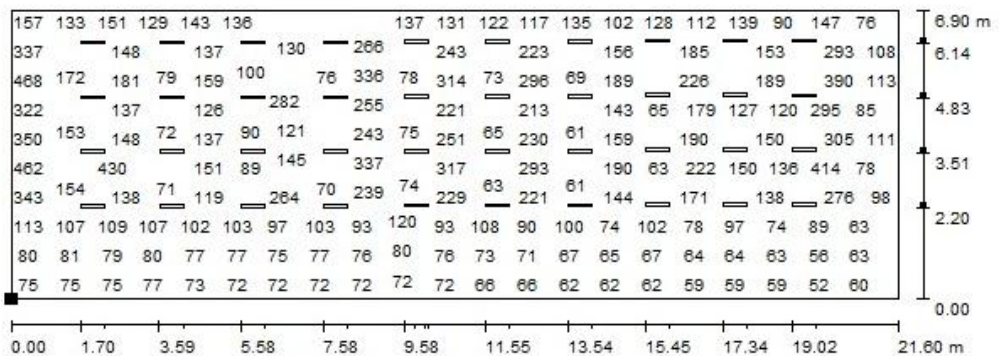


Figura 68: Zona superfície 1- "Gráfico de valores- Iluminância Vertical.

O gráfico permite visualizar pontos com valores máximos de 494 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 150-200 Lux para iluminância média vertical, referente à zona 1.

Já a Figura 69 demonstra a mesma simulação anterior, mas agora levantando a iluminância horizontal da zona 2. Nesta utilizou-se uma malha de 128x128 pontos, em uma escala de 1:134 para representar tais pontos, sendo que se obteve pontos com iluminâncias máximas na faixa dos 560 Lux, sendo que na média a iluminância vertical ficou na faixa dos 450 Lux.

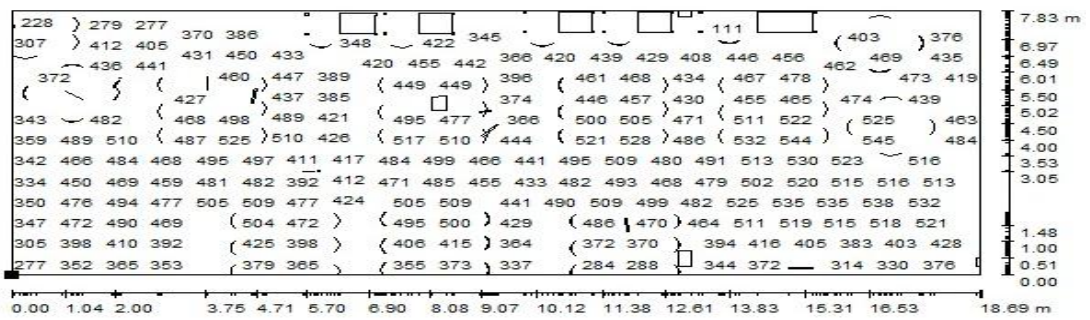


Figura 69: Zona superfície 2- "Gráfico valores- Iluminância Horizontal.

3.3.2.1.2.3 Dimensionamento de uma nova luminária

Para atender a um bom conforto luminoso, para ambientes onde existem estantes, está sendo proposta uma nova luminária que satisfaça a necessidade de uma boa iluminação, trazendo ganhos nos níveis de iluminância até então pouco considerados para tais situações em estudo. A consideração efetiva da iluminação vertical para biblioteca, em estantes trata-se de uma inovação no ramo da iluminação no Brasil para tais fins. Para facilitar o entendimento do que está sendo proposto, a Figura 70 ajuda entender melhor o que está sendo proposto.

A ideia principal é fazer uma adequação no sistema, com a criação de uma luminária até então inexistente no mercado, que seja voltada a atender com eficiência e maior uniformidade da luz toda superfície vertical da prateleira. Foi assim dimensionada uma nova luminária ajustável que garante bons níveis de iluminação em tal plano.

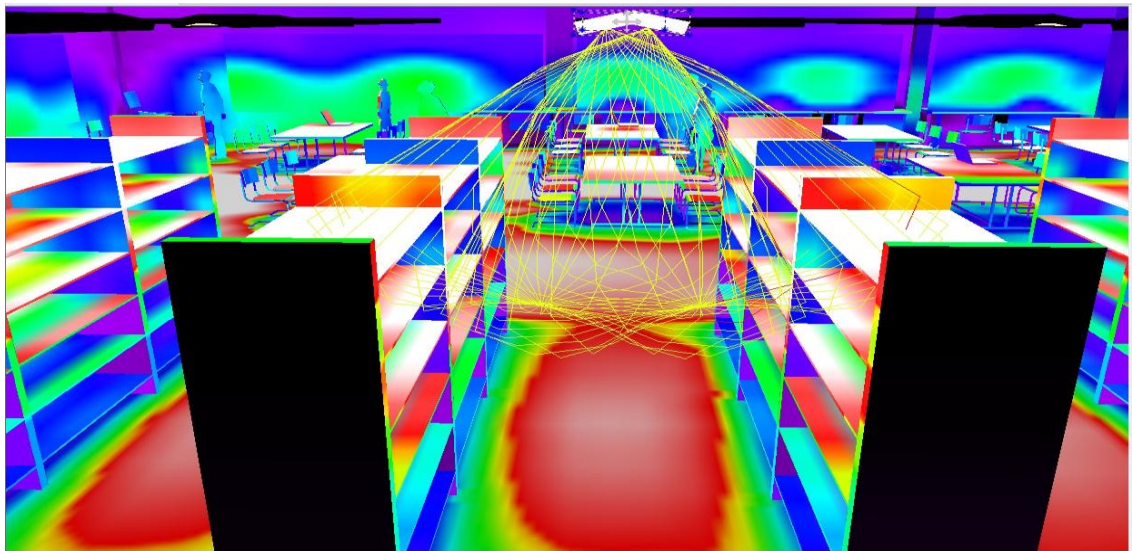


Figura 70: Detalhe vista lateral 3D sobre estantes utilizando Luminária proposta.

Seguindo um modelo padrão de estantes destinadas a uso em bibliotecas, consegue-se extrair todas as informações necessárias para obtenção do ângulo de abertura mínimo que a luminária deve ter para atender toda zona de superfície vertical da estante.

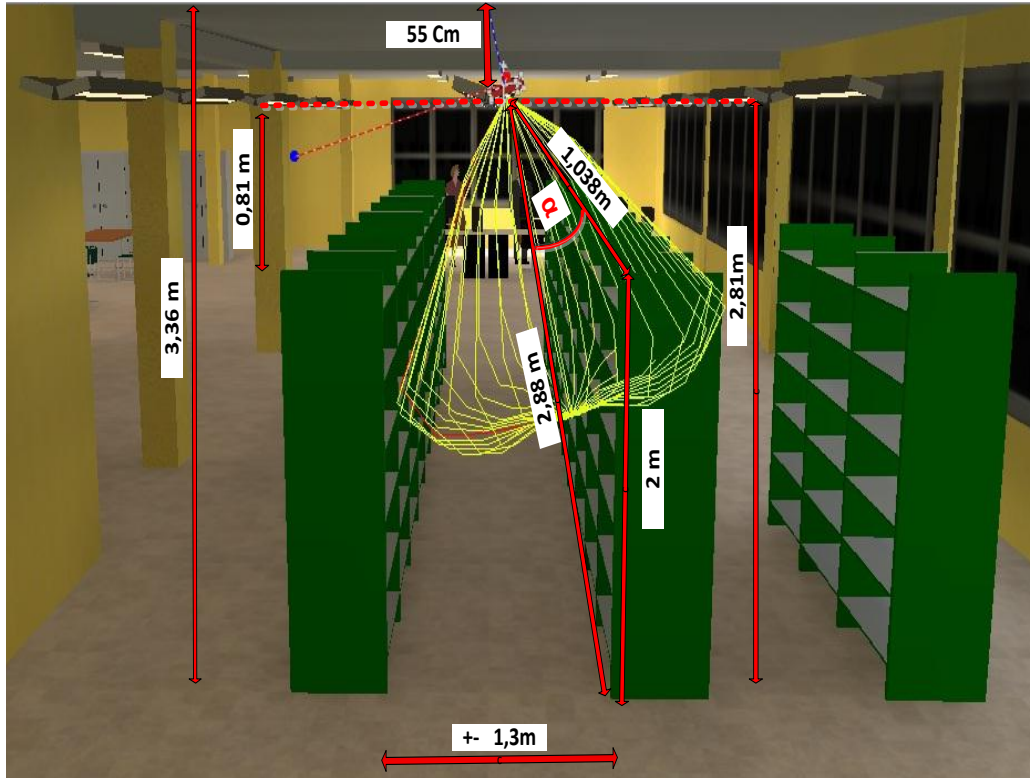


Figura 71: Vista das estantes com dimensões e ângulo de abertura da luminária.

A Figura 71 permite a visualização do modelo padrão adotado nas bibliotecas da Universidade Federal do Pampa. A partir deste levantamento foi dimensionada uma nova estrutura de luminária considerando todas as dimensões de referência: altura pé-direito, altura estante, espaçamento entre estantes, altura pendular da luminária.

Foi assim projetado o ângulo mínimo da luminária que atendesse toda a superfície vertical da estante. A Figura 72 detalha as relações consideradas. Sendo conhecido o ângulo mínimo necessário, que garanta a iluminação vertical de toda estante, o próximo passo é a determinação da dimensão do diâmetro que a luminária deve ter para manter-se o ângulo mínimo necessário para iluminar a estante e a curvatura que a luminária terá. Esta foi modelada em função de uma parábola, sendo, posteriormente calculada a profundidade necessária que a luminária deve ter.

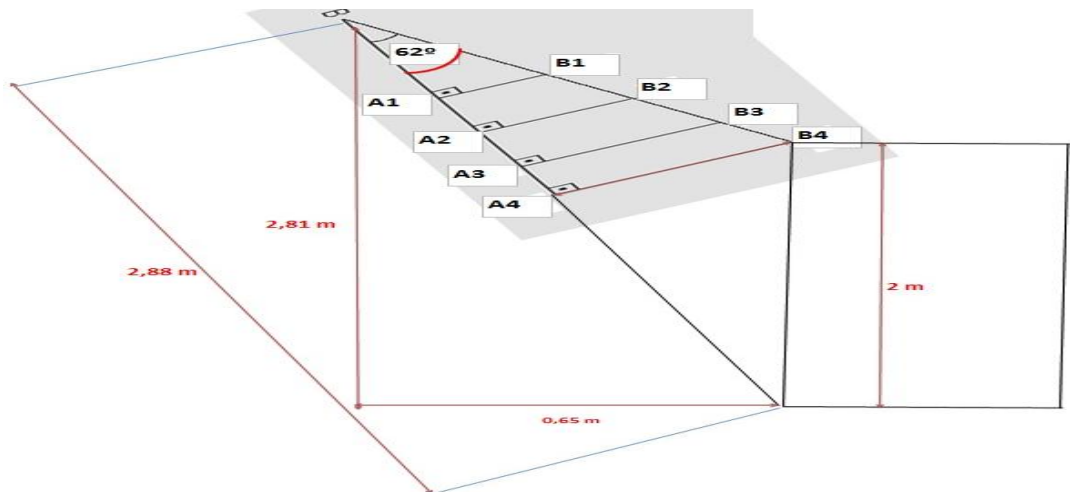


Figura 72: Detalhe de dimensionamento luminária proposta.

A Figura 73, abaixo descreve um modelo que foi proposto, sendo dimensionado por ultimo o ponto de foco da luminária, altura da lâmpada em relação fundo da luminária.

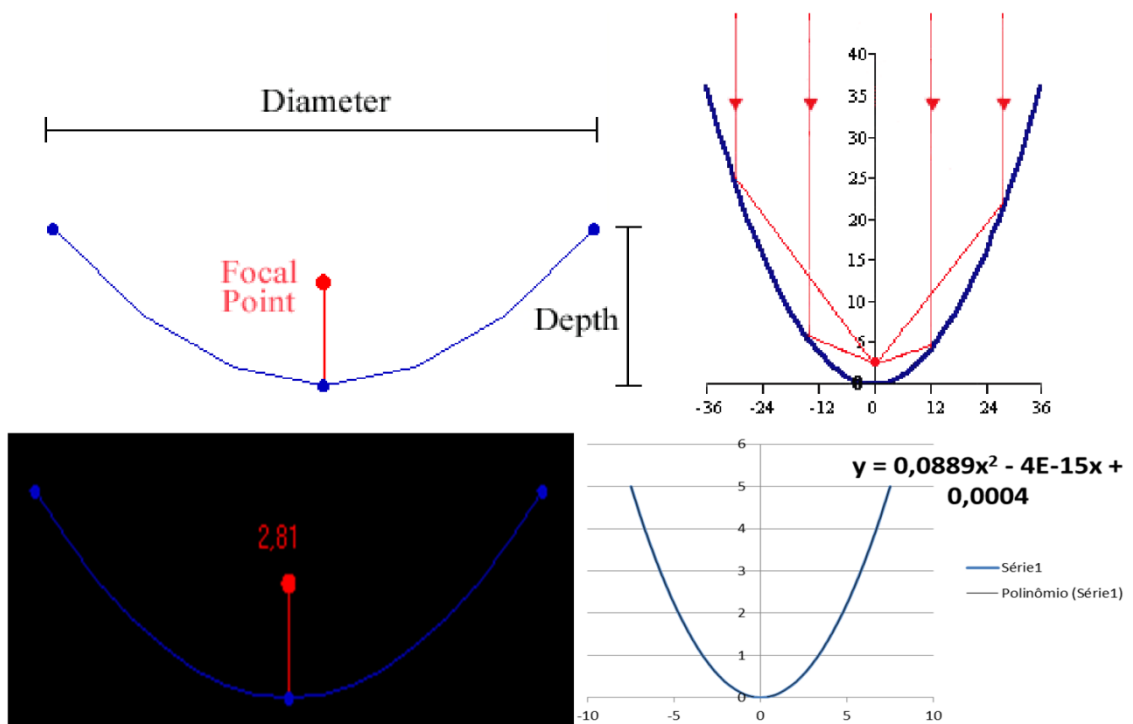


Figura 73: Detalhes das dimensões em 2D da Luminária proposta.

O modelo proposto até então possui as seguintes dimensões, diâmetro de 15cm e altura de 5 cm, e um ponto de foco em 2,81 cm.

Neste projeto concebido dentro do Grupo de Pesquisa em Exploração Integrada de Recursos Energéticos – EIRE, trabalham em parceria professores, alunos e técnicos dos cursos

de engenharia elétrica e mecânica na criação e viabilização do desenvolvimento da luminária em questão.

Utilizando do software Solid Works, foi projetada uma primeira versão da luminária, representada em detalhes nas Figuras 74 e 75 abaixo.

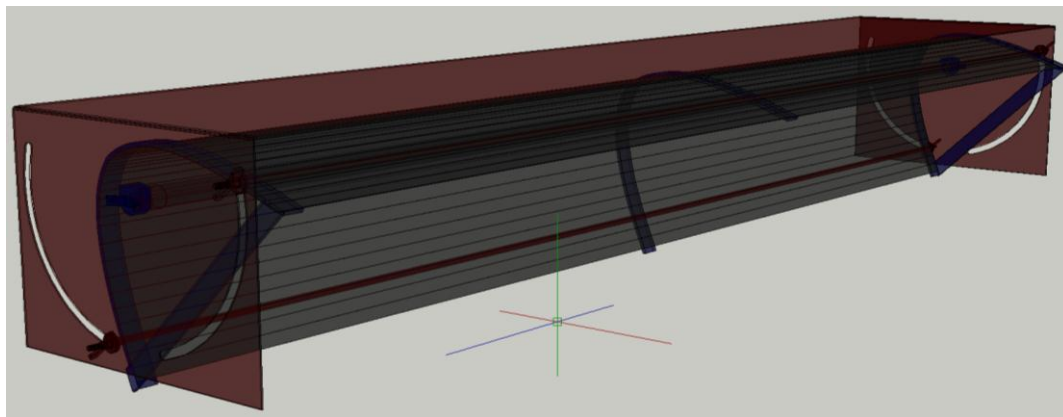


Figura 74: Detalhes em 3D da 1ª versão da luminária proposta-Via Solid Works.

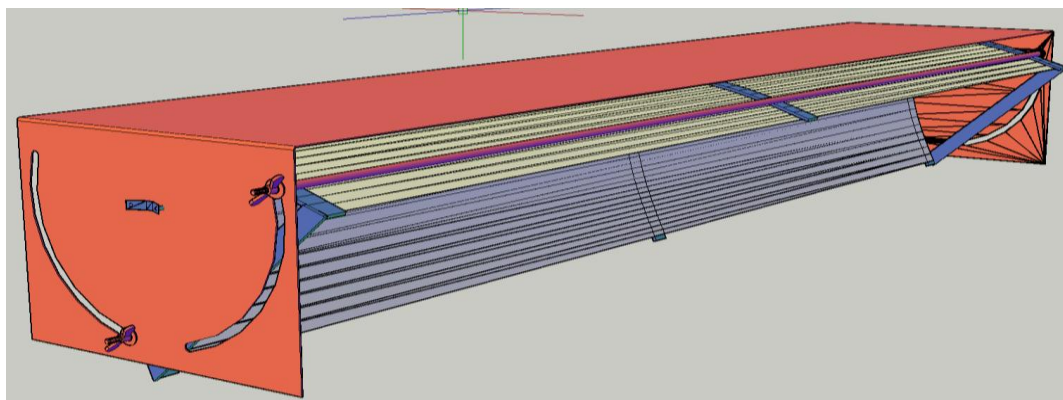


Figura 75: Detalhes em 3D da 1ª versão da luminária proposta-Via Solid Works.

Este protótipo foi montado e testado no laboratório, demonstrando resultados luminotécnicos satisfatórios. Entretanto, demonstrou-se pesado e de difícil regulagem do ângulo de inclinação.

Buscando uma melhor otimização da luminária proposta, foi criada uma segunda luminária com o mesmo princípio básico, mas agora com uma maior rigidez do produto e também que o mesmo seja de fácil fabricação. Assim foi projetado um protótipo com a utilização do software SOLID WORKS representada pela Figura 76.

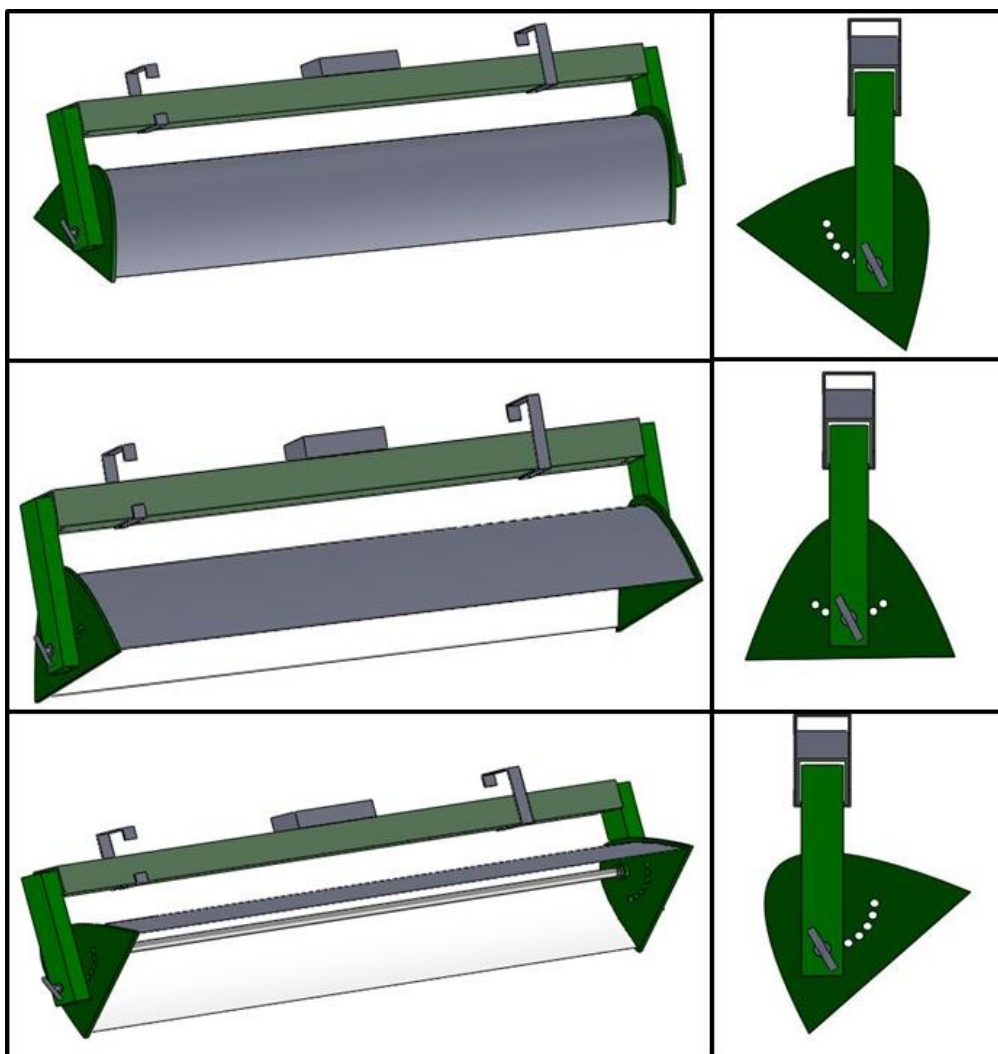


Figura 76: Protótipo da 2ª Luminária proposta.

Observa-se que o modelo 2 ficou realmente mais simples que a primeira versão. A utilização de perfilados retangulares deram uma grande robustez à luminária. Quanto ao sistema de rotação da luminária também é muito simples e de fácil fabricação. A rotação da parábola ocorre em torno do eixo central fixado no perfilado. Existe um sistema de ajuste da inclinação nas extremidades da luminária que pode ser posicionada ao gosto do usuário e em função do ângulo desejado da inclinação da luminária. O sistema proposto possibilita um fácil manuseio para troca da lâmpada em caso de queima desta.

Foi construído de modo artesanal o segundo protótipo visando a realização de testes, para análise da sua curva fotométrica e do nível de iluminamento que ela produz. Para tanto foi tomando como referência a distancia padrão de 1 metro para coleta dos pontos de iluminâncias, realizada em laboratório, conforme a malha de coleta representada pela Figura 77.

Iluminância - Nível de Iluminamento [LUX]										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	341	411	435	1.040	1.395	1.320	1.293	417	337	328
20	272	387	478	685	1.469	1.469	1.266	498	382	320
30	157	295	521	892	1.469	1.583	1.063	613	421	257
40	288	419	542	717	1.565	1.660	1.362	536	458	358
50	230	447	562	760	1.658	1.712	1.439	584	477	385
60	173	332	572	958	1.604	1.726	1.166	690	478	292
70	258	432	532	745	1.657	1.709	1.411	513	482	387
80	342	427	535	740	1.561	1.656	1.337	543	479	377
90	258	318	524	945	1.466	1.553	1.017	607	448	275
100	324	390	461	703	1.466	1.466	1.242	529	450	363
110										
Valores Extrapolados										
Média 1 m ² :						768,8	Lux		-	Cd

Figura 77: Levantamento iluminância - 2ª Luminária.

Foi utilizado no levantamento da malha de pontos coletados um luxímetro calibrado e certificado ICEL LD-800, tendo-se obtido uma iluminância média de 768,8 lux. Para um melhor entendimento dos valores capturados foi feito um gráfico de superfície em 3D representado pela Figura 78, que reflete os níveis de iluminâncias da 2ª luminária proposta.

Levantamento Fotométrico-Luminária Proposta

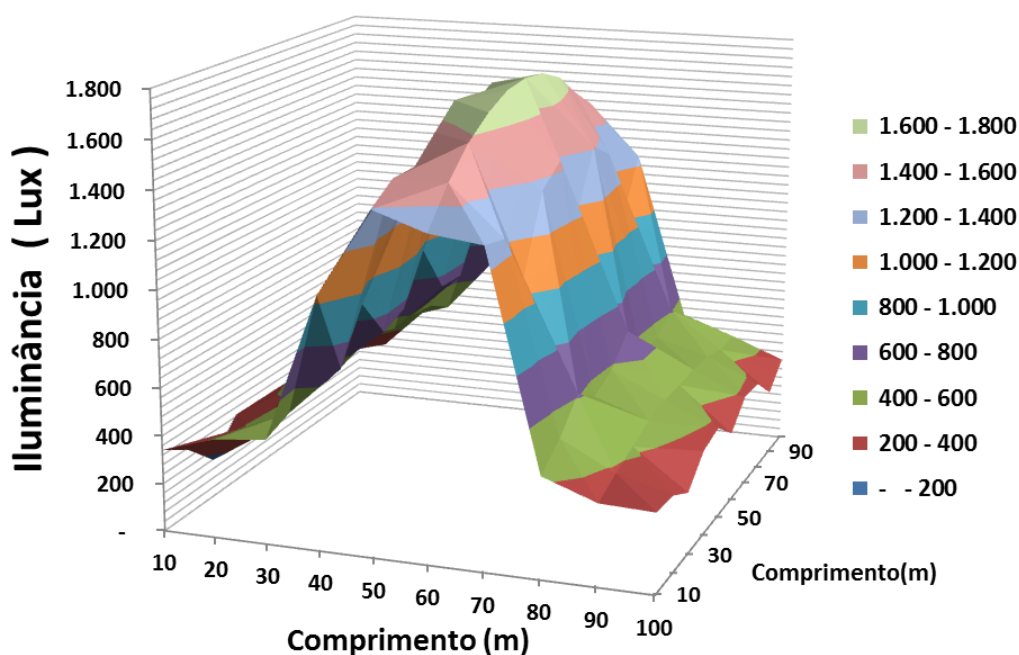


Figura 78: Gráfico do Levantamento fotométrico 2ª Luminária.

3.3.3 ANALISE DOS RESULTADOS

Foi feita uma análise comparando todos cenários, tratando da potência consumida (W) em cada uma das bibliotecas estudadas. O gráfico da Figura 79 permite fazer uma comparação da potência consumida nas bibliotecas de Jaguarão e Dom Pedrito.

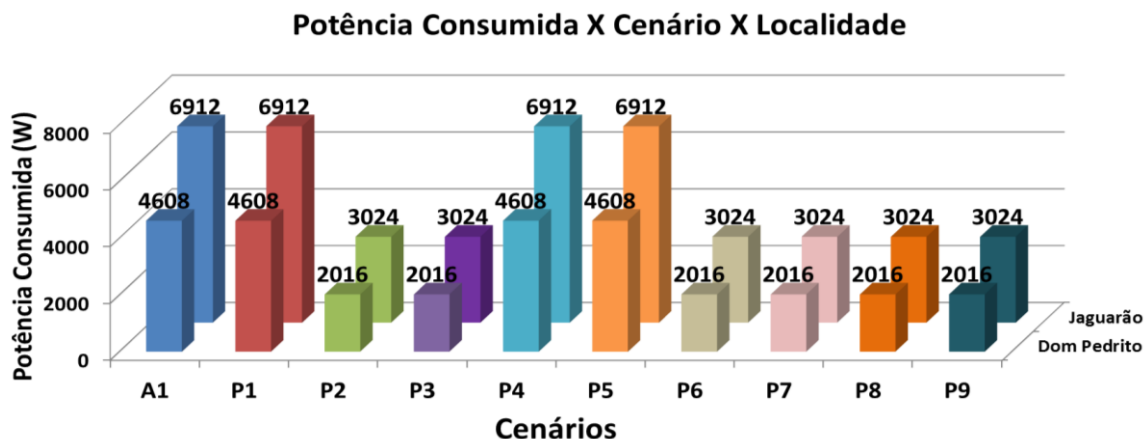


Figura 79: Gráfico comparativo da potência consumida em cada localidade considerando cenários.

Para essa análise vale ressaltar que a biblioteca do campus de Dom Pedrito possui 36 pontos de iluminação e de Jaguarão possui 54 pontos de iluminação, cada cenário tem suas respectivas luminárias adotadas e potências e consumos de energia. Percebem-se os maiores consumos nos cenários A1, P1, P4 e P5 que utilizam o sistema T8 de 4x32W e os menores consumos para os cenários P2, P3, P6, P7 P8 e P9 que utilizam sistema de iluminação T5, mais eficiente.

Tratando de níveis de iluminância, foram simuladas para todos cenários e capturado as iluminâncias médias horizontais e verticais para os campi de Dom Pedrito e Jaguarão, tendo sido levado em consideração a complementação de luz pela incidência ou não da iluminação externa. Vale lembrar que foram adotadas duas zonas de superfície para cada biblioteca, sendo Zona 1 referente as estantes e Zona 2 referente ao ambiente com mesas destinado a estudo/leitura.

A Figura 80 representa as iluminâncias médias horizontais e verticais referentes à zona 1, sendo que a cor roxa explicita os valores de iluminância sem considerar luz para o campus de Jaguarão. Já a cor verde é referente à Dom Pedrito sem considerar luz, a cor vermelha assinala Jaguarão considerando iluminação externa e azul representa a iluminâncias considerando iluminação externa para o campus de Dom Pedrito.

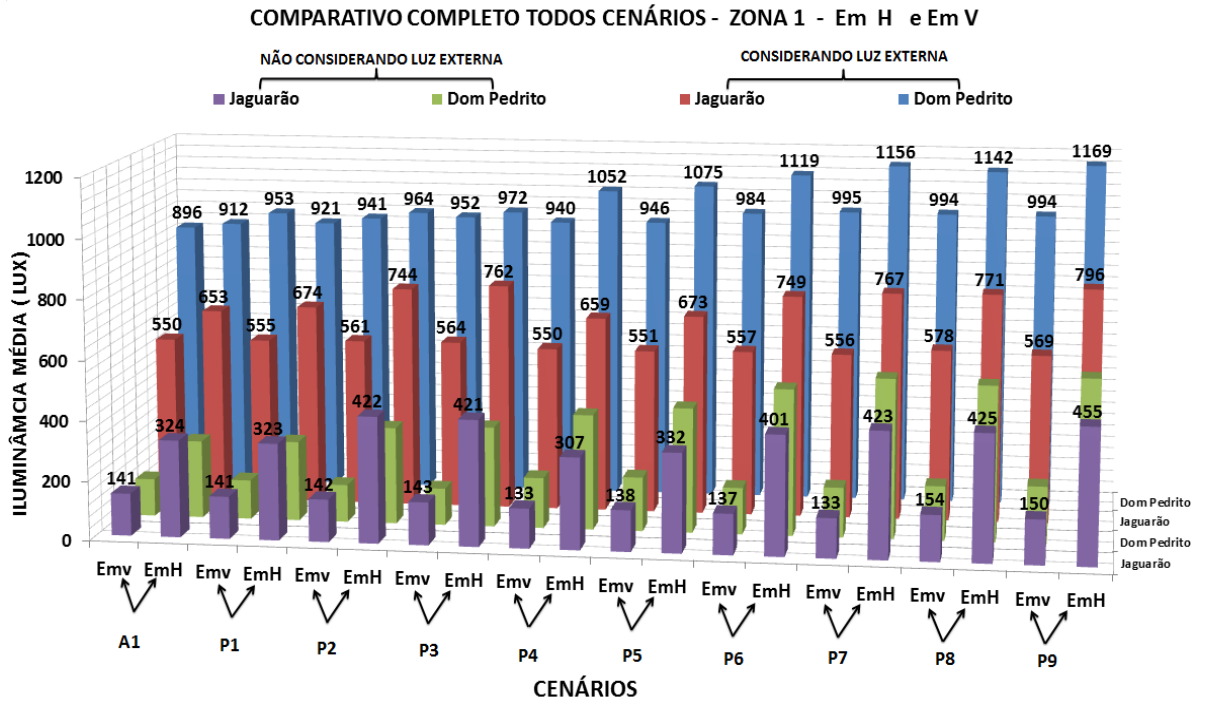


Figura 80: Gráfico comparativo da iluminância horizontal e vertical referente a Zona 1.

Representam-se assim todos cenários de uma única vez, conseguindo perceber o ganho de iluminação média. Analisando o sistema atual com referencia ao sistema proposto P9, vale frisar que existe ganho, considerando uma grande redução de potência consumida. Porém uma análise luminotécnica não se faz apenas sobre valores, e sim analisando a uniformidade da luz e a sua distribuição. Para corrigir os problemas atuais de iluminação o cenário P9 foi o que representou a melhor alternativa tanto do ponto de vista luminotécnico como energético.

Já a Figura 81 representa as iluminâncias médias horizontais e verticais referentes a zona 2, sendo que o sistema de representação com cores segue o mesmo do gráfico anterior. Fica explicito graficamente, a grande complementação devida a iluminação externa, já que a simulação foi realizada considerando céu aberto e horário da simulação como 10:30h da manhã. Constata-se a grande intensidade de luz sobre as mesas de estudo da zona 2. Tal iluminação está mensurada em detalhes na Figura 81. Ficam evidentes os ganhos de iluminação média analisando o sistema atual com referência ao sistema proposto P9.

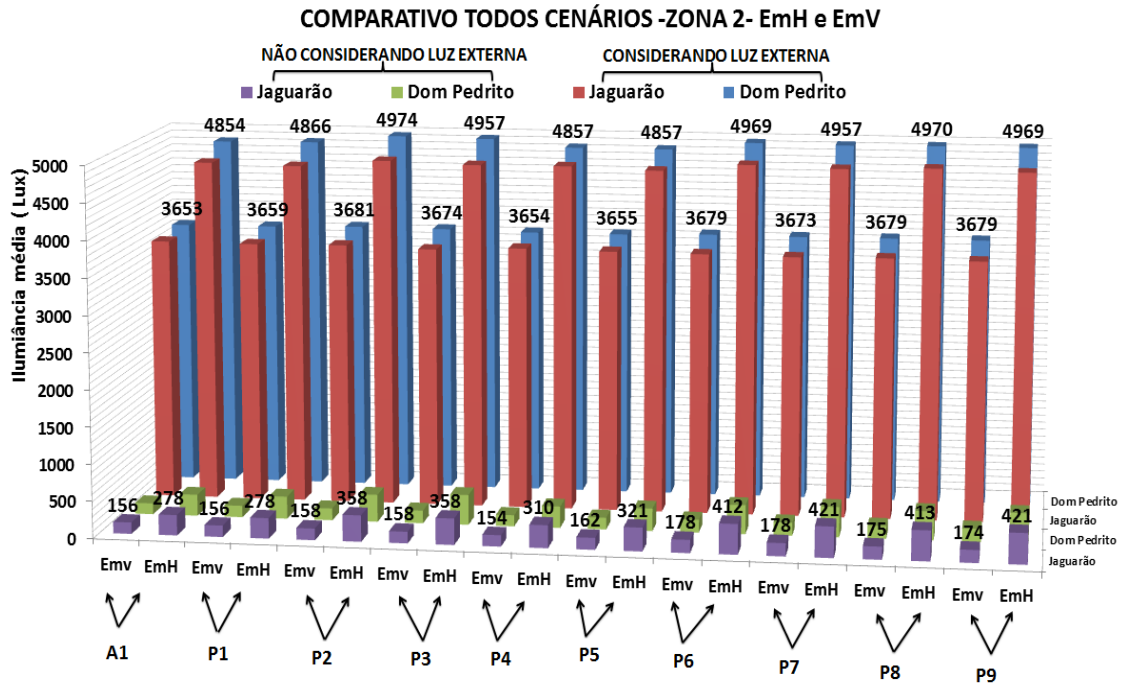


Figura 81: Gráfico comparativo da iluminância horizontal e vertical referente a Zona 2.

A Figura 82 evidencia a grande redução de potência consumida pelos cenários que utilizam sistema T5, os quais proporcionam melhores níveis de iluminação, consumindo praticamente metade da potência.

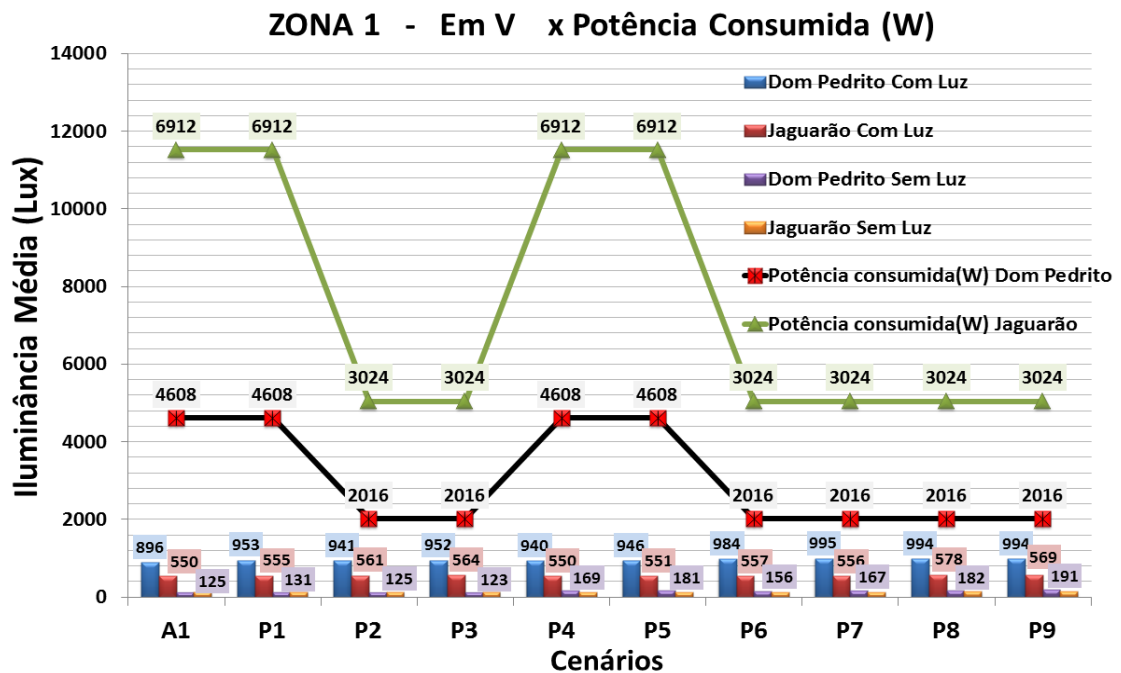


Figura 82: Gráfico comparativo da iluminância vertical e potência consumida referente à Zona 1.

O gráfico representado pela Figura 83, que sintetiza a relação de potência consumida para cada cenário, juntamente com a iluminância média horizontal da zona 2 (Mesas de estudo) para seu respectivo cenário. Percebe-se pela linha de tendência que além do ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P9, tem-se uma redução de potência consumida de 4608 W para 2016 W para Dom Pedrito e 6912 W para 3024 W em Jaguarão.

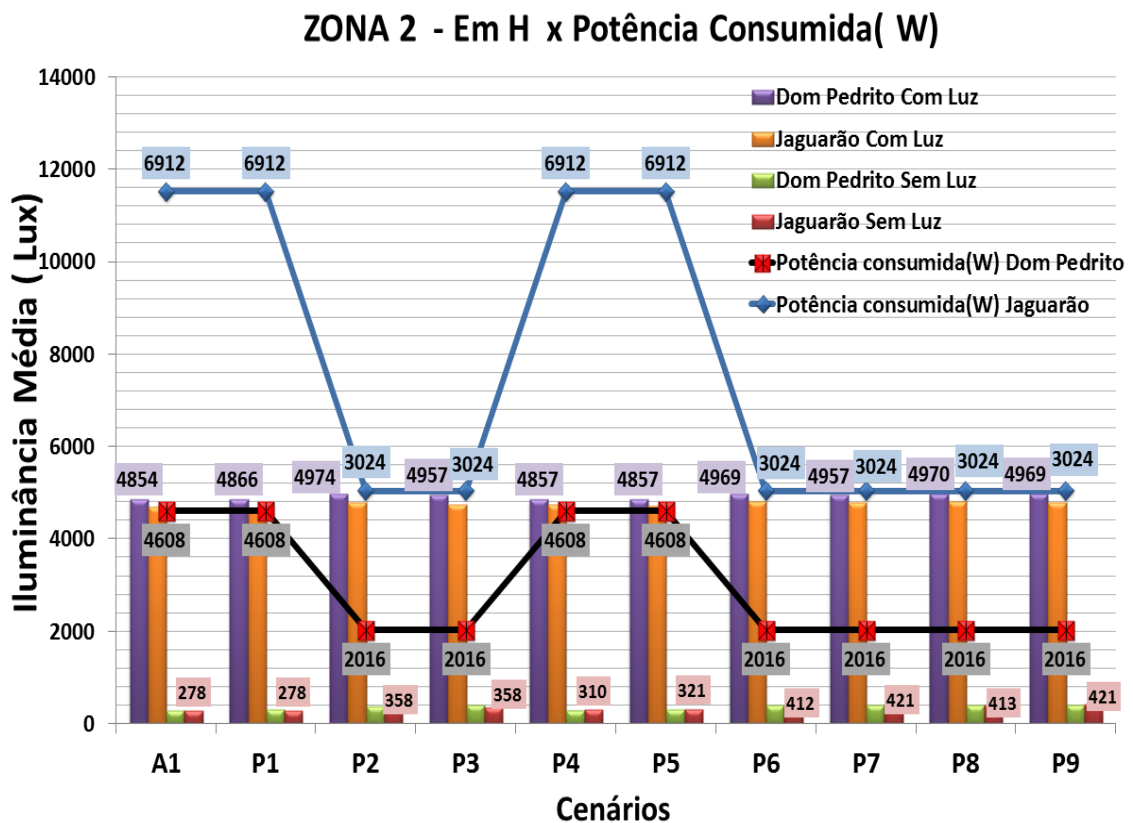


Figura 83: Gráfico comparativo da iluminância Horizontal e potência consumida referente a Zona 2.

3.4 SALA DE AULA

Para o estudo luminotécnico referentes a salas de aula, também se fez necessário a análise das respectivas plantas civis em 2D das salas de aulas dos campus Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão. Isto permitiu fazer a modelagem via software DIALUX do atual sistema de iluminação e dos cenários tipos que foram criados com o intuito de melhorar os níveis de iluminação em tais ambientes, buscando diminuir o consumo de energia. Nos próximos segmentos serão apresentados alguns modelos de alterações nos atuais sistemas de iluminação, fazendo uma realocação de luminárias. Tem-se por objetivo melhorar a uniformidade da distribuição luminosa e proporcionar níveis adequados de iluminância horizontal e vertical na altura do plano de trabalho para salas de aula (nível das mesas).

3.4.1 Resumo do Sistema Atual

Tratando-se de salas de aula, os equipamentos para iluminação utilizados atualmente são formados basicamente pelo conjunto: luminária fabricada pela empresa RESMINI, modelo T8 R630 S432 de sobrepor com refletor plano leitoso sem difusor, juntamente com 4 lâmpadas fluorescentes T8 da marca ZIRON de potência 32W, fluxo luminoso de 2500 Lumens e temperatura de cor de 4100 Kelvin e composto também por dois reatores eletrônicos fabricado pela empresa Top LINE, de 32/40W. Possui opção de alimentação de tensão em 127/220V, consome uma potência total de 73W e possui FP de 58%. A Figura 84, mostrada abaixo representa a luminária utilizada nas bibliotecas dos campi em estudo.



Figura 84: Luminária atual – 4x32W instaladas nas salas de aula.

Pela Figura 84, fica fácil a visualização das características básicas do produto, como por exemplo, o modelo de luminária de sobrepor, com 4 lâmpadas, fundo plano leitoso sem difusor e o reator TOP LINE 2x32/40W utilizado.

3.4.2 Metodologia

A metodologia aplicada para estudo referente às salas de aula, é totalmente idêntica àquela utilizada para bibliotecas, porém a grande diferença está nos modelos selecionados, sendo que foi proposta a criação de 3 novos cenários de iluminação, P1,P2 e P3. Também foi utilizado o software DIALUX para realização do projeto luminotécnico das salas de aula.

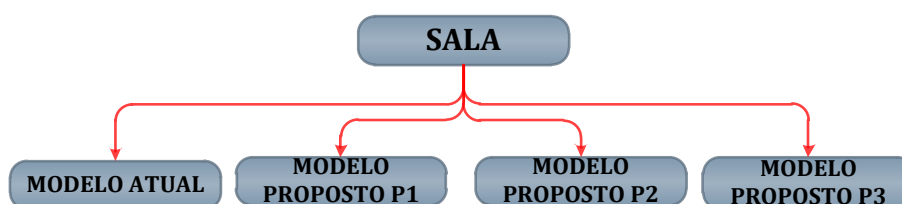


Figura 85: Esquemático metodologia das simulações- Sala de Aula.

Tratando de cenários de iluminação para salas de aula, para o atual trabalho de conclusão de curso, foi proposta a criação de 4 cenários, sendo um referente à situação atual chamado de A1 e mais 3 cenários propostos, chamados de (P1, P2 e P3), em detalhes na Figura 85 e 86.

Para facilitar o entendimento, estruturou-se a abordagem, conforme mostrado na Figura 86, a qual representa em azul o sistema atual e os três cenários propostos. Foram realizadas simulações considerando a influência ou não da iluminação externa.

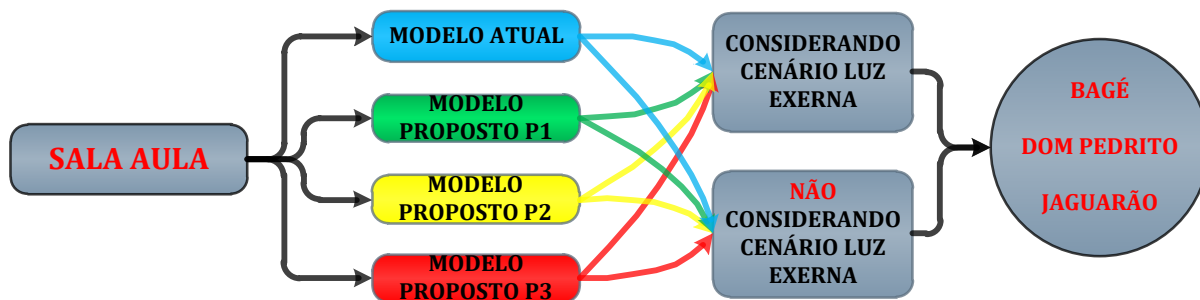


Figura 86: Esquemático dos Cenários de iluminação das Salas de aula.

3.4.2.1 CENÁRIO ATUAL A1

A partir do cenário atual, também simbolizado como A1, foram propostas alternativas conforme o esquemático representado pela Figura 87.

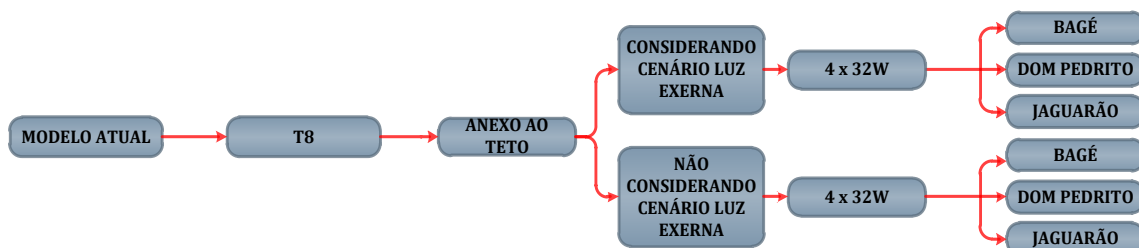


Figura 87: Esquemático simulações referente ao cenário atual(A1).

Serão mostradas detalhadamente apenas do campus de Dom Pedrito, pois nos demais campi, o princípio é o mesmo. Nos anexos a este trabalho têm-se os gráficos que incluem todos os cenários nos campi.

3.4.2.1.1 DOM PEDRITO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA-A1

A Figura 88 mostra em detalhes uma sala de aula do campus Dom Pedrito. Essa imagem permite uma boa visualização de como ficou a modelagem utilizando DIALUX.



Figura 88: Representação 3D-Sistema atual–Sala de aula Dom Pedrito-RS.

Para facilitar o entendimento, gera-se o atual cenário a partir da representação de cores, conforme Figura 89, possibilitando a visualização dos pontos com maior e menor nível de iluminação. Percebe-se a maior concentração de luz próxima à janela e na parede esquerda, fruto da reflexão luz sobre as classes.

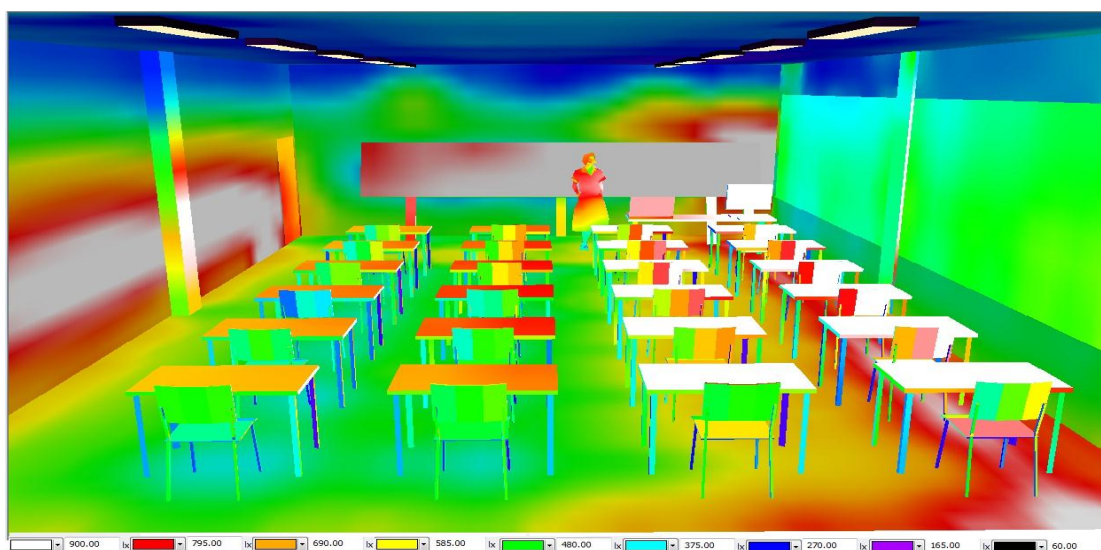


Figura 89: Representação 3D- Representação por cores.

Para facilitar a visualização criou-se um cenário com tons de cinza para destacar os pontos com maior iluminação, conforme a Figura 90.

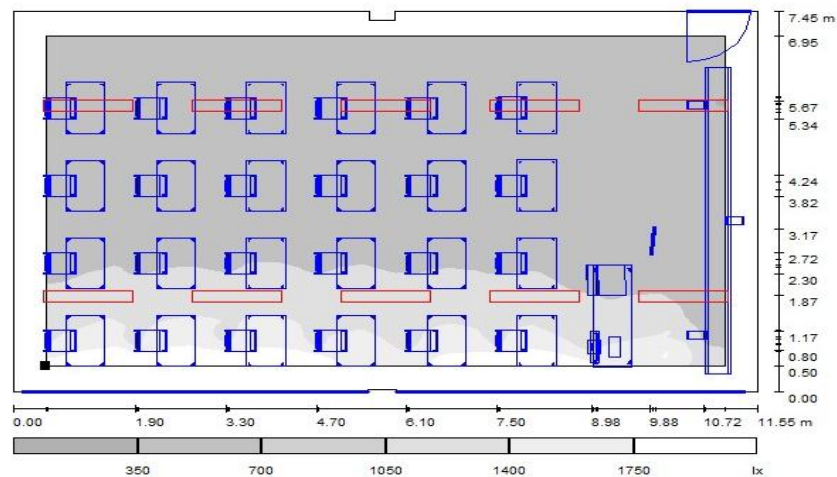


Figura 90: Representação 2D- Tonalidade Cinza.

Comprovam-se assim os níveis elevados de iluminação próximos da janela, com valores na faixa dos 1000-1700 Lux. Estes valores decaem progressivamente na medida em que se afastam da janela, sendo os picos por volta de 1986 Lux e média de 892 Lux. O gráfico de valores permite um melhor entendimento dos níveis de iluminação da sala de aula através da Figura 91.

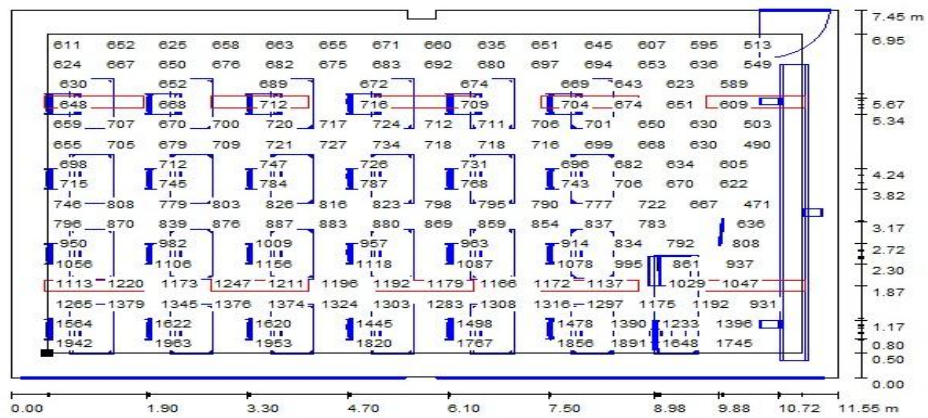


Figura 91: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para o campus de Dom Pedrito, cenário atual, considerando iluminação natural foi calculado a superfície de ofuscamento (UGR). Esta está representada em detalhes na Figura 92.

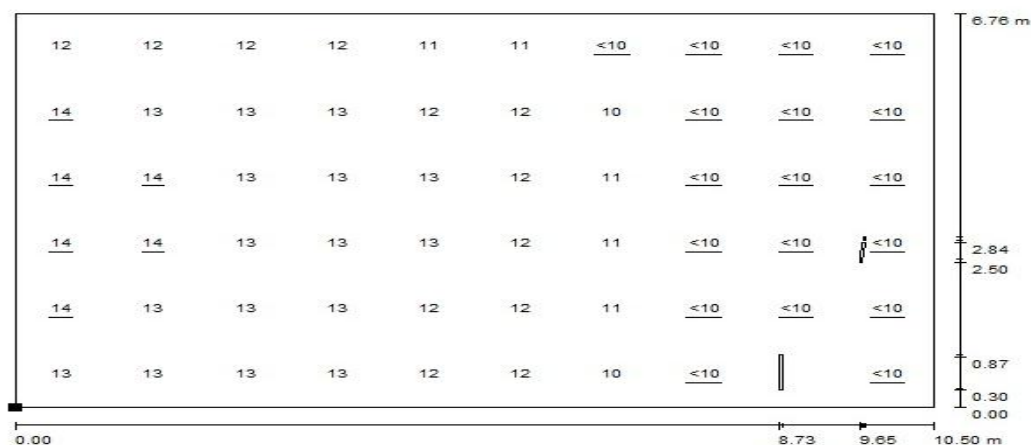


Figura 92: Representação 2D- UGR.

Para o cálculo considerou-se uma grade de medição 10x6 pontos, capturados a uma altura do solo de 1,20m, referente a altura dos olhos de uma pessoa sentada, resultando num UGR máximo de 14.

3.4.2.1.2 DOM PEDRITO SEM CONSIDERAR ILUMINAÇÃO EXTERNA – A1

Para simulação desse cenário, a Figura 93 possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (laranja e vermelho) com valores na faixa 300-450 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 120 Lux. Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

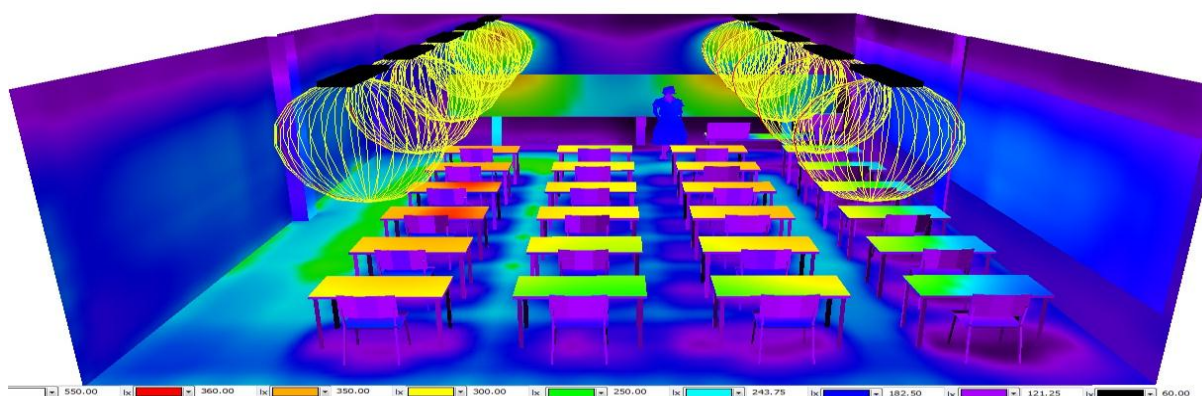


Figura 93: Representação 3D- Representação por cores.

Gerou-se um gráfico de valores, conforme Figura 94 para o campus de Dom Pedrito, sem considerar luz externa, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da sala de aula.

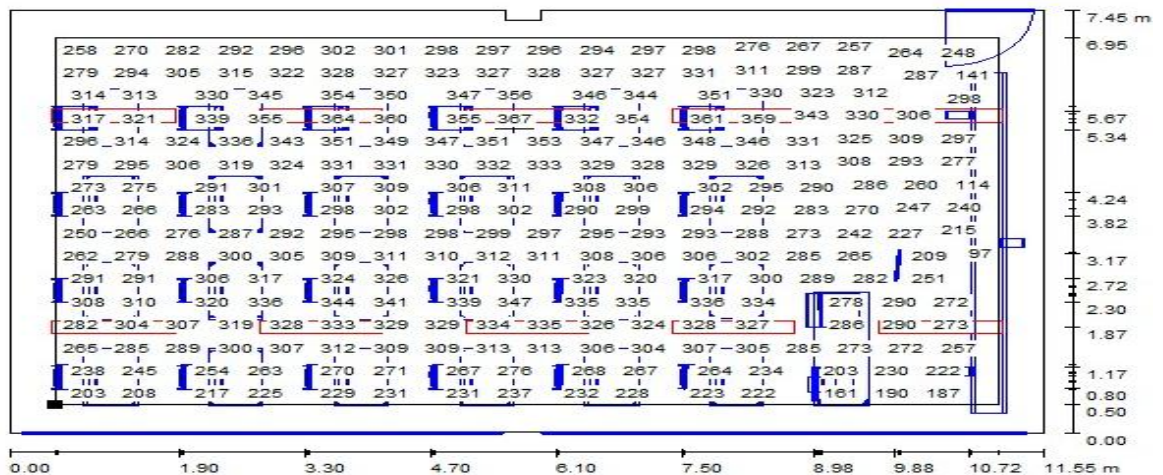


Figura 94: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Fica visível a verificação dos níveis de iluminação mais baixos de quando foi considerada a iluminação externa, sendo que esta possui agora valores máximos de 370 Lux e média de 291 Lux.

Para o campus de Dom Pedrito, no cenário atual foi calculada a superfície de ofuscamento (UGR). Esta representada em detalhes na Figura 95.

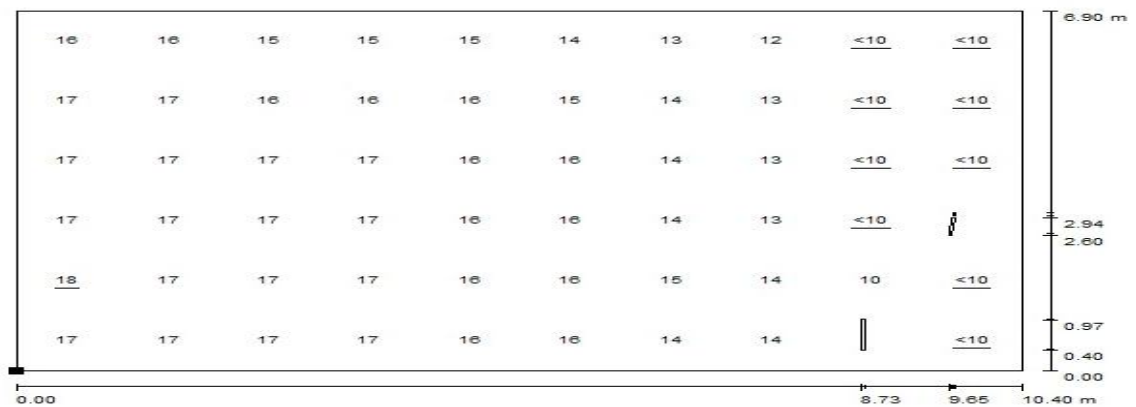


Figura 95: Representação 2D- UGR.

Para tal cálculo foi considerado uma grade de medição 10x6 pontos, capturados a uma altura do solo de 1,20m (referente à altura dos olhos pessoa sentada). Possui UGR máximo de 18.

3.4.2.2 CENÁRIO PROPOSTO 3

Com a utilização do software DIALUX foi possível fazer a modelagem do cenário proposto P3 de iluminação dos campi de Bagé-RS, Dom Pedrito-RS e Jaguarão-RS. Os parâme-

tos adotados já foram detalhados na seção 3.3. Para simulação do cenário P3, foi desenvolvido o seguinte esquemático para realização das simulações, conforme a Figura 96 abaixo.

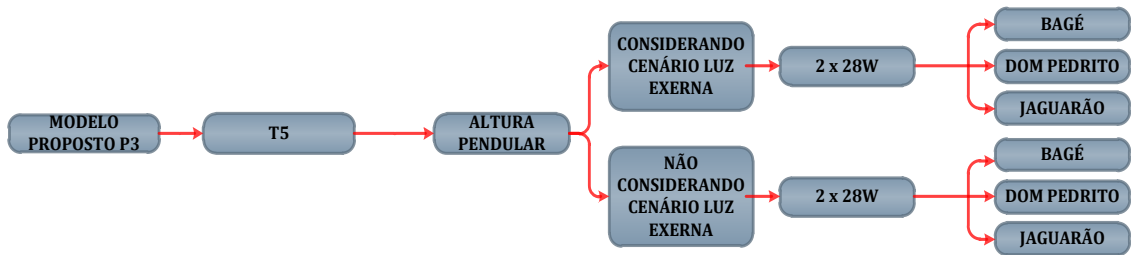


Figura 96: Esquemático das simulações referentes ao cenário proposto P3.

3.4.2.2.1 DOM PEDRITO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA – P3

Para facilitar o entendimento, gerou-se o cenário atual a partir da representação de cor. Percebe-se a maior concentração de luz próxima à janela e na parede esquerda, fruto da reflexão de luz sobre as classes. A Figura 97 possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (vermelho) chegando a um extremo próximo de 2000 Lux e que vai gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux (afastado das janelas). Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação com complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

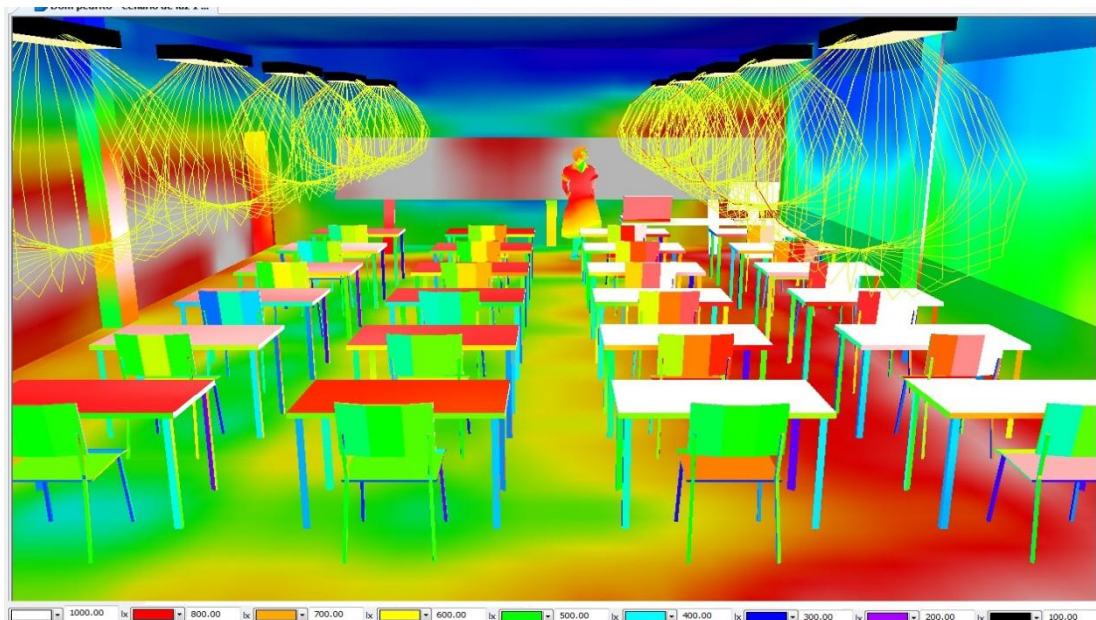


Figura 97: Representação 3D- Representação por cores.

Criou-se também um cenário com tons de cinza para destacar os pontos com maior iluminação e pontos com pouca iluminação. Na Figura 98 fica evidente a verificação dos níveis de iluminação na faixa dos 700-1750 Lux, pela área representada pela coloração mais branca, decorre da proximidade da janela, sendo que possui uma iluminância média de 1040 Lux, considerando uma grade de 128x128 pontos.

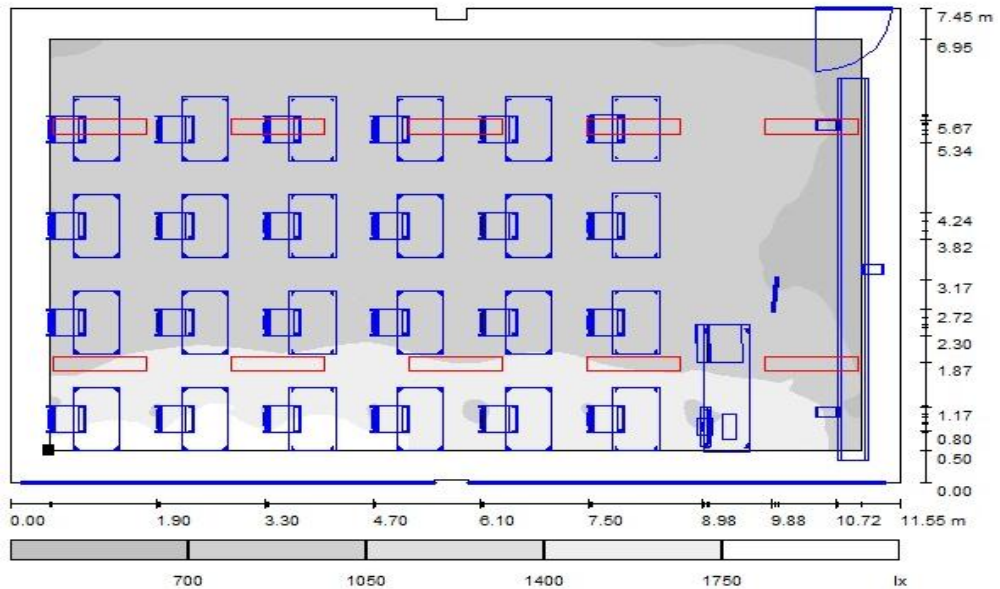


Figura 98: Representação 2D- Tonalidade Cinza.

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da sala de aula, representado pela Figura 99, que esta em uma escala de 1:83 e todos os valores em Lux.

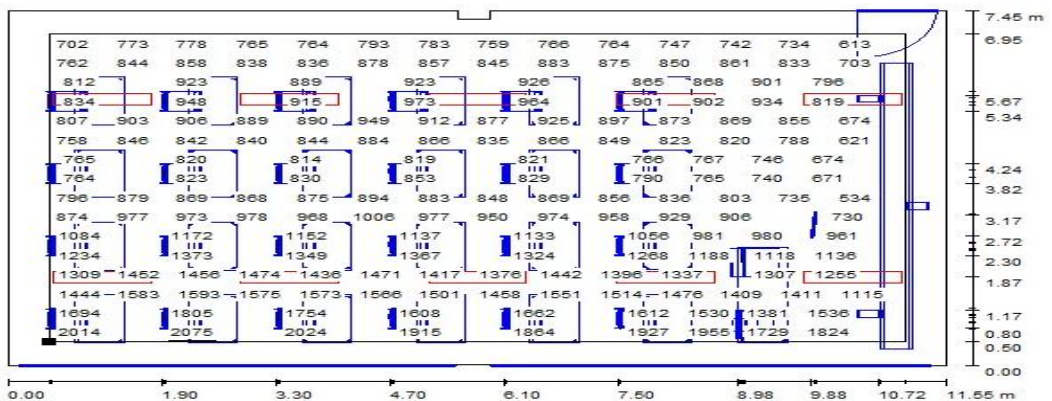


Figura 99: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para o campus de Dom Pedrito, cenário atual considerando iluminação externa foi calculado a superfície de ofuscamento (UGR), representada em detalhes na Figura 100.

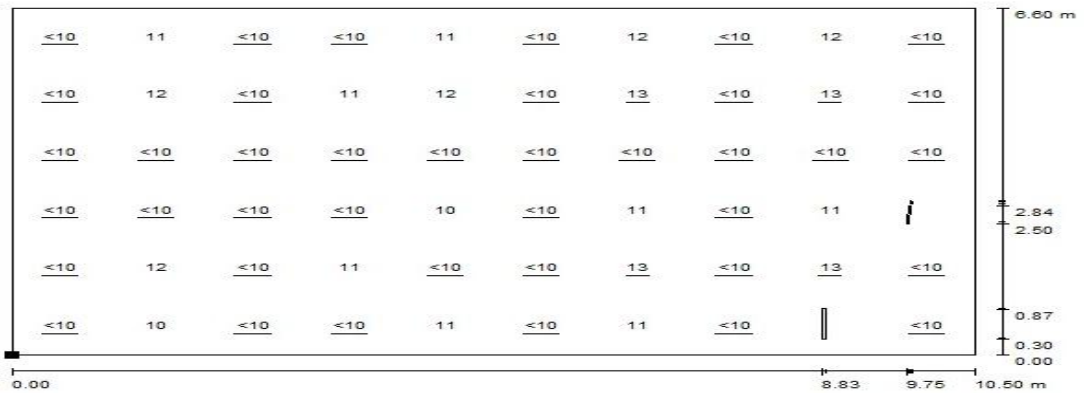


Figura 100: Representação 2D- UGR.

Para tal cálculo foi considerada uma grade de medição 10x6 pontos, capturados a uma altura do solo de 1,20m (referente á altura dos olhos da pessoa sentada). Possui UGR máximo de 13.

3.4.2.2.2 DOM PEDRITO SEM CONSIDERAR ILUMINAÇÃO EXTERNA – P3

Para simulação desse cenário, a Figura 101 possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (laranja e vermelho) com valores na faixa 300-550 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 100 Lux.

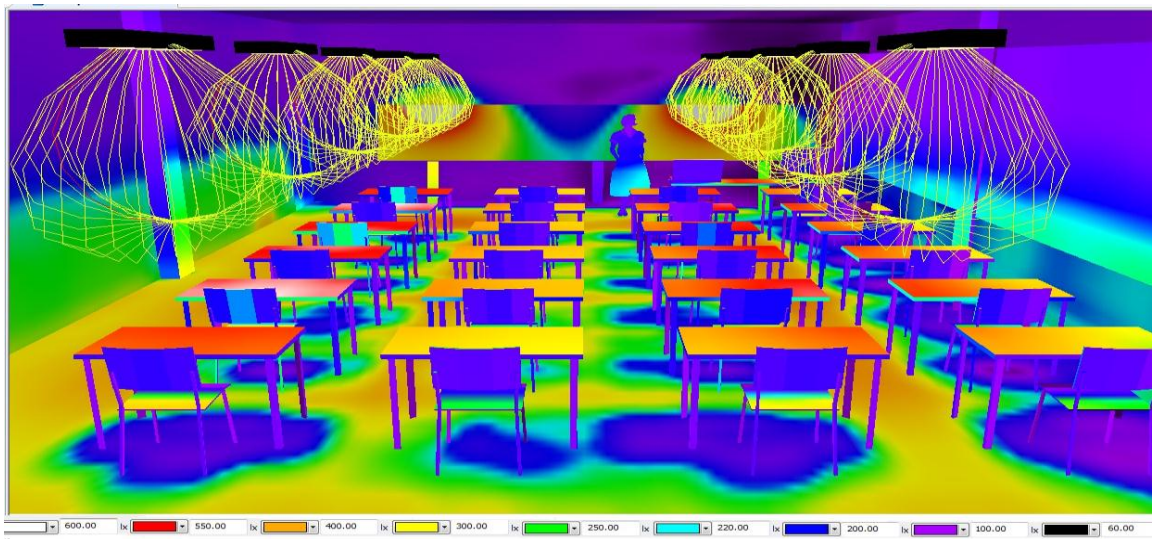


Figura 101: Representação 3D- Representação por cores.

Para facilitar a visualização criou-se um cenário com tons de cinza para destacar os níveis de iluminação ao longo da sala. A Figura 102 permite uma boa visualização.

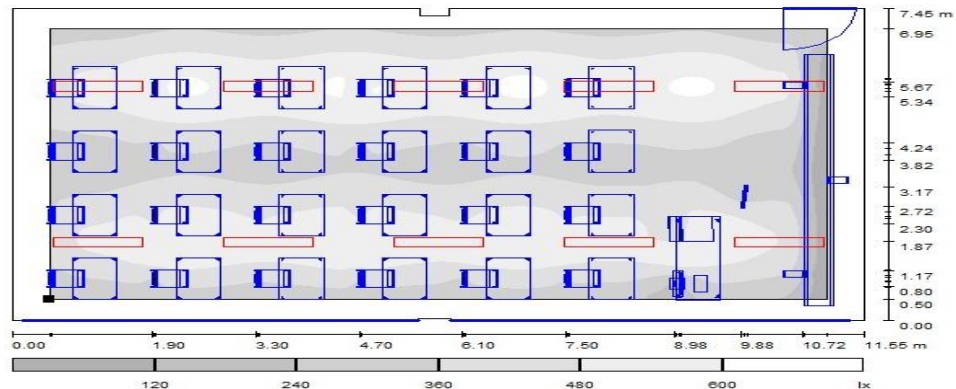


Figura 102: Tonalidade Cinza.

Fica visível a verificação dos níveis de iluminação na faixa dos 240-600 lux. É possível ver uma boa uniformidade dos níveis de iluminância ao longo da sala. Foi gerado um “Gráfico de valores” para o campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da sala de aula, representado pela Figura 103, que esta em uma escala de 1:83 e todos os valores em Lux, sendo a iluminância média 433 Lux e pico máximo e 620 Lux.

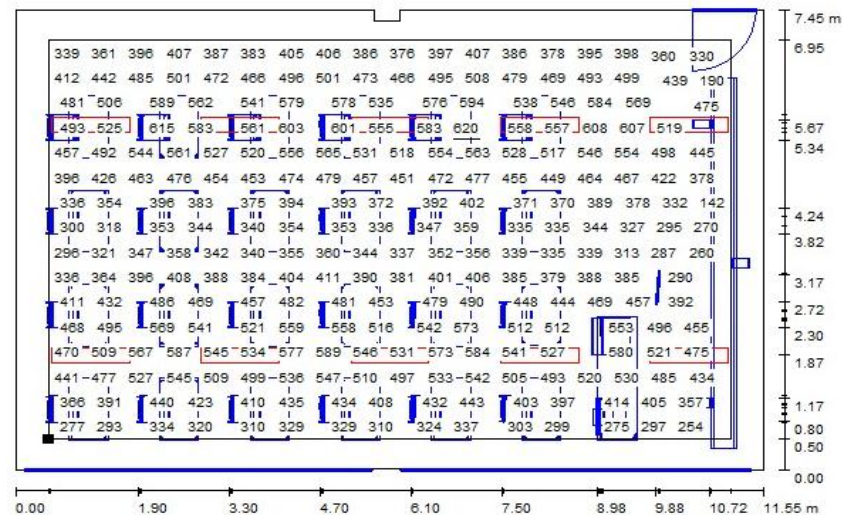


Figura 103: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Gerou-se para o campus Dom Pedrito, para complementar o trabalho, a simulação que reflete o índice limite de ofuscamento unificado (UGR), sendo que foi estabelecido um plano de superfície com toda dimensão da sala de aula, com uma matriz de cálculo de 10x6 pontos à uma altura padrão de 1,2m (altura de uma pessoa sentada, altura do chão até os olhos), a Figu-

ra 104 abaixo reflete tal simulação nomeada como “gráfico de valores de UGR” para o campus Dom Pedrito sem consideração da iluminação externa.

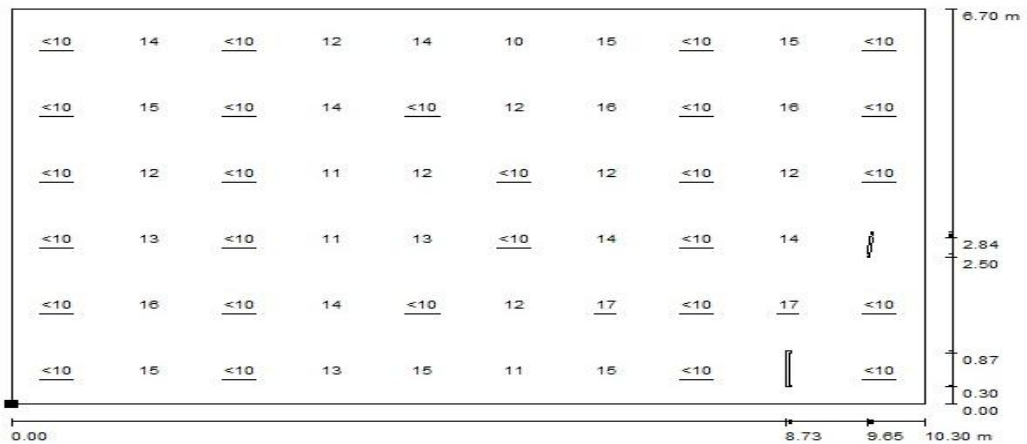


Figura 104: Representação 2D- UGR.

Fica explicito, através do gráfico de valor de UGR da Figura 102, que o ponto de máximo ofuscamento possui valor 17 (norma NBR 8995 permite 19 para tal ambiente em estudo).

3.4.3 ANÁLISE RESULTADOS

Foi feita uma análise comparando todos cenários, tratando da potência consumida (W) em cada uma das bibliotecas estudadas. O gráfico da Figura 105 permite fazer uma comparação da potência consumida nas salas de aula de Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão.

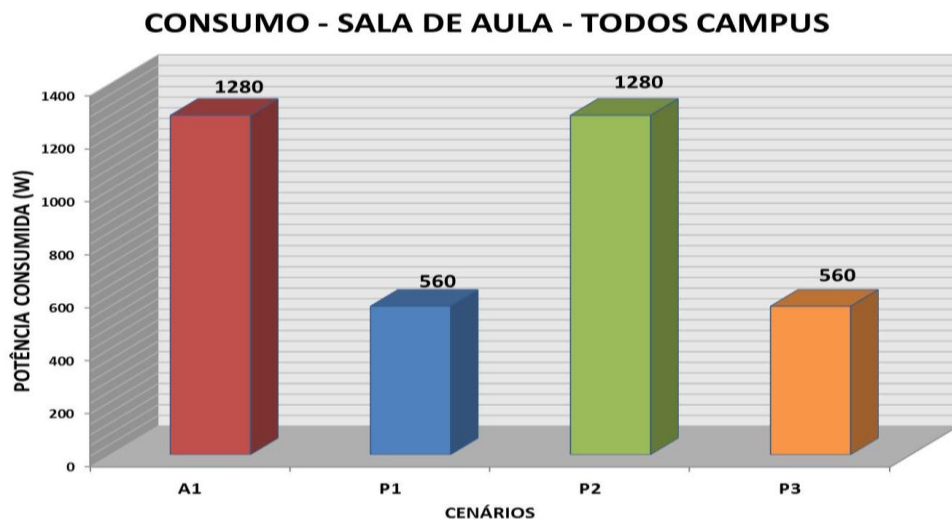


Figura 105: Gráfico comparativo das potências por cenário- Salas de aula.

Vale ressaltar que as salas de aula dos campi possuem 10 pontos de iluminação, com isso o que muda é apenas a eficiência relativa ao uso das luminárias T5(P1 e P3).

Verifica-se que os maiores consumos nos cenários A1 e P2 que utilizam o sistema T8 de 4x32W. E os menores consumos para os cenários P1 e P3 que utilizam sistema de iluminação T5, mais eficiente. Já através do gráfico representado pela Figura 106 podemos comparar de uma só vez a iluminância média de todos os cenários (A1, P1, P2, P3) considerando ou não a influência de luz externa para os campus de Bagé-RS, Dom Pedrito-RS e Jaguarão-RS.

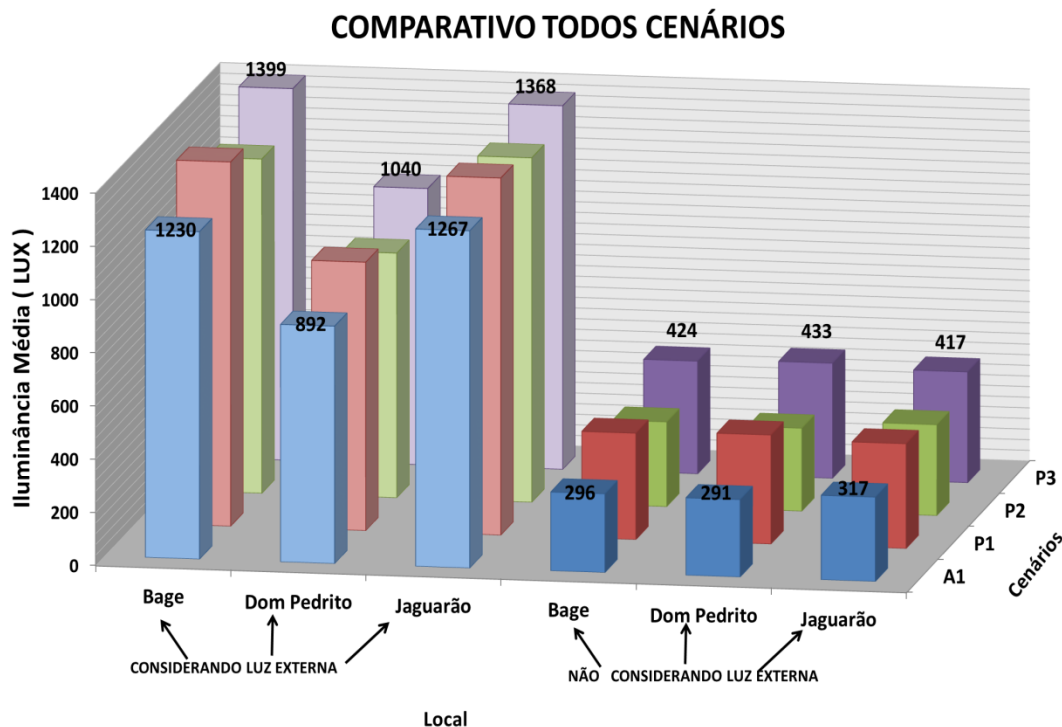


Figura 106: Gráfico comparativo completo – Iluminância–Salas de aula.

O gráfico da Figura 106 trata os níveis de iluminância média horizontal em todos os cenários simulados para os campi de Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão, sendo levada em consideração a complementação de luz pela incidência ou não de iluminação externa. Através do gráfico, analisando o momento em que foi considerada a influência da luz externa, percebe-se a evolução dos níveis de iluminância média ao momento que se sai do cenário atual A1 e encontra-se o cenário P3. A dedução anterior é válida para quando não é levada em consideração a influencia de luz externa nas salas de aula.

A Figura 107 é uma representação derivada da Figura 106, para buscar simplificar o gráfico e mostrar os níveis de iluminâncias médias horizontais para os cenários A1 e P1 em todos os campi em estudo.

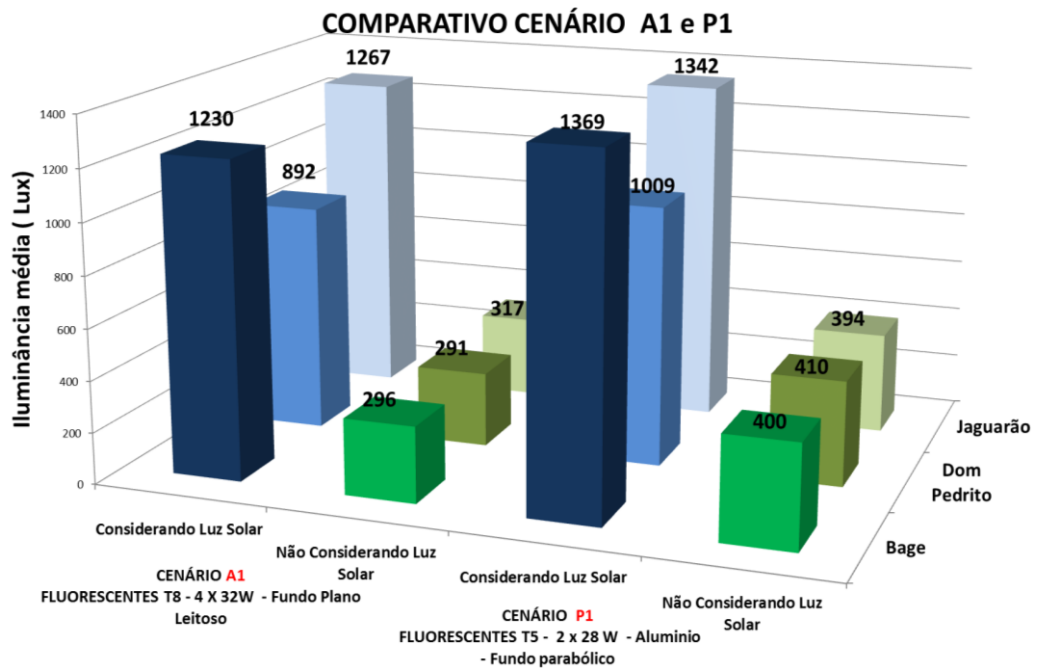


Figura 107: Gráfico comparativo cenário A1 x P1 – Iluminância – Salas de aula.

Analisando o gráfico da Figura 108, pode-se identificar que existem ganhos comparando o cenário A1 e P1 em todos os campi. A Figura 108 permite uma análise considerando a potência consumida em cada cenário.

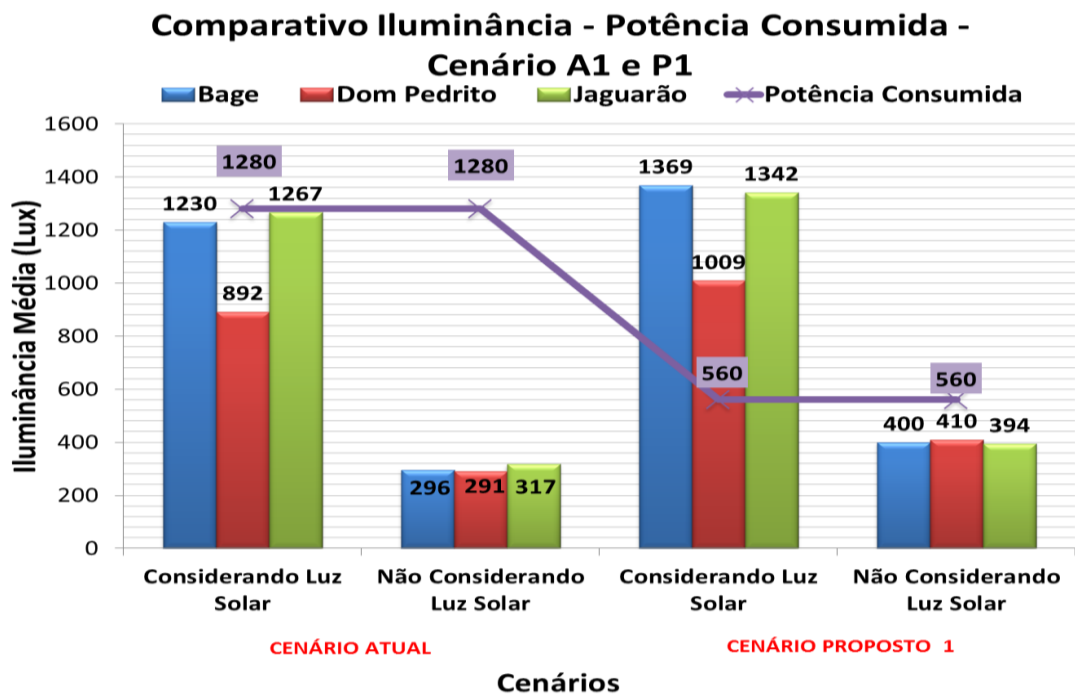


Figura 108: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Iluminância e potência consumida – Salas de aula.

Analisando o gráfico representado pela Figura 108, observa-se pela linha de tendência que além do ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P1, têm-se uma redução de potência consumida de 1280W para 560W em todos os campus. Foi feito o gráfico representado pela Figura 109, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário A1 e P1 somente para o campus de Bagé-RS.

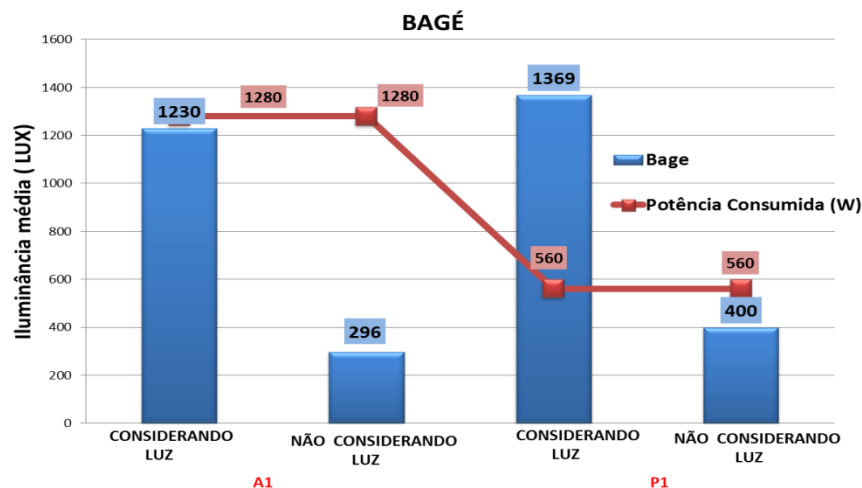


Figura 109: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Sala aula – Bagé-RS.

Verifica-se pela linha de tendência que têm-se uma redução de potência consumida de 1280W para 560W no campus Bagé-RS. Verifica-se um ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P1 com relação ao sistema atual. Foi feito o gráfico representado pela Figura 110, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário A1 e P1 para o campi de Dom Pedrito-RS.

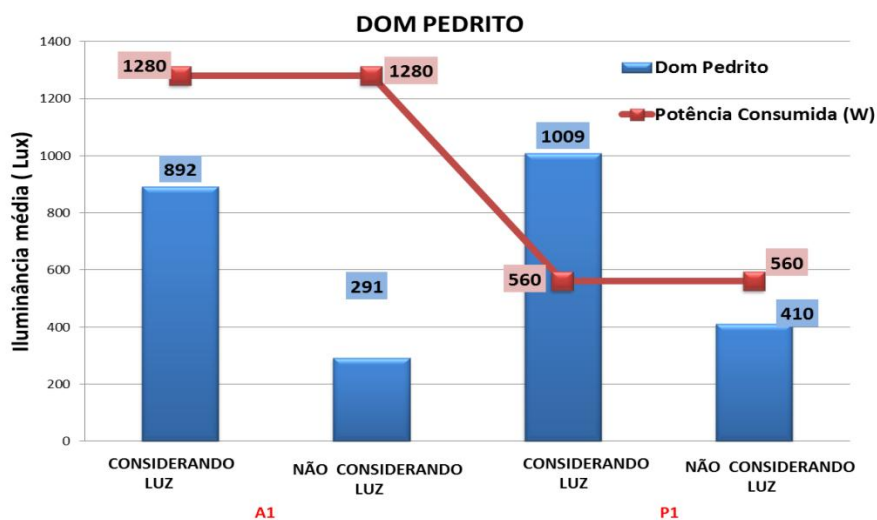


Figura 110: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Dom Pedrito-RS.

Observa-se pela linha de tendência que têm-se uma redução de potência consumida de 1280W para 560W no campus de Dom Pedrito. Verifica-se ainda um ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P1 com relação ao sistema atual. Foi feito o gráfico representado pela Figura 111, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário A1 e P1 para o campus de Jaguarão-RS.

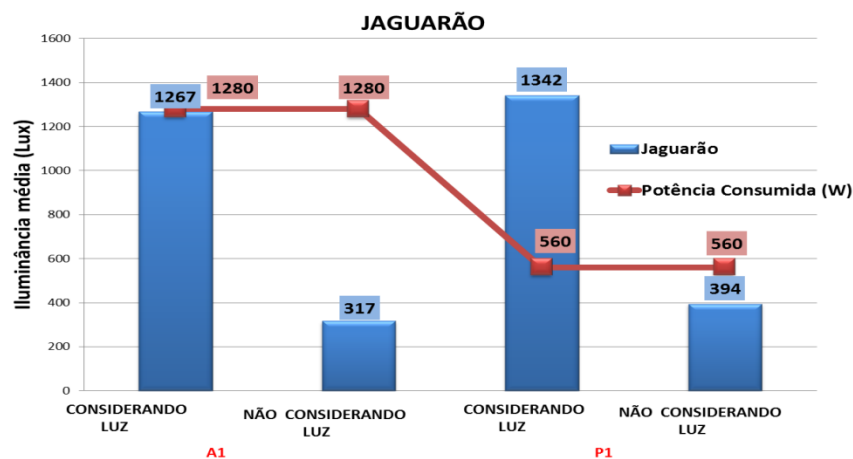


Figura 111: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Jaguarão-RS.

Através do gráfico representado pela Figura 111, percebe-se pela linha de tendência que se têm uma redução de potência consumida de 1280 W para 560 W no campus de Jaguarão com um ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P1. O gráfico da Figura 112 trata dos níveis de iluminância média horizontal em todos os cenários simulados P2 e P3 para os campus de Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão, sendo levado em consideração a complementação de luz pela incidência e não incidência de iluminação externa.

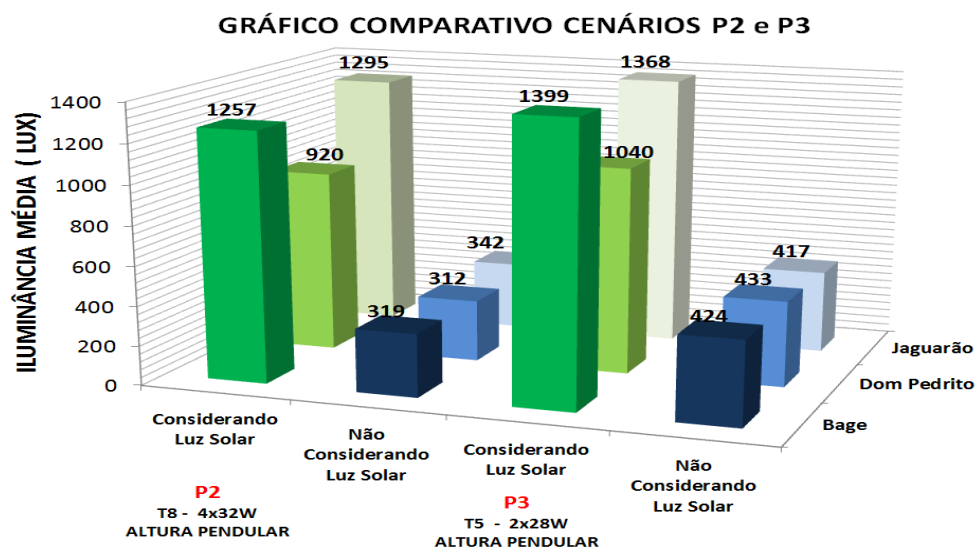


Figura 112: Gráfico comparativo cenário P2 x P3 – Iluminância – Salas de aula.

A Figura 112, é uma representação derivada do gráfico da Figura 106, para buscar simplificá-lo e mostrar os níveis de iluminâncias médias horizontais para os cenários P2 e P3 para todos os campi. Através do gráfico, percebe-se a evolução dos níveis de iluminância média ao momento que se sai do cenário atual P2 e se vai para o cenário P3. A dedução anterior é valida para quando não é levada em consideração a influência de luz externa nas salas de aula. A Figura 113 abaixo permite uma análise comparativa entre os cenários P2 e P3, e ainda considerando a potência consumida em cada cenário.

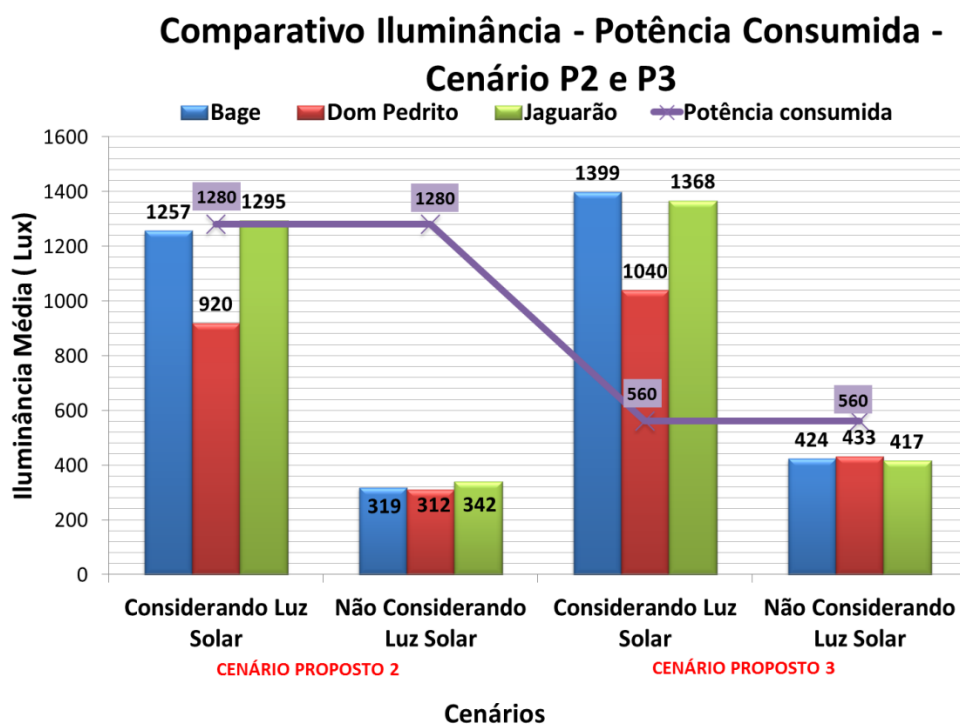


Figura 113: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Iluminância e potência consumida – Salas de aula.

Analisando o gráfico representado pela Figura 113, percebe-se pela linha de tendência que além do ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P3, têm-se uma redução de potência consumida de 1280W para 560W em todos os campi. Foi feito o gráfico representado pela Figura 114, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário P2 e P3 somente para o campus de Bagé-RS. Percebe-se pela linha de tendência que temos uma redução de potência consumida de 1280W para 560W no campus de Bagé-RS. Verifica-se um ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P3 com relação ao sistema P2.

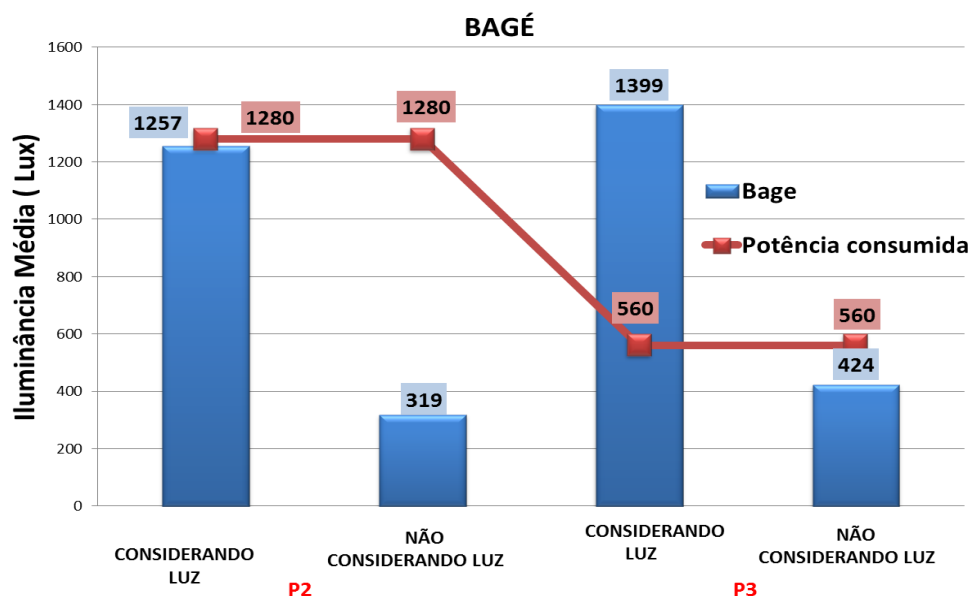


Figura 114: Gráfico 2D comparativo dos cenários A1 x P1 – Sala aula – Bagé-RS.

Foi feito o gráfico representado pela Figura 115, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário P2 e P3 para o campus de Dom Pedrito-RS.

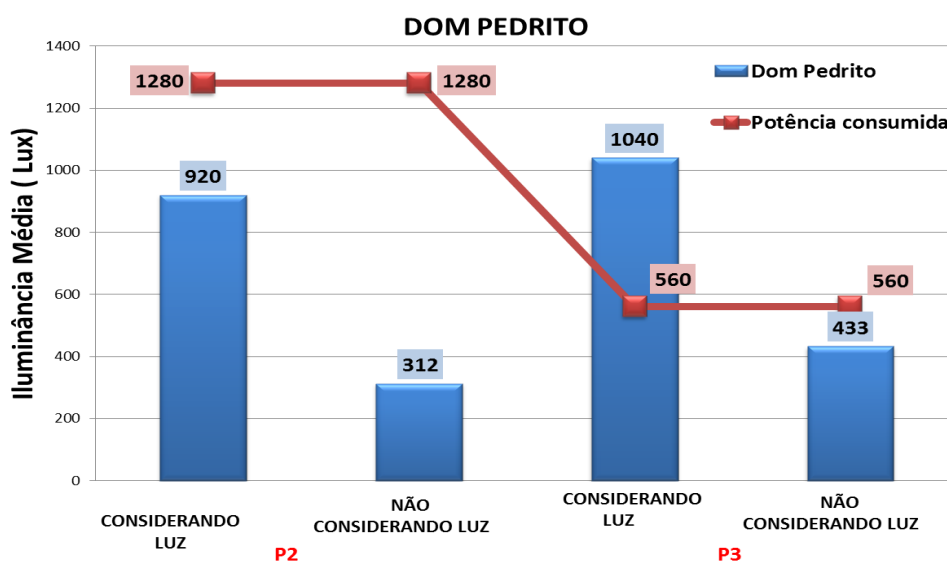


Figura 115: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Dom Pedrito-RS.

Através do gráfico representado pela Figura 115, percebe-se pela linha de tendência que temos uma redução de potência consumida de 1280W para 560W no campus de Dom Pedrito. Verifica-se um ganho de iluminação utilizando o modelo proposto P3 com relação ao sistema atual.

Foi feito o gráfico representado pela Figura 116, que trata de forma simples a relação de iluminância e potência consumida para o cenário P2 e P3 para o campus de Jaguarão-RS.

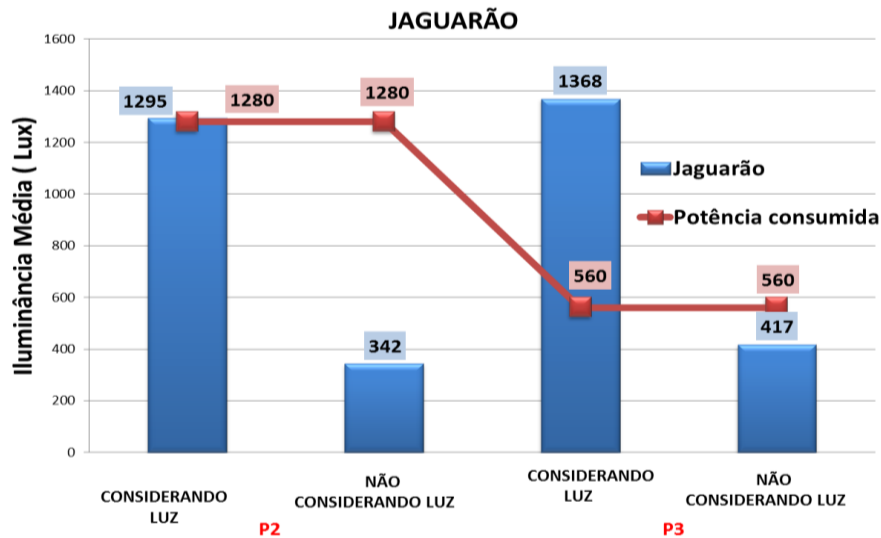


Figura 116: Gráfico 2D comparativo cenários A1 x P1–Sala aula–Jaguarão-RS.

Analisando o gráfico da Figura 116, fica fácil identificar que existem ganhos de iluminância média comparando o cenário P2 e P3 em todos os campos, sendo levada em consideração a complementação de luz pela incidência e não incidência de iluminação externa percebe-se a evolução dos níveis de iluminância média ao momento que saímos do cenário atual P2 e vamos até o cenário P3.

Para facilitar ainda mais o entendimento dos resultados, foi elaborado o gráfico representado pela Figura 117, onde é comparado a iluminância do cenário atual em 3D levando em consideração o uso da iluminação externa no ambiente, para cada campus em estudo.

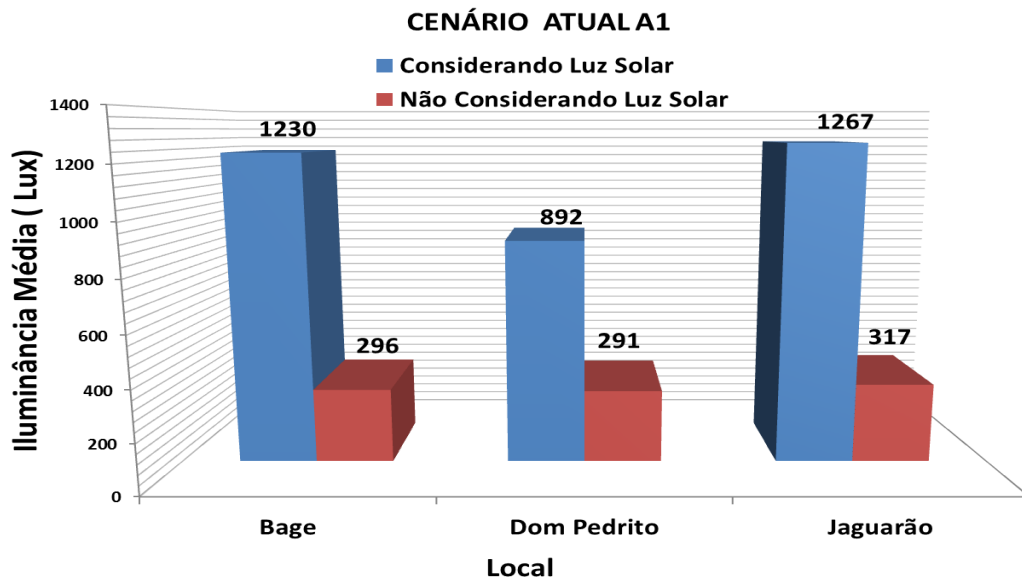


Figura 117: Gráfico comparativo 3D Iluminância–Cenário A1 considerando iluminação externa.

Foi elaborado o gráfico representado pela Figura 118, onde é comparado a iluminância do cenário P3 em 3D levando em consideração o uso da iluminação externa no ambiente, para cada campus em estudo.

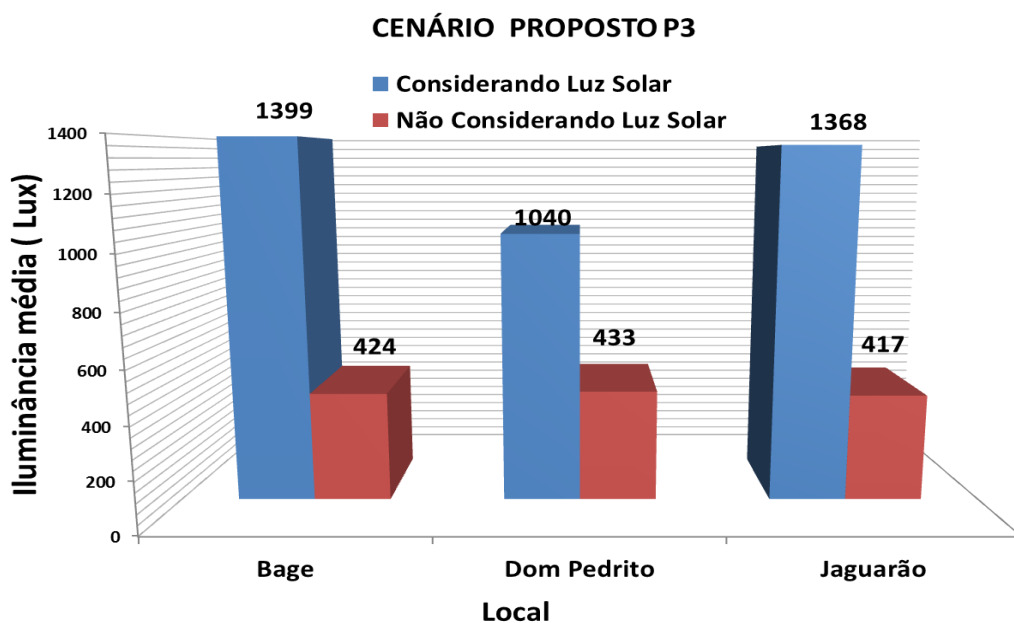


Figura 118: Gráfico comparativo 3D Iluminância–Cenário P3 considerando iluminação externa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta a utilização do software DIALUX como principal ferramenta para a análise dos atuais sistemas de iluminação utilizados nas salas de aula e bibliotecas dos campi Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão, pertencentes à UNIPAMPA.

Os sistemas de iluminação têm como finalidade iluminar da melhor forma possível os ambientes de ensino, como salas de aula e bibliotecas, de forma a garantir a boa produtividade, a saúde e o bem-estar dos ocupantes. Idealmente, deve-se fazê-lo consumindo o mínimo de energia eléctrica possível.

Dos resultados obtidos, verifica-se que os sistemas de iluminação instalados nas salas de aula e bibliotecas são energeticamente pouco eficientes e, em alguns casos, também não asseguram os níveis adequados, causando pontos com falta de iluminação e em outras com excesso de iluminação, provocando ofuscamento nas pessoas que utilizam tais ambientes.

O presente trabalho refere-se à elaboração de um projeto luminotécnico onde se buscou a representação idêntica das salas de aula e das bibliotecas, onde foram realizados tanto levantamentos de campo como inúmeras simulações com diferentes conformidades e diferentes tipos luminárias para analisar os níveis de iluminamento nos ambientes de ensino, tendo sido levado em consideração o aproveitamento da luz natural.

Tratando das bibliotecas, analisou-se o sistema de iluminação atual, para quantificar a energia eléctrica gasta na sua utilização, e propor um novo sistema de iluminação que se valoriza o iluminamento vertical nas áreas de exposição dos livros.

O novo modelo proposto (P9) para bibliotecas mostra que mesmo o simples reposicionamento das luminárias para uma configuração longitudinal e a substituição por uma luminária T5 que consome praticamente a metade da energia do sistema atual, aumentando consideravelmente a uniformidade e os níveis de iluminação da biblioteca, e principalmente extingue as

zonas escuras entre estantes e no meio da área de estudo das bibliotecas, sendo o principal ganho o aumento e melhora na uniformidade da iluminação vertical nas estantes das bibliotecas.

Tratando das salas de aula a melhor situação foi o modelo P3, que utiliza um sistema T5 de iluminação, modelo de sobrepor e altura pendular, Tal cenário mostrou-se muito eficiente comprando com o cenário atual de iluminação. Comprovaram-se os ganhos dos níveis de iluminação e uma redução da energia consumida, tendo se conseguido simular o nível de ofuscamento para o usuário na altura dos olhos, estando sentado em uma cadeira, sendo que os níveis de UGR para o modelo P3 estão dentro na norma.

De forma geral a análise comparativa entre os sistemas permitiu averiguar uma grande economia no consumo energia com a implantação do sistema proposto T5, tanto para salas de aula quanto para as bibliotecas, sendo que a demanda e o consumo de energia apresentou uma redução de 57% comparando com o cenário atual de iluminação.

4.1 Sugestão para trabalhos futuros

A seguir são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros que complementarizam o trabalho feito nessa dissertação:

- Analisar a utilização de algum sistema de controle automático da iluminação (utilizando sistema DALI) para reduzir ainda mais os gastos com energia elétrica, considerando a contribuição de luz natural, talvez hoje não seja viável economicamente tal implementação, pelo tamanho das atuais bibliotecas, mas analisando para uma implementação de alguma biblioteca nova, tal ideia deve ser analisada mais afundo.
- Aconselha-se, portanto, uma auditoria energética completa.
- Aconselha-se a utilização de um plano de manutenção periódica das luminárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR 15215-4: Iluminação Natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- [2] ABNT NBR 5382: Verificação de iluminância em interiores: Procedimento. RJ, 1985.
- [3] ABNT/NBR 15215-4:2005 Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de Medição. RJ, 2005.
- [4] ABNT/NBR 5413:1992. Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992;
- [5] ABNT/NBR 8995: 1. Iluminação de ambientes de trabalho-Parte 1. Rio de Janeiro, 2013.
- [6] BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. Daylight Design of Buildings. London: James & James, 2002.
- [7] BERTOLOTTI, Dimas, PEREIRA, Danlela C. Laudares. SCARAZZATO, Paulo Sérgio. O papel da iluminação natural na sustentabilidade das edificações escolares. In: NUTAU 2006: Seminário Internacional - Inovações Tecnológicas e Sustentabilidade. 2006. São Paulo.
- [8] CADDET, CENTRE FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES - Saving energy with efficiency lighting in commercial buildings. CADDET Energy Efficient. Maxi brochure 01. The Netherlands, 1995.
- [9] CIE 121-1996 - The photometry and goniophotometry of luminaires.
- [10] COSTA, G.J.C. Iluminação econômica: cálculo e avaliação. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006. 576p.
- [11] DIALUX light building software- - <http://www.dial.de/DIAL/>
- [12] Eficiência energética na iluminação pública -DOCUMENTO DE REFERÊNCIA - Janeiro de 2011
- [13] EPRI (1993)= ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) - Advanced lighting guideline:1993, revision 1. California Energy Commission. U.S. Department of Energy. Washington, 1993, 210 p.
- [14] FRANCO, G. Iluminação artificial, economia de energia e conforto. Brasil - Florianópolis, SC. 1993. 42p. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2º, Florianópolis, 1993. Curso.
- [15] FRANDOLOSO, Marcos Antonio.CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESCOLAS FUNDAMENTAIS BIOCLIMÁTICAS -Dissertação mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- [16] Ghisi, Eneid. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina,UFSC -Florianópolis, agosto de 1997.
- [17] <http://cbseguesspapers.wordpress.com/2008/09/01/science-projects-physicsthe-joly-photometer-measuring-light-intensity-using-the-inverse-square-law/>
- [18] IESNA (2000), “The IESNA Lighting Handbook”, 9ª ed, IESNA.
- [19] ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IESNA). Lighting for Hospitals and Health Care Facilities. ANSI/IESNA RP-29-06. New York. 2006.
- [20] LABAKI, Lucila Chebel; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo. Avaliação do Conforto Térmico e Luminoso de Prédios Escolares da Rede Pública, Campinas-SP. In:Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 3., Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6., 2001, São Pedro, 2001.
- [21] LAMBERTS, R; LOMARDO, L. L. B. Eficiência energética em edificações: estado da arte.Brasília: PROCEL/ELETOBRÁS. 1996.
- [22] Livro Iluminação eficiente- Eletrobras , PROCEL e Parceiros-Rio de Janeiro 2013
- [23] Manual de iluminação eficiente. Rio de Janeiro: 2002. 1. ed. 39 p. Disponível em: <http://www.eletobras.com/elb/PROCEL/main.asp?TeamID={60F8 B9E9-77F5-4C5B-9E94-B1CC0CEF1EAB}>>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- [24] MOREIRA, V. A. Iluminação elétrica. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

- [25] NR 17. Manual de aplicação da norma regulamentadora N° 17. 2. ed. Brasília: 2002.
- [26] Nuno, Goulart M. Silva. dissertação: Análise da viabilidade de mudança dos sistemas de iluminação de um estabelecimento de ensino superior para outros mais eficientes- 2011
- [27] Osram (2006), “Iluminação: Conceitos e Projetos”. Acedido a 22 de Julho de 2010, em: br.osram.info/curso_luminotecnica/luminotecnico.html,
- [28] PEREIRA, F.O.R. Método de determinação da iluminação natural em ambientes internos. 2007. (Monografia)- Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- [29] PHILIPS LIGHTING DIVISION. Manual de iluminação. 3. ed. Eindhoven, Holanda, 1981. 319 p.
- [30] PHILIPS Manual de iluminação - - Ed Novembro 1986.
- [31] PHILIPS(2007), “Guia de Iluminação”. Acesso a 22 de Julho de 2010, em: www.luz.PHILIPS.com.br/archives/guiade_iluminacaoleve.pdf
- [32] PHILIPS. Manual de iluminação. Holanda, 1986.
- [33] PIZOTTO, E. Luz e cor nos ambientes de trabalho. Método simplificado para a avaliação de iluminação natural em anteprojetos de escolas de ensino estadual de São Paulo. São Paulo: UNICAMP, 2001. Disponível em: <www.fec.unicamp.br/~doris/pt/artigos/con_html/pdf> Acesso em: 15 ago. 2009.
- [34] SALOMÃO, THAIS MAZZIOTTI. Eficiência energética: projetos luminotécnicos em plantas industriais, Universidade de São Paulo-São Paulo, 2010.
- [35] Silva, Mauri Luiz da; Iluminação - Simplificando o Projeto. - Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.
- [36] Silva, Mauri Luiz da; Luz, Lâmpadas e iluminação. - Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.

5 ANEXO A – LAYOUTS DE SITUAÇÃO

Primeiramente foi feita uma análise das plantas civis referentes os prédios dos campus Bagé, Dom Pedrito e Jaguarão. Analisando o direcionamento do norte, este sendo nossa referência para posteriormente fazer a inserção dos arquivos no formato DWG no software DIA-LUX. Analisou-se o número de janelas/portas e as respectivas dimensões, pois posteriormente o fator de iluminação externa influenciar na iluminância média no interior das salas. A Figura 1 detalha o layout de situação vista de satélite do campus de Bagé utilizando o software google maps.

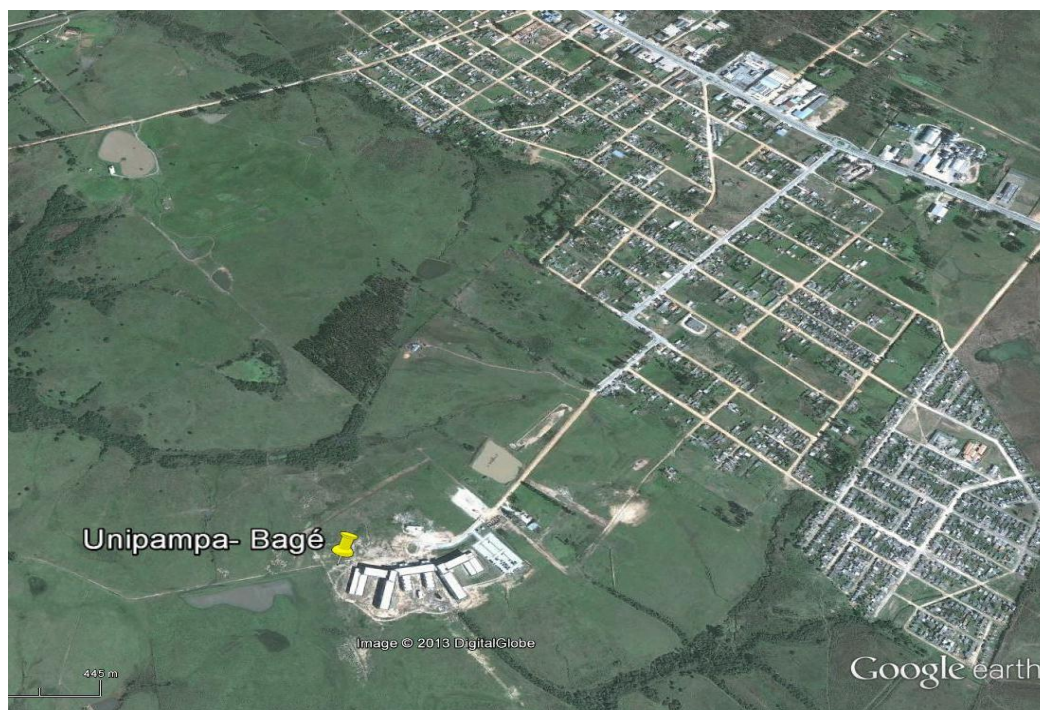


Figura 1 :Vista de satélite do campus da Unipampa de Bagé-RS

Já a Figura 2, mostrada abaixo representa a planta em 2D referente o Campus Bagé.



Figura 2:Planta civil 2D referente Campus Bagé

Para o campus de Dom Pedrito, a Figura 3 mostra o layout de situação vista de satélite.

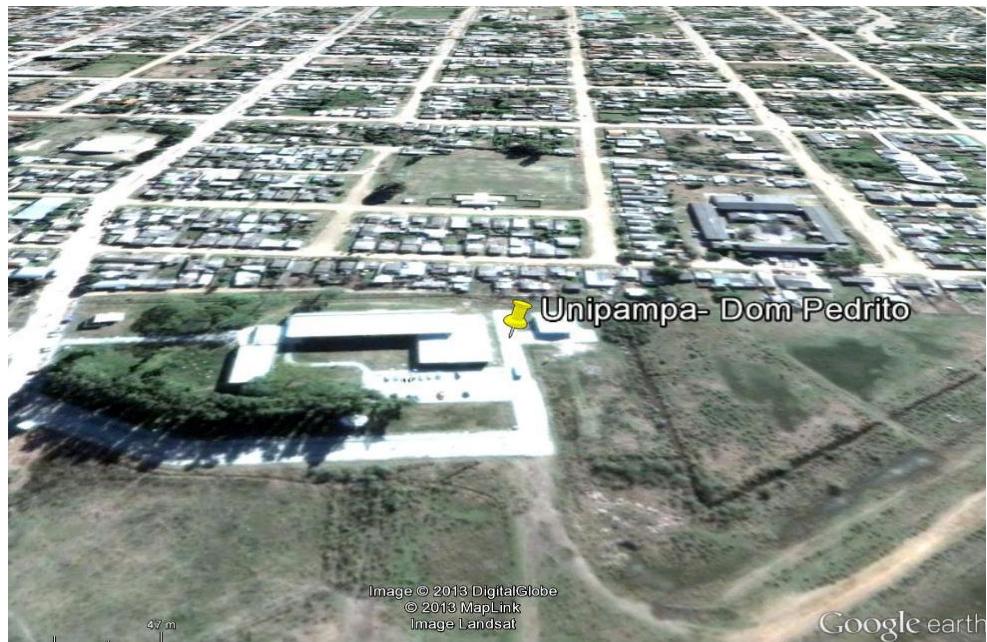


Figura 3:Vista de satélite do campus da UNIPAMPA de Dom Pedrito-RS

Já a Figura 4, representa a planta em 2D referente o Campus Dom Pedrito.

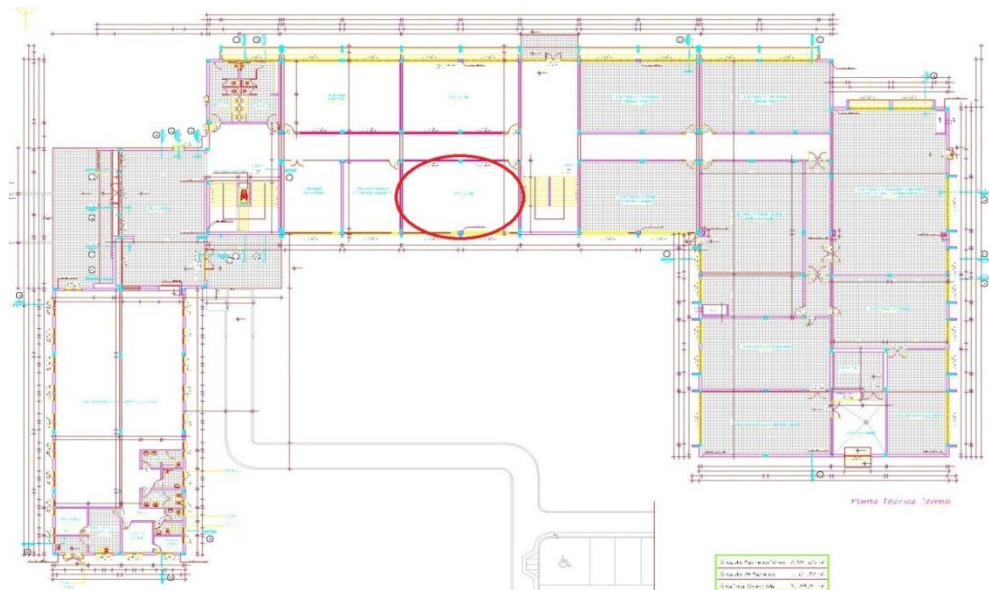


Figura 4: Vista 2D campus da UNIPAMPA de Dom Pedrito-RS

Referente o Campus de Jaguarão, a Figura 5, representa a planta em 2D.

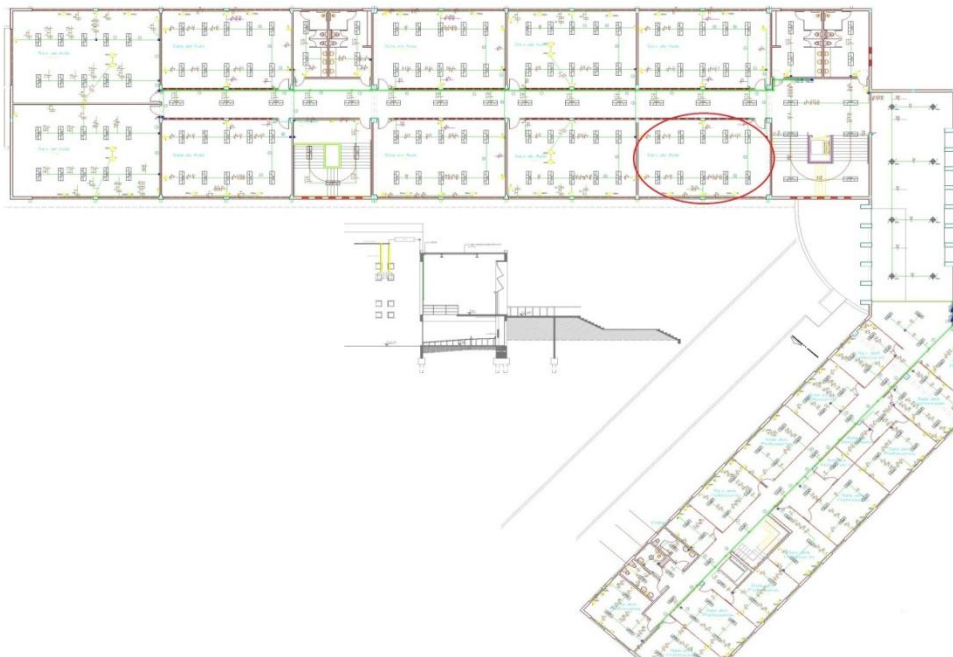


Figura 5: Vista 2D campus da UNIPAMPA de Dom Pedrito-RS

6 ANEXO B – MODELOS PROPOSTOS BIBLIOTECAS

6.1 CENÁRIO PROPOSTO (P1,P2,P3)

Foi criado 3 cenários propostos, seguindo a mesma orientação do modelo atual A1, simplesmente foi proposto para P1 a utilização da mesma luminária T8 do cenário atual com uma altura pendular de 55 cm, para modelo P2 foi proposto a substituição do atual sistema de iluminação por um sistema T5 que é muito eficiente, e para finalizar esse grande grupo sem alteração do sentido, foi criado cenário P3 que propõe utilização da luminária T5 e ainda com altura pendular de 55cm. Para todos cenários propostos, foram feitas submodalidades, considerando e não considerando a influencia da iluminação externa para simulação nos ambientes internos, todas simulações foram realizadas para os dois campus(Dom Pedrito e Jaguarão), para duas zonas de superfícies, a primeira é a zona 1 que é formada basicamente por estantes e a zona 2 que é formada por área de estudo e possui varias mesas, com isso podemos obter os níveis de iluminação em cada setor das bibliotecas, capturando as iluminâncias médias verticais e horizontais, analisar a reprodução de cor, ofuscamento e uniformidade da luz. A Figura 1, traz um esquemático simples que aborda toda estrutura de simulação para modelos propostos P1 P2 e P3.

Com a utilização do software DIALUX foi possível fazer a modelagem do cenário atual de iluminação dos campus de Dom Pedrito-RS e Jaguarão-RS ambos pertencentes a Universidade Federal do Pampa, os parâmetros adotados já foram detalhados na seção 3.3.

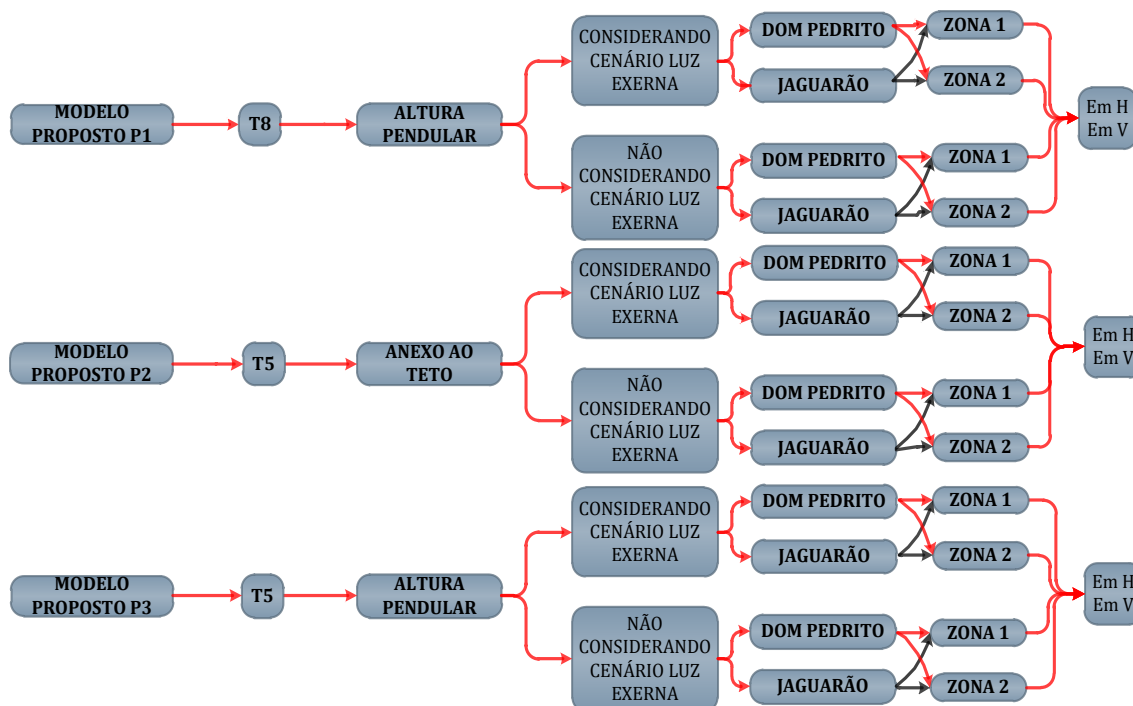


Figura 1: Esquemático cenários P1 P2 P3.

Para não tornar muito extenso o trabalho, serão mostradas apenas um cenário proposto por grande grupo, tratando de ilustrações de cor, isolinhas, gráficos de valor e gráficos de ofuscamento. Pois os cenários P1, P2 e P3 são derivações do cenário atual A1, no fim do trabalho serão comparados utilizando gráficos e tabelas, os cenários que não serão representados por figuras no momento, pois o trabalho ficaria muito extenso e fugiria do foco do trabalho.

6.2 CENÁRIO PROPOSTO (P4 P5 P6 P7)

Foi criado 4 cenários propostos, alterando o atual sentido do modelo atual A1, foi feita uma realocação das luminárias e feita uma rotação do sentido do modelo A1, com isso foi proposto a criação dos cenários modelo P4, P5, P6, P7. Simplesmente foi proposto para P4 a utilização da mesma luminária T8 do cenário atual e de forma anexa ao teto, para modelo P5 foi proposto o uso do atual sistema de iluminação mas com altura pendular de 55cm, para o modelo P6 foi proposto a substituição do atual sistema de iluminação pela luminária T5, está estando anexo ao teto. E para finalizar esse grande grupo com alteração/reorganização do sentido, foi criado cenário P7 que propõe utilização da luminária T5 e ainda com altura pendular de 55cm. Para todos cenários propostos, foram feitas sub-modalidades, considerando e não

considerando a influencia da iluminação externa para simulação nos ambientes internos, todas simulações foram realizadas para os dois campus(Dom Pedrito e Jaguarão), para duas zonas de superfícies, a primeira é a zona 1 que é formada basicamente por estantes e a zona 2 que é formada por área de estudo e possui varias mesas, com isso podemos obter os níveis de iluminação em cada setor das bibliotecas, capturando as iluminâncias médias verticais e horizontais, analisar a reprodução de cor, ofuscamento e uniformidade da luz. A Figura 2, traz um esquemático simples que aborda toda estrutura de simulação para modelos propostos P4 P5 P6 e P7.

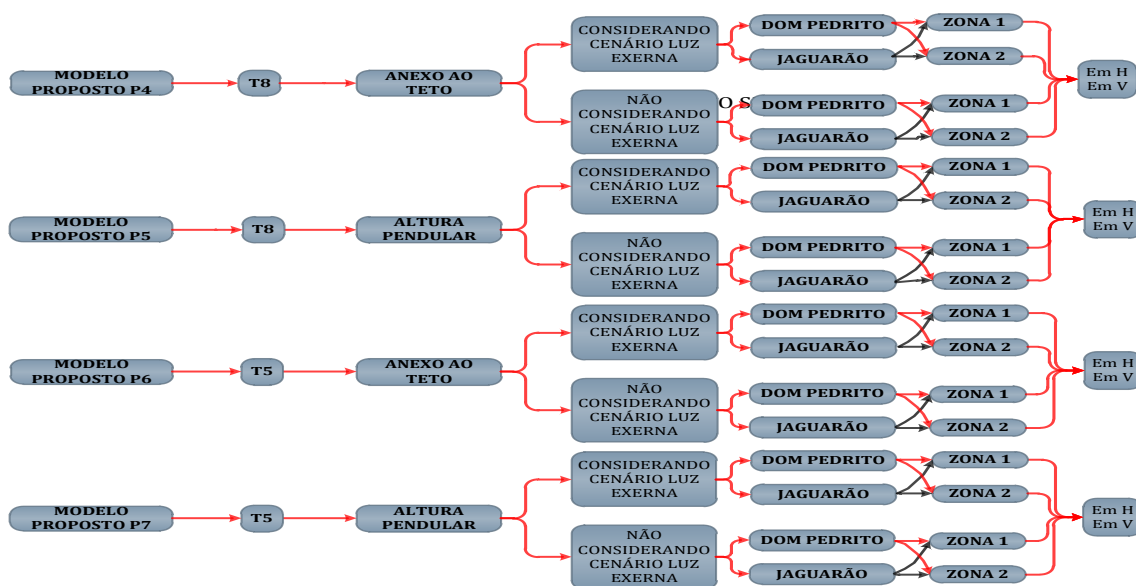


Figura 2: Esquemático cenários P4 P5 P6 P7.

Como relatado anteriormente, para não deixar muito extenso o trabalho serão mostradas com figuras, as modelagens dos cenários simulados apenas para o cenário P7 do segundo grupo de simulação(Realocação + Rotação). Para nível de comparação utilizando tabelas e gráficos ao final do trabalho, todos cenários serão mostrados.

7 ANEXO C – SIMULAÇÕES PROPOSTAS PARA BIBLIOTECAS

7.1 A1 DP COM LUZ

A Figura 3, mostra em detalhes a biblioteca do campus Dom Pedrito, essa imagem permite uma boa visualização da zona de superfície 1 e da zona superfície 2.

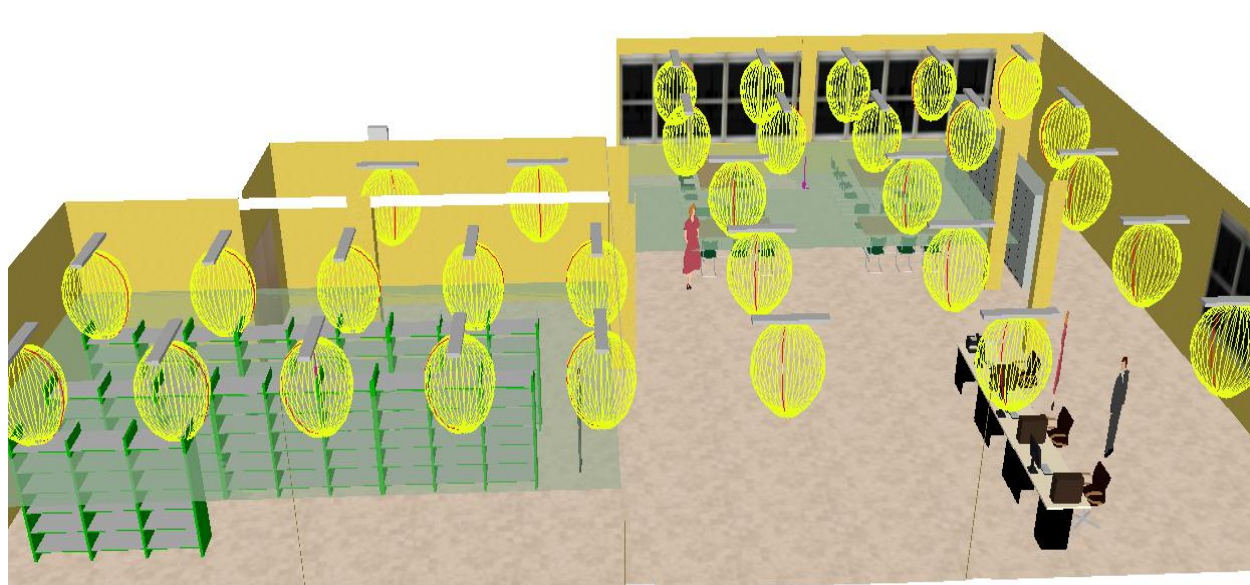


Figura 3: Representação 3D- Vista Lateral campus Dom Pedrito-RS.

Para facilitar o entendimento, geramos o atual cenário a partir da representação de cores (Figura 4 e Figura 5) possibilitando a visualização dos pontos com maior e menor níveis de iluminação, percebe-se vários pontos escuros e com falta de iluminação e pouca uniformidade da luz.

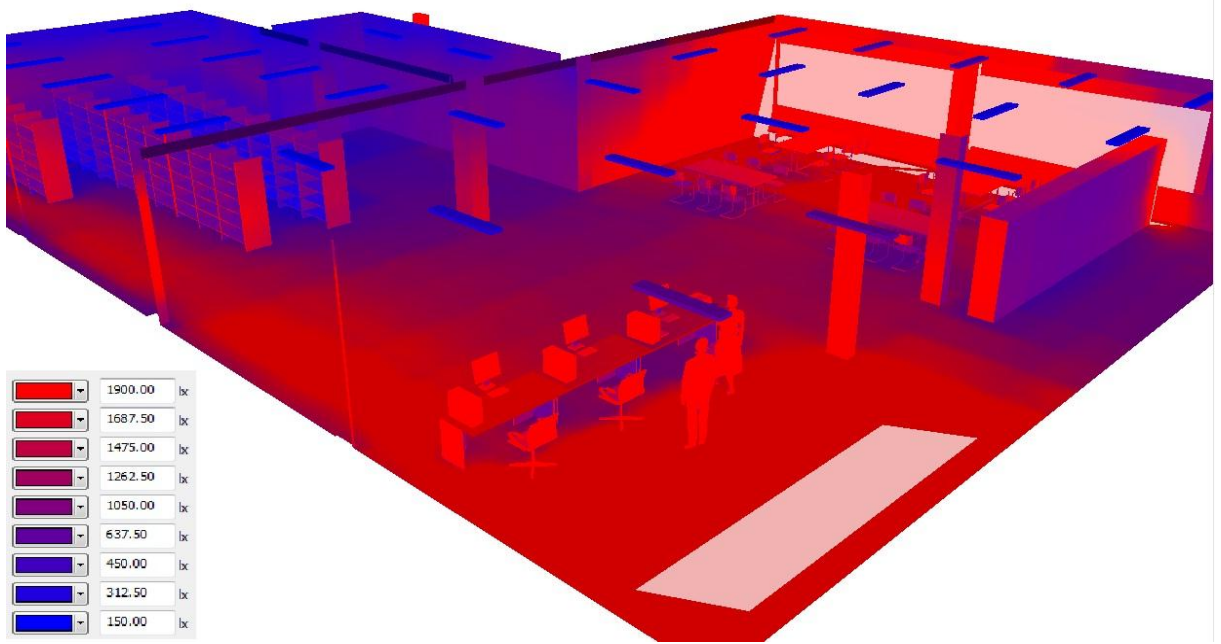


Figura 4: Representação 3D por cores.

Utilizando da ferramenta rotacionar, conseguimos mostrar com detalhes o ponto mais crítico do atual cenário, com uma grande zona escura com iluminância abaixo de 150 Lux.

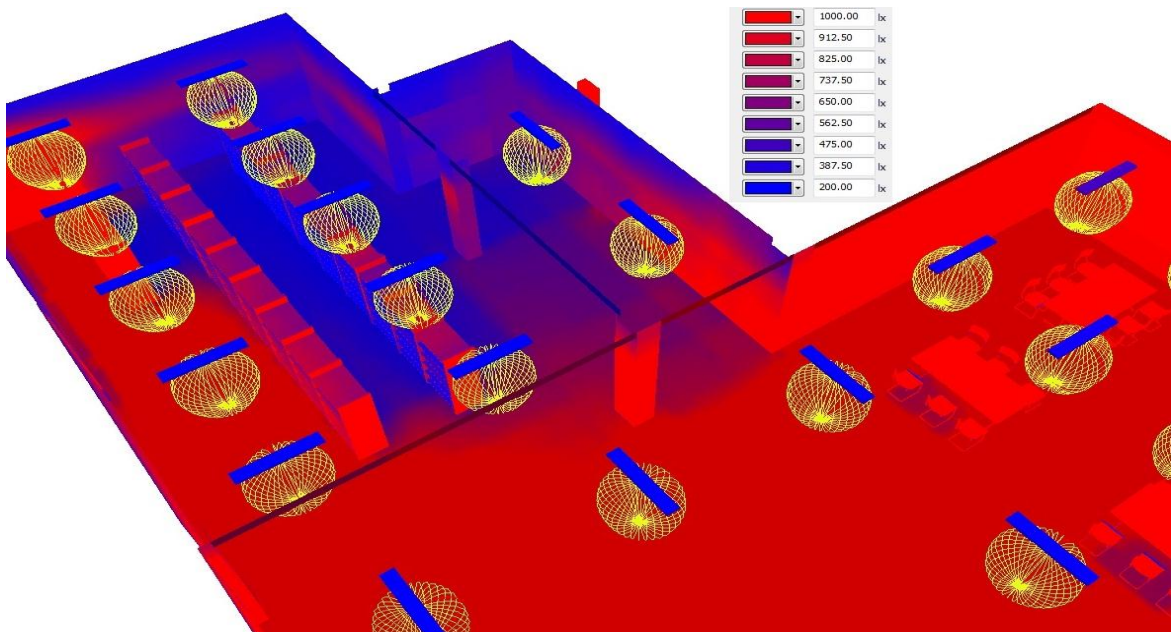


Figura 5: Representação 3D por cores.

Geramos um gráfico de valores, para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca através da Figura 6.

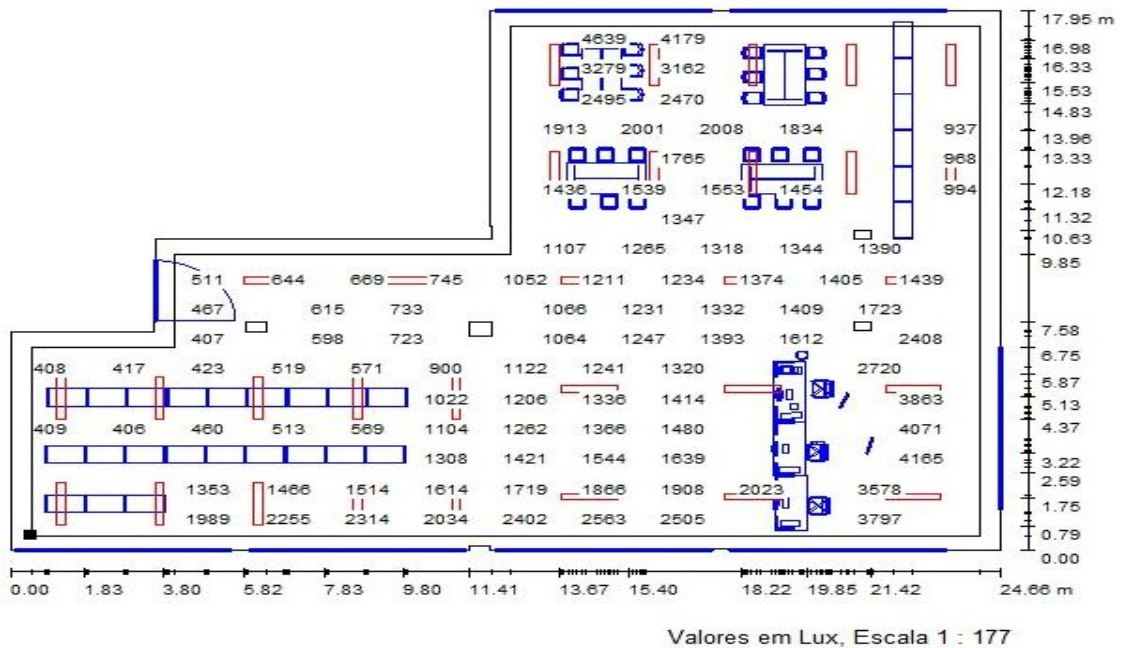


Figura 6: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Geramos para o campus Dom Pedrito, a representação das curvas isolinhas, representadas pela Figura 7 abaixo, sendo que possui em alguns pontos níveis de iluminação de até 41011 Lux, próxima as janelas, onde nesse horário de simulação considerando iluminação externa, obtemos valores altíssimos.

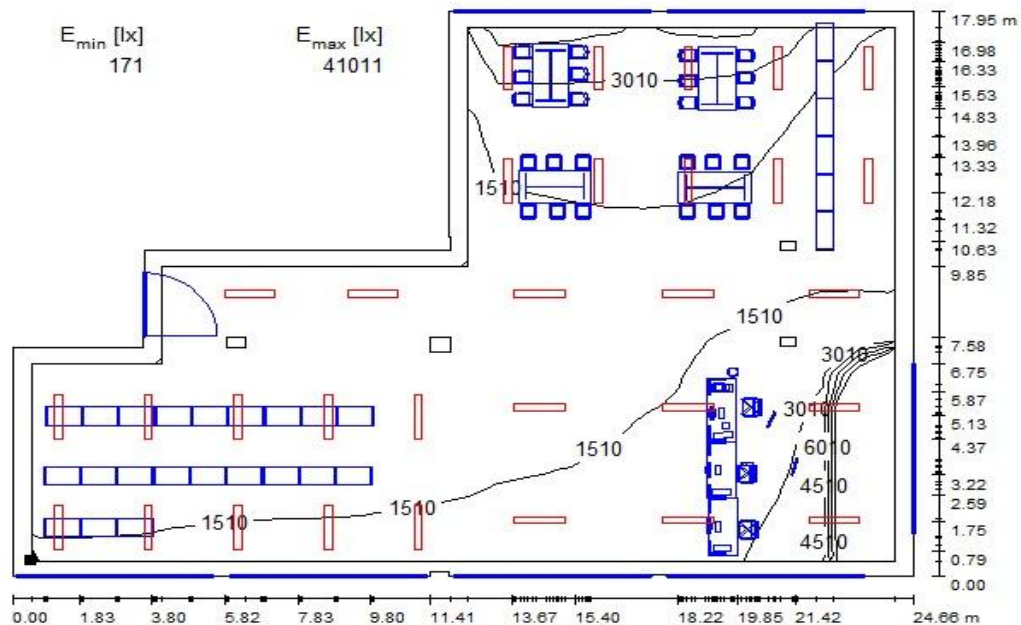


Figura 7: Representação 2D- curvas isolinhas.

7.2 A1 DP SEM LUZ

Para um entendimento completo do atual sistema de iluminação da biblioteca de Dom Pedrito, serão refeitas todas as simulações feitas até então, só que sem considerar a influencia da iluminação externa no ambiente. A Figura 8, abaixo possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho) com valores na faixa 300-400 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux. Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

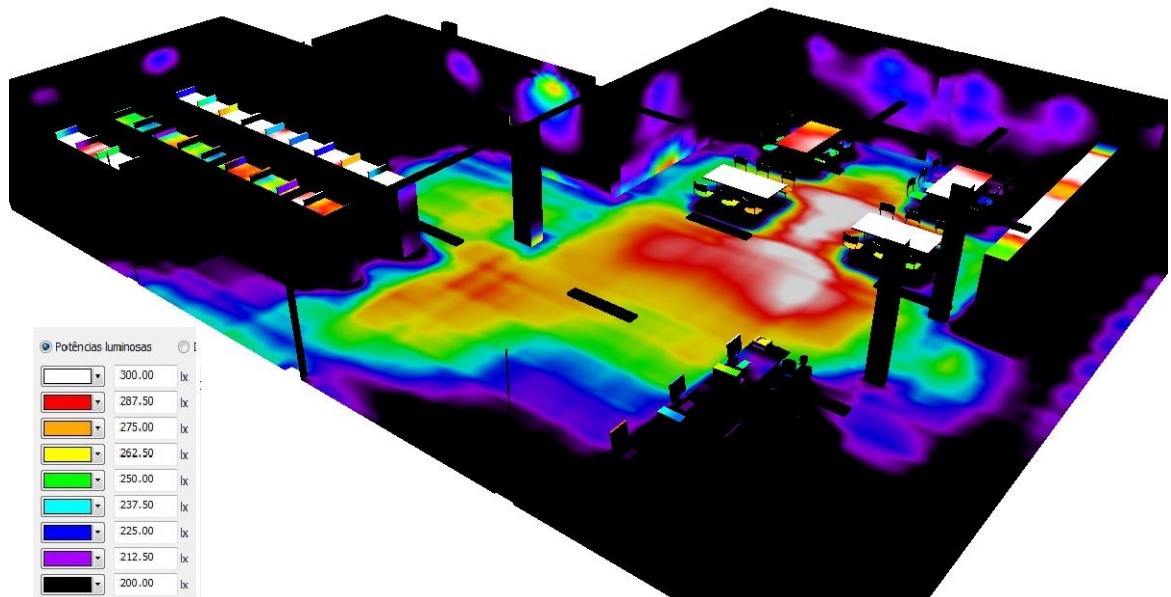


Figura 8: Representação em 3D por Cores.

Geramos um gráfico de valores, para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca através da Figura 9.

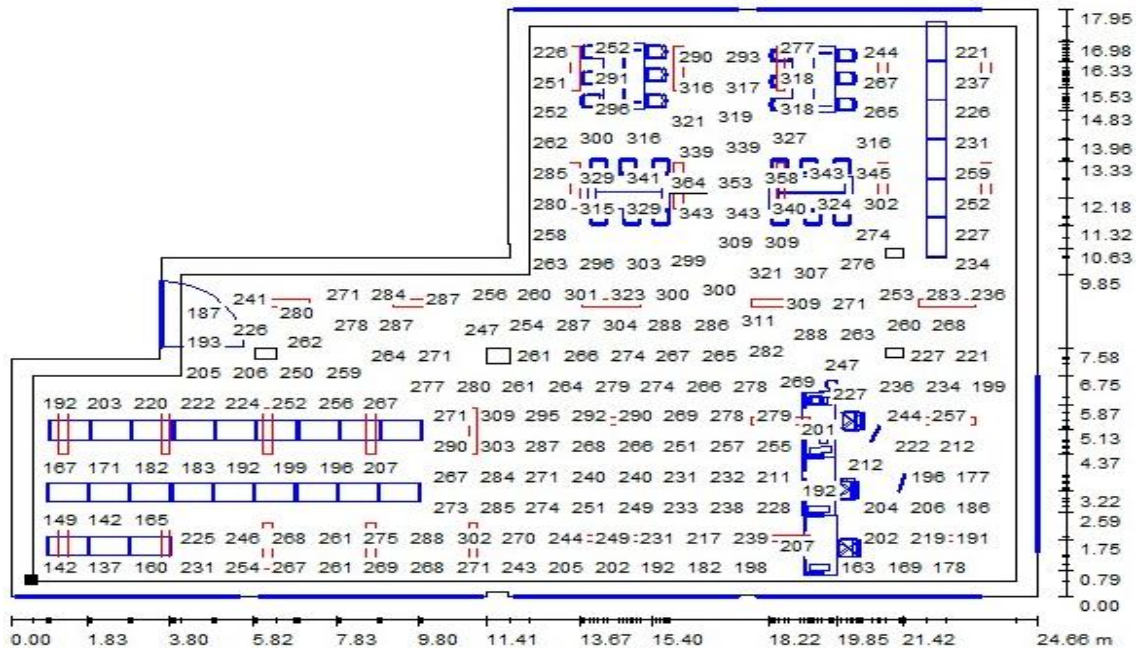


Figura 9: Representação 2D “ Gráfico de valores”.

Geramos para o campus Dom Pedrito, a representação das curvas isolinhas, representadas pela Figura 10 abaixo, sendo que possui em alguns pontos níveis de iluminação de até 350 Lux, e pontos escuros com níveis mínimos na faixa de 70 -140 Lux ficam evidenciado a redução dos níveis de iluminância quando não consideramos o cenário de iluminação externa.

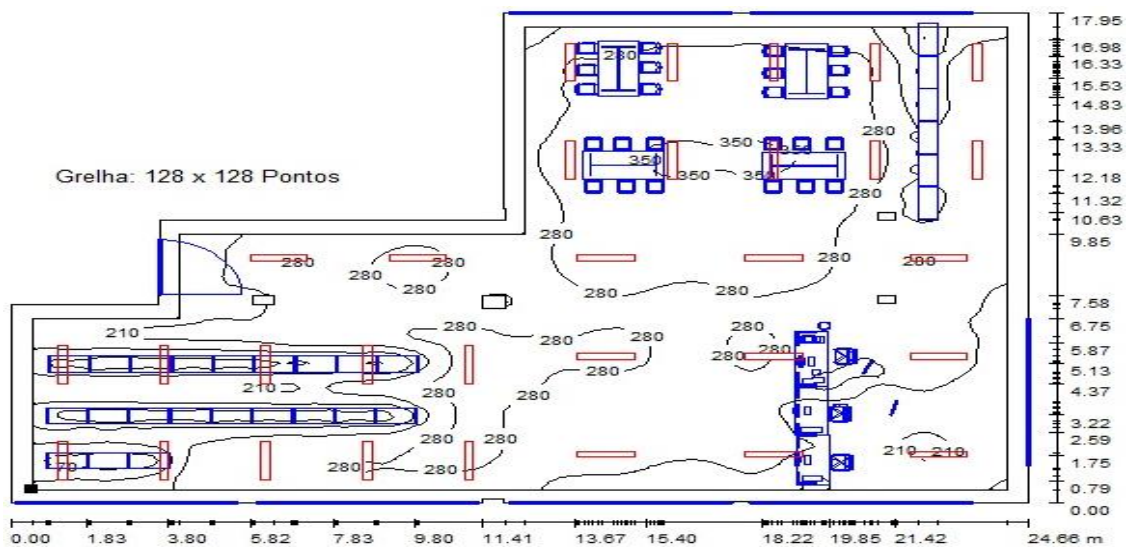


Figura 10: Representação 2D das curvas isolinhas.

Para facilitar a visualização criamos um cenário com tons de cinza para destacar os pontos com maior iluminação (Zona 2) e pontos com pouca iluminação (Zona 1), a Figura 11.

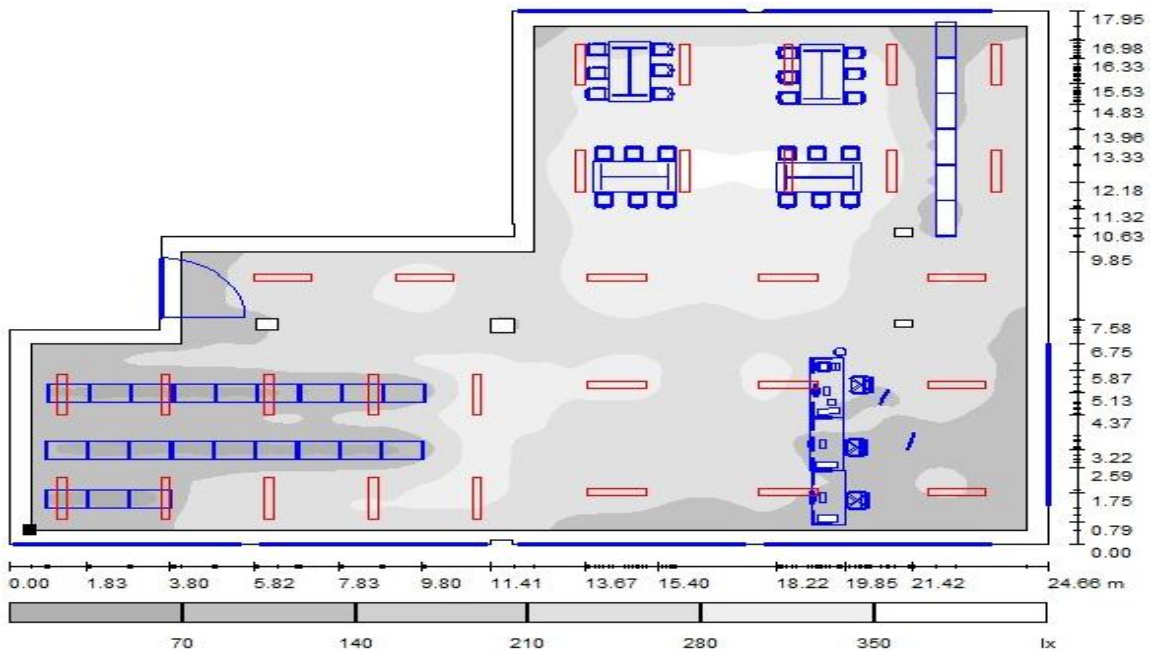


Figura 11: Representação 2D por tons de cinza.

Fica visível a verificação dos níveis de iluminação na faixa dos 70-140 Lux na Zona 1, que está representada pela área das estantes. Quanto a zona 2, responsável pela área destinada a leitura/estudo, percebe-se níveis de iluminação na faixa de 280-400 Lux.

7.3 DOM PEDRITO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA - P7

Utilizando o cenário PROPOSTO-P7, que trata do uso de luminária T5 com altura pendular fazendo rotação e realocação da mesma, usando DIALUX, foi realizada por meio da representação de cores falsas (Figura 12) a modelagem da biblioteca do campus, podendo fazer uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(vermelho) chegando a um extremo de próximo de 20000 Lux e que vai gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux(afastado das janelas e entre estantes). Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação com complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

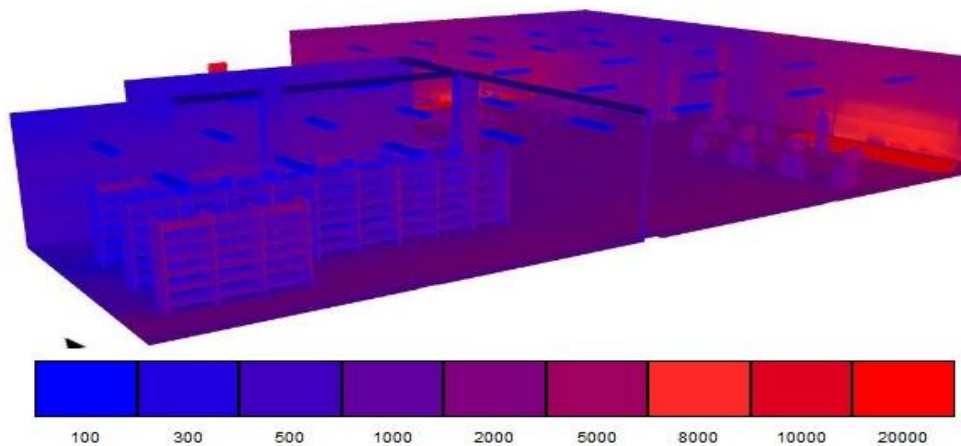


Figura 12: Representação 3D por cores.

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 13, abaixo, esta estando em uma escala de 1:177 e todos os valores em Lux.

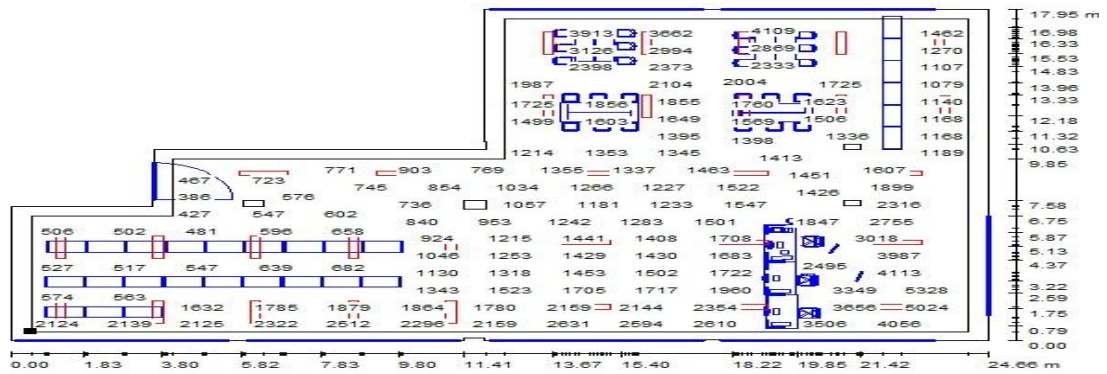


Figura 13: Representação 2D “Gráfico de valores”.

Percebe-se que em função dessa simulação considerar os melhores cenários de contribuição da iluminação externa(céu aberto e horário de simulação como 10:30h, proporcionam a obtermos valores de iluminância chegando na faixa dos 41900 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 96 Lux, e uma média de 2192 Lux.

7.4 DOM PEDRITO SEM CONSIDER ILUMINAÇÃO EXTERNA - P7

Para simulação sem considerar luz externa, para o campus de Dom Pedrito, pode ser detalhada pela Figura 14, abaixo que possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho) com valores na faixa 300-400 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 100 Lux. Fica evidenciado a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas

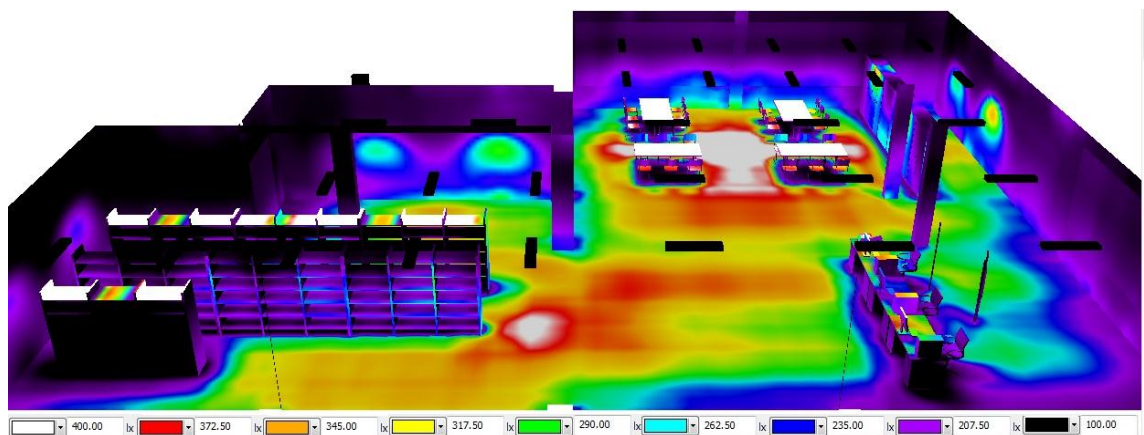


Figura 14: Representação de Cor Falsa para campus Dom Pedrito-Cenário P7.

Geramos para o campus Dom Pedrito, a representação das curvas isolinhas com uma grade de 128x128 pontos, sem consideração de luz externa, representadas pela Figura 15 abaixo, sendo que possui em alguns pontos níveis de iluminação de até 533 Lux e média de 329 Lux, a escala utilizada é de 1:177 e todos valores em Lux.

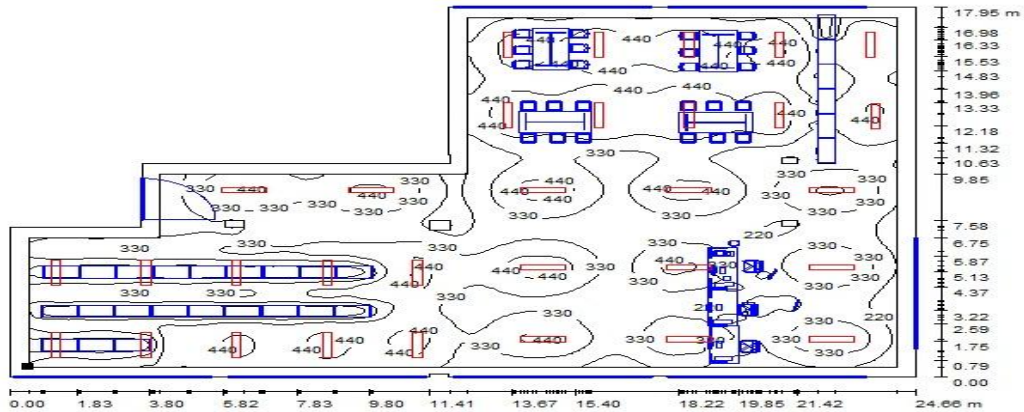


Figura 15: Representação curvas isolux, sem consideração de lux – Dom Pedrito P7

7.5 JAGUARÃO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA - P7

Tratando do campus de Jaguarão-RS, a modelagem foi feita utilizando software DIALUX considerando iluminação externa, sendo que a Figura 16, abaixo possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação (vermelho e branco) chegando a um extremo de próximo de 3000 Lux e que vai gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux (afastado das janelas e entre estantes).

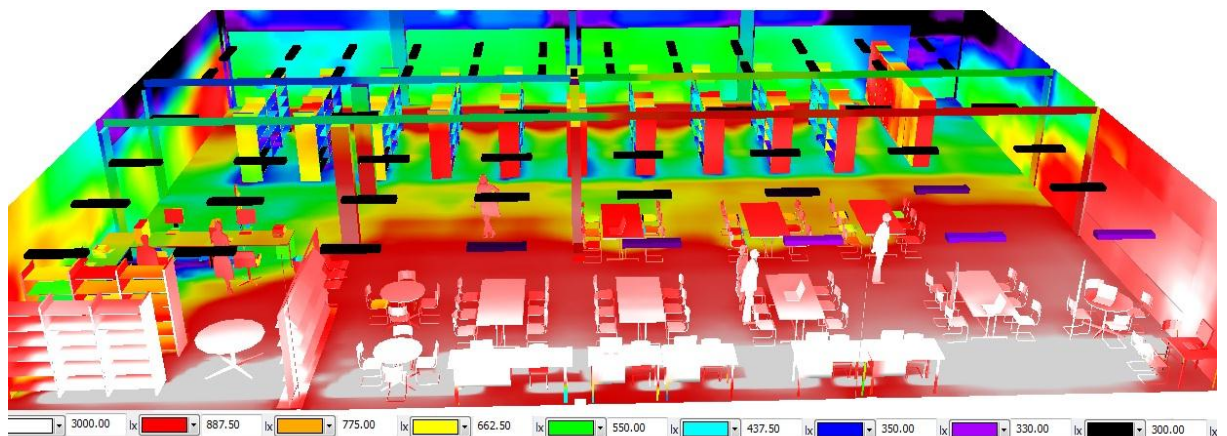


Figura 16: Representação 3D- Representação por cores .

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 17, abaixo, esta estando em uma escala de 1:179 e todos valores em Lux.

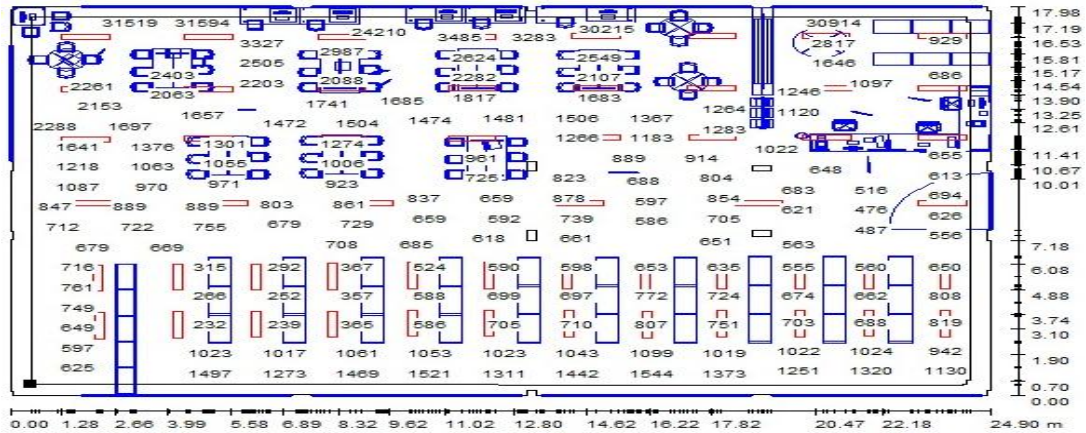


Figura 17: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Percebe-se que em função dessa simulação considerar os melhores cenários de contribuição da iluminação externa(céu aberto e horário de simulação como 10:30h, proporcionam a obtermos valores de iluminância chegando na faixa dos 32262 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 108 Lux, e uma média de 2041 Lux.

Analisado especificadamente a zona de superfície 1, para biblioteca do campus de Jaguarão-RS, foi área destinada as estantes, através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente a iluminância média vertical a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo, para tal simulação foi gerada uma malha de 300x280 pontos. Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0°, todos valores estão em Lux, e em uma escala 1:155, a Figura 18 abaixo, reflete tal simulação.

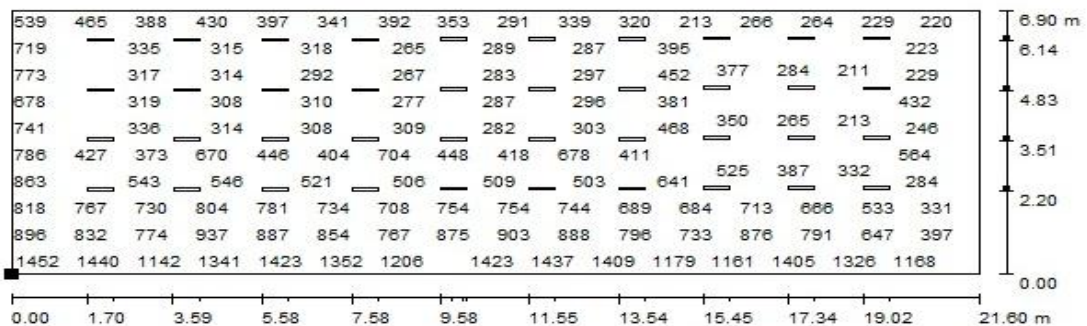


Figura 18: Representação 2D- "Gráfico de valores".

O gráfico permite visualizar pontos com valores de 200 Lux e pontos máximos com 1452 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 556 Lux para iluminância média

vertical, referente à zona 1. Já a Figura 19, abaixo, mostra a mesma simulação anterior, mas agora levantando a iluminância horizontal da zona 1.

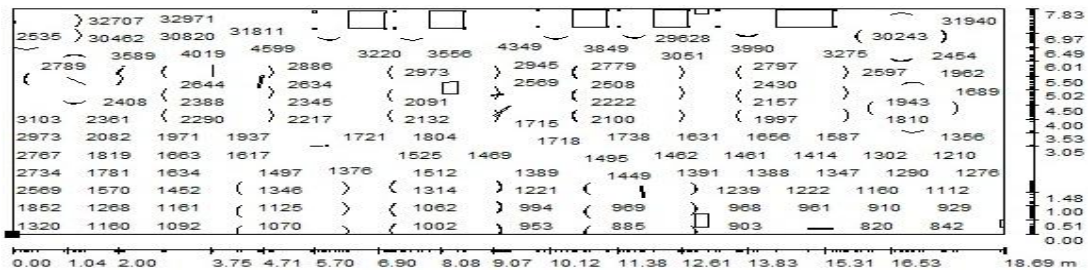


Figura 19: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para tal simulação o gráfico permite visualizar pontos com valores de 494 Lux e pontos máximos com 32975 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 4787 Lux para iluminância média horizontal.

7.6 JAGUARÃO SEM CONSIDERAÇÃO ILUMINAÇÃO EXTERNA - P7

Para simulação sem considerar luz externa, para o campus de Jaguarão, pode ser detalhada pela Figura 20, abaixo que possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho) com valores na faixa 300-450 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 100 Lux. Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

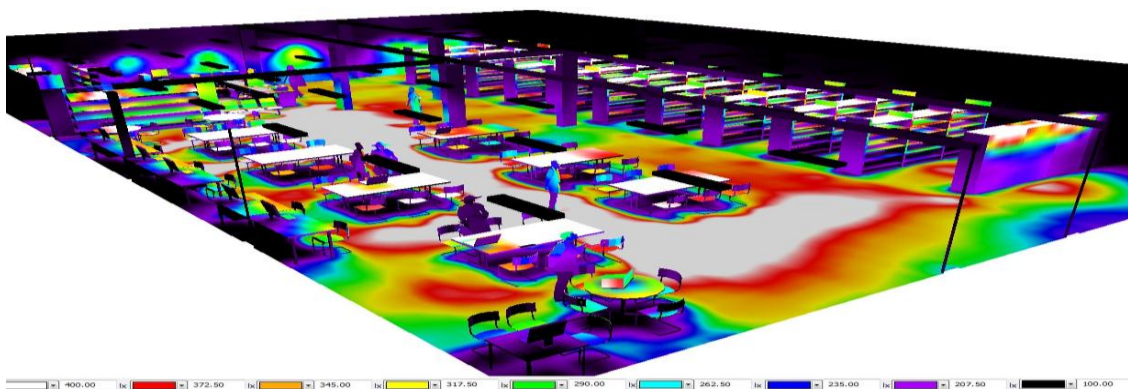


Figura 20: Representação de Cor Falsa para campus Jaguarão- Sem considerar luz- Cenário P7.

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 21, abaixo, esta estando em uma escala de 1:177 e todos valores em Lux.

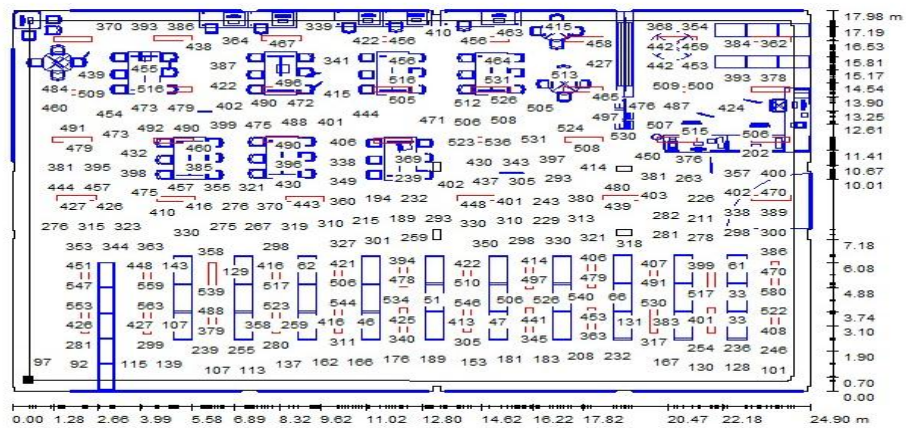


Figura 21: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Percebe-se que para essa simulação obtemos valores de iluminância chegando na faixa dos 595 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 30 Lux, e uma média de 358 Lux. Geramos para o campus Jaguarão, a representação das curvas isolinhas com uma grade de 128x128 pontos, sem consideração de luz externa, representadas pela Figura 22 abaixo, sendo que possui em alguns pontos níveis de iluminação de até 595 Lux e média de 358 Lux, a escala utilizada é de 1:179 e todos os valores em Lux.

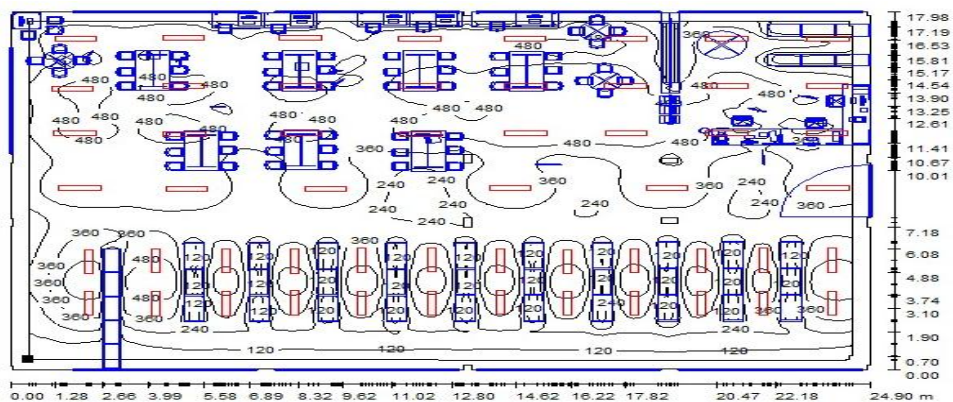


Figura 22: Representação 2D das curvas isolinhas.

Para biblioteca do campus de Jaguarão-RS, foi analisado especificadamente a zona de superfície 2, área destinada a leitura(Mesas), através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente iluminância média horizontal a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo, tal simulação foi gerada uma malha de 300x280 pontos, a Figura 23 abaixo, reflete tal simulação.

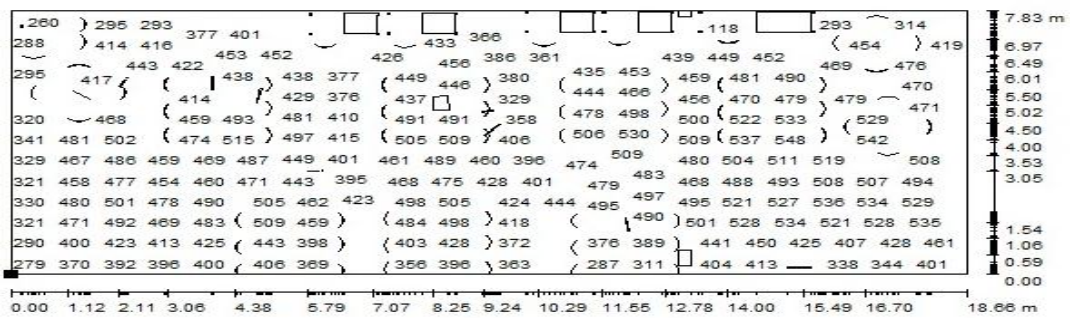


Figura 23: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0°, todos valores estão em Lux, e em uma escala 1:134, o gráfico permite visualizar pontos com valores máximos com 554 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 421 Lux para iluminância média horizontal.

7.7 DOM PEDRITO CONSIDERANDO ILUMINAÇÃO EXTERNA – P9

A Figura 24 abaixo possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho) com valores na faixa 9000-17000 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 200 Lux. Fica visível os níveis de iluminação altíssimos, devido à iluminação natural incidida através das janelas.

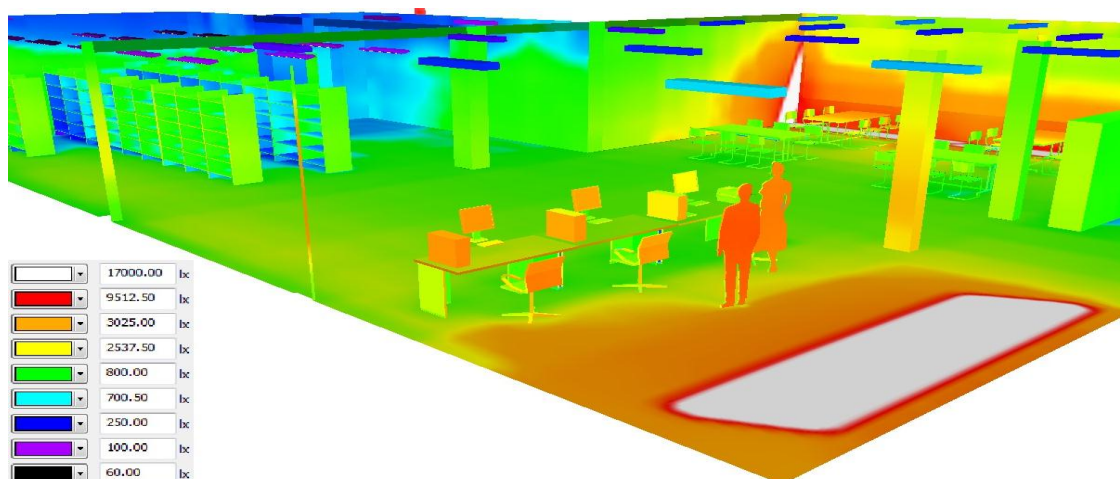


Figura 24: Representação 3D- Representação por cores.

Foi gerado um “Gráfico de valores” para o seguinte campus, possibilitando um maior entendimento dos níveis de iluminação da biblioteca, representado pela Figura 25, abaixo, esta estando em uma escala de 1:177 e todos valores em Lux.

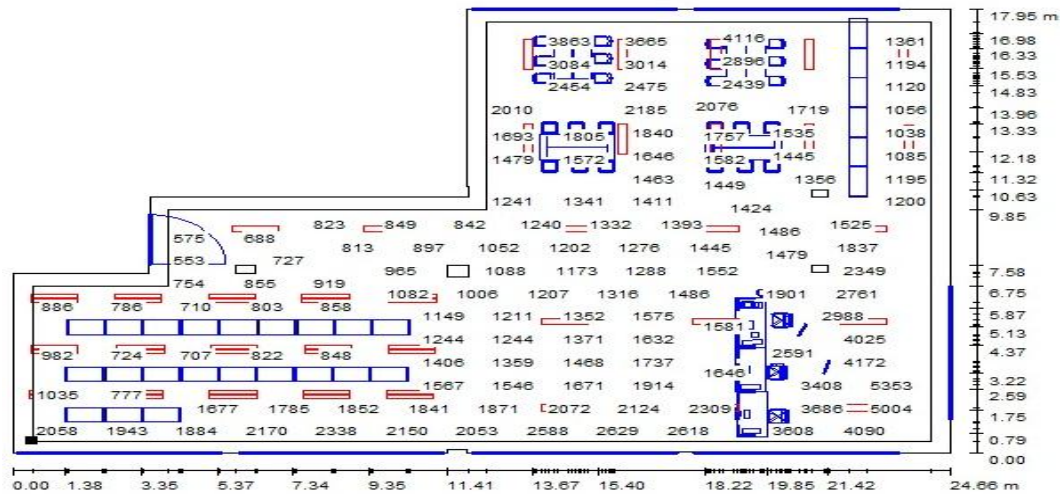


Figura 25: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Percebe-se que em função dessa simulação considerar os melhores cenários de contribuição da iluminação externa(céu aberto e horário de simulação como 10:30h, proporcionam a obtermos valores de iluminância chegando na faixa dos 41987 Lux, e para pontos isolados valores mínimos de 111 Lux, e uma média de 2231 Lux. Para biblioteca do campus de Dom Pedrito-RS, foi analisado especificadamente a zona de superfície 1, área destinada as estantes, através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente e iluminância média vertical a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo, para tal simulação foi gerada uma malha de 128x128 pontos, a Figura 26 abaixo, reflete tal simulação.

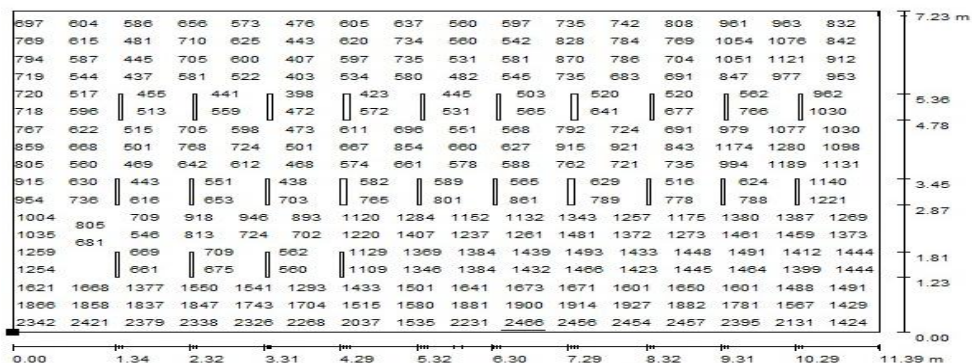


Figura 26: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0°, todos valores estão em Lux, e em uma escala 1:82, o gráfico permite visualizar pontos com valores de 303 Lux e pontos

máximos com 2466 Lux, sendo que na média a iluminância ficou na faixa dos 994 Lux para iluminância média vertical, referente a zona 1. Já a Figura 27, abaixo, mostra a mesma simulação anterior, mas agora levantando a iluminância horizontal da zona 2.

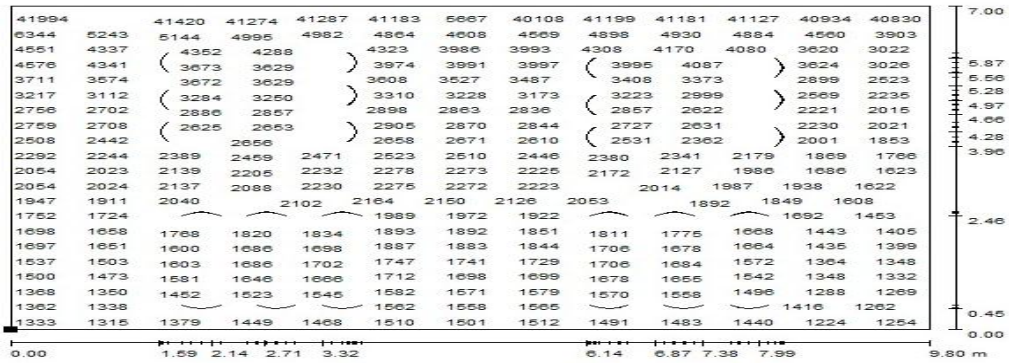


Figura 27: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para simulação da zona 2, para obtenção da iluminação horizontal, utilizou-se uma malha de 128x128 pontos, em uma escala de 1:71 para representar tais pontos, sendo que obtemos pontos com iluminação mínima de 1209 Lux e pontos máximos na faixa dos 43000 lux, sendo que na média a iluminância vertical ficou na faixa dos 4969 Lux.

7.8 DOM PEDRITO SEM CONSIDER ILUMINAÇÃO EXTERNA - P9

Para simulação sem considerar luz externa, para o campus de Dom Pedrito, pode ser detalhada pela Figura 28, abaixo que possibilita por meio da representação de cores falsas, uma boa identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho) com valores na faixa 400-500 Lux e gradativamente diminuindo tais níveis para pontos mais escuros na faixa dos 150 Lux. Fica evidenciada a diferença dos níveis de iluminação sem complementação da iluminação natural incidida através das janelas.

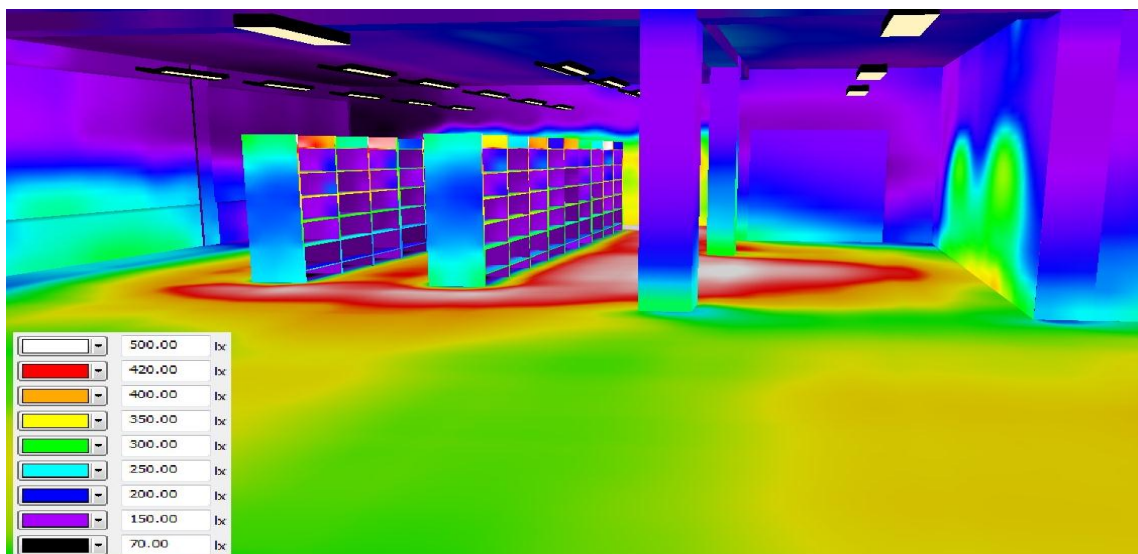


Figura 28: Representação 3D- Representação por cores.

A Figura 29, abaixo também utilizando da representação de cores falsas, ajuda na visualização de forma geral, realização da identificação dos pontos quentes com maiores níveis de iluminação(Branco e vermelho).

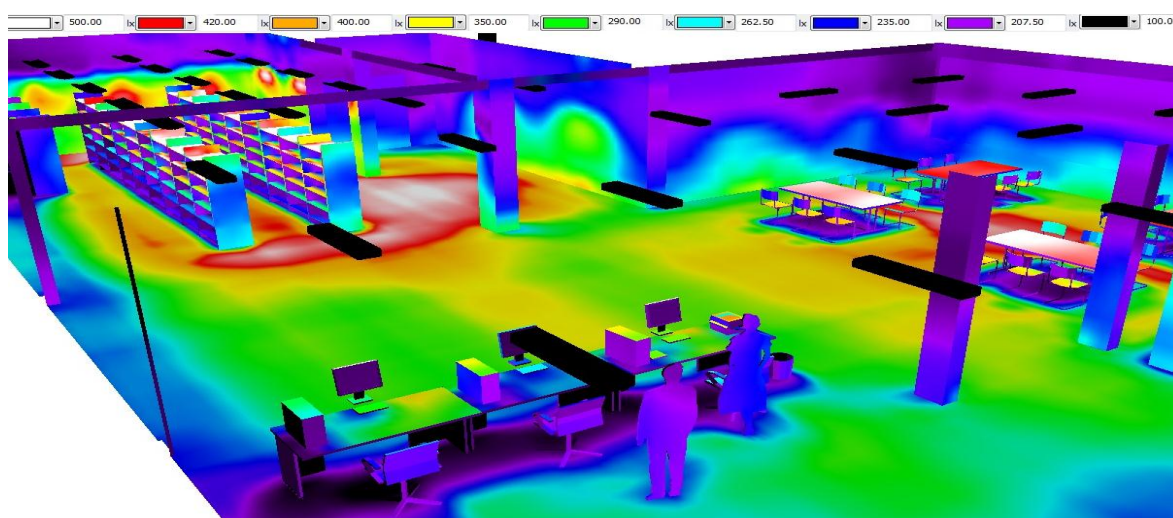


Figura 29: Representação 3D- Representação por cores.

Geramos para o campus Dom Pedrito, a representação das curvas isolinhas, representadas pela Figura 30 abaixo, que possui em alguns pontos com níveis de iluminação de até 700 Lux.

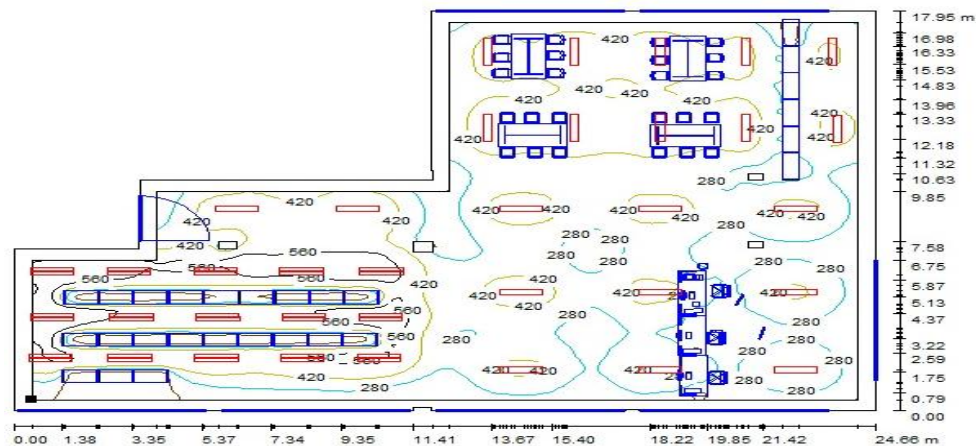


Figura 30: Representação 2D das curvas isolinhas.

Para facilitar a visualização criamos um cenário com tons de cinza para destacar as zonas prioritárias que devem ser iluminadas, Zona 1 e Zona 2. A Figura 31 abaixo reflete como ficou a simulação do cenário P9 sem considerar iluminação externa.

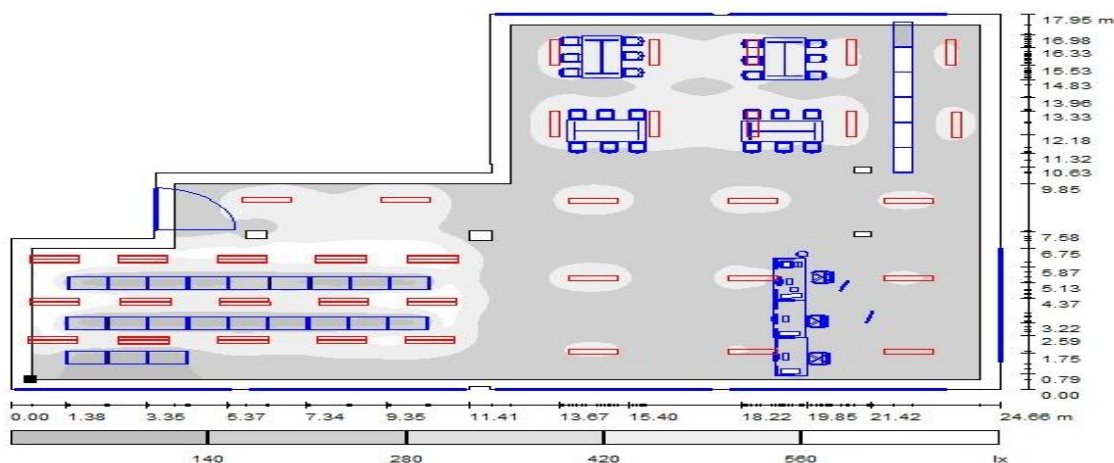


Figura 31: Representação 2D por tons de cinza .

Fica visível a verificação dos níveis de iluminação na faixa dos 140-600, a área das estantes representada pela zona 1 refletida pela coloração mais branca, mostra bons níveis de iluminação e uniformidade, pode-se dizer a mesma coisa para zona 2, destinada a mesas de estudo que está representada pela área das mesas, área destinada a estudo/leitura.

Para biblioteca do campus de Dom Pedrito-RS, foi analisado especificadamente a zona de superfície 1, área destinada as estantes, através do gráfico de valores, mostrando exclusivamente e iluminância média vertical a uma altura de 1,70m a partir do nível do solo, para tal simulação foi gerada uma malha de 128x128 pontos, a Figura 32 abaixo, reflete tal simulação.

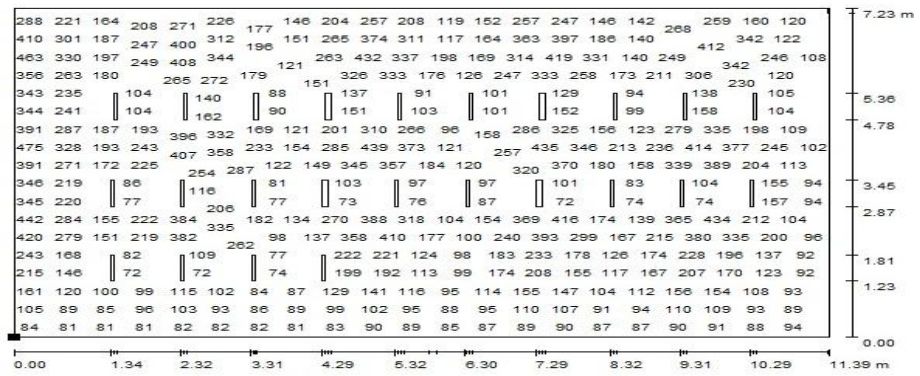


Figura 32: Representação 2D- "Gráfico de valores".

Para tal simulação adotou o ângulo do observador como 0°, todos os valores estão em Lux, e em uma escala 1:82, o gráfico permite visualizar pontos com valores de 100 Lux e pontos máximos com 500 Lux para iluminância vertical, referente à zona 1.

8 ANEXO D - MODELAGEM PROPOSTAS PARA SALAS DE AULA

CENÁRIO PROPOSTO P1

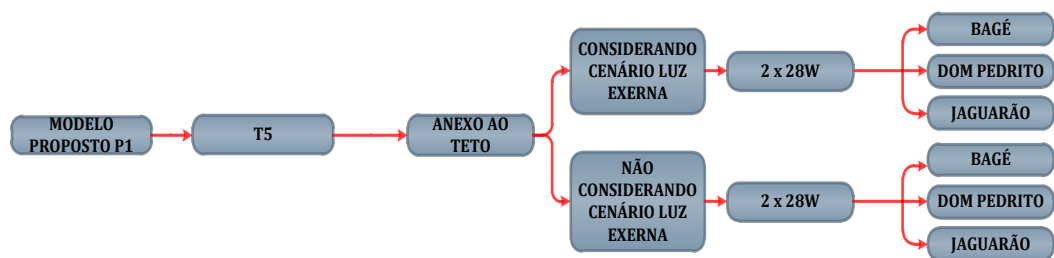


Figura 1: Esquemático cenário proposto P1.

CENÁRIO PROPOSTO P2

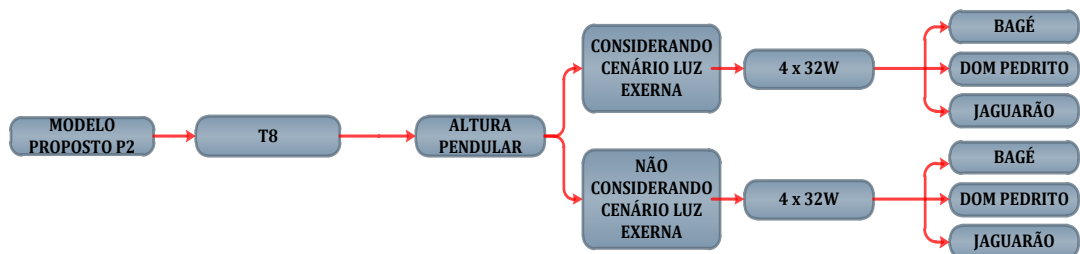


Figura 2: Esquemático proposto cenário P2.

CENÁRIO PROPOSTO P3

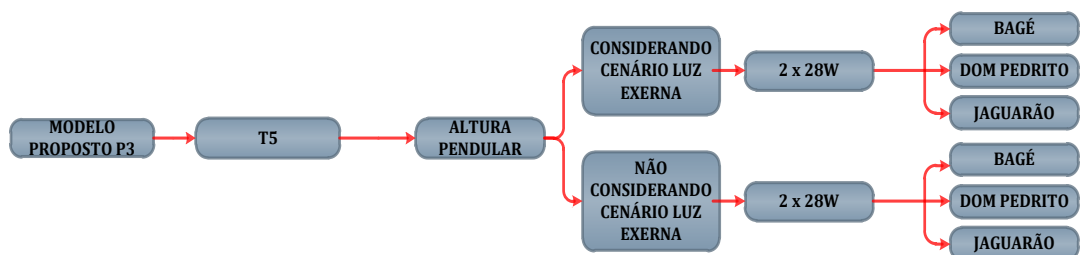


Figura 3: Esquemático proposto cenário P3.