

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ENZO RODRIGO DA CUNHA BITENCOURT

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PAMPA – CAMPUS ALEGRETE**

**Alegrete-RS
2024**

RODRIGO DA CUNHA BITENCOURT

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PAMPA – CAMPUS ALEGRETE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr.a Natalia Braun Chagas

Coorientador: Me. Aldo Leonel Temp

**Alegrete-RS
2024**

ENZO RODRIGO DA CUNHA BITENCOURT

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA –
CAMPUS ALEGRETE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade
Federal do Pampa, como requisito
parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 04 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Profa. Dra. NATALIA BRAUN CHAGAS - UNIPAMPA - Orientadora

Prof. Me. ALDO LEONEL TEMP - UNIPAMPA - Coorientador

Prof. Dr. CHRYSTIAN DALLA LANA DA SILVA - UNIPAMPA

Prof. Dr. RENAN GUSTAVO SCHERER - UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **CHRYSTIAN DALLA LANA DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/07/2024, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **NATALIA BRAUN CHAGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/07/2024, às 15:41, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **RENAN GUSTAVO SCHERER, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 16/07/2024, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ALDO LEONEL TEMP, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/07/2024, às 19:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador
1491701 e o código CRC F0288B33.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho lumínico de algumas salas da Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete, visando identificar possíveis deficiências e propor melhorias para garantir um ambiente propício ao aprendizado. A metodologia empregada foi adotada com base nas normas de desempenho (NBR 15575), iluminação natural (NBR 15.215) e iluminação de ambientes de trabalho (NBR ISO/CIE 8995-1), as etapas da pesquisa envolveram: definição do objeto de estudo; coleta de dados das salas em estudo; definição das malhas de pontos para medição in loco da iluminação atual; tratamento dos dados coletados; elaboração de um diagnóstico e soluções por meio de um software de simulação computacional. Os resultados obtidos nas medições revelaram as condições no período em que foi feita a verificação in loco, ao qual foram identificadas áreas com deficiências de iluminação, apontando a necessidade de intervenções através de um projeto luminotécnico. Apesar dos resultados encontrados in loco, foi possível com uma nova configuração espacial de diferentes luminárias e o uso de lâmpadas LED T8, no projeto realizado no DIALux evo, encontrar resultados que atendem aos requeridos pela norma NBR ISO/CIE 8995-1. Os resultados do novo projeto garantiram uma redução no consumo de energia, sendo possível a diminuição de mais de 30% da potência total instalada de todas as salas estudadas.

Palavras-Chave: desempenho lumínico, projeto luminotécnico, salas de aula.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the lighting performance of several rooms at the Federal University of Pampa - Alegrete Campus, with the goal of identifying potential deficiencies and proposing improvements to ensure a learning-conducive environment. The methodology employed was based on performance standards (NBR 15575), natural lighting (NBR 15.215), and workplace lighting (NBR ISO/CIE 8995-1), resulting in the following steps: defining the study object; data collection of the rooms under study; defining the point grids for in-situ lighting measurement; processing the collected data; developing a diagnosis and solutions through computer simulation software. The results obtained from the measurements revealed the conditions at the time of the in-situ verification, identifying areas with lighting deficiencies, indicating the need for interventions through a lighting project. Despite the findings from the in-situ results, it was possible, with a new spatial configuration of different luminaires and the use of T8 LED lamps in the project conducted in DIALux evo, to achieve results that meet the requirements of the NBR ISO/CIE 8995-1 standard. The results of the new project ensured a reduction in energy consumption, with a decrease of more than 30% in the total installed power of all the studied rooms.

Keywords: lighting performance, lighting project, classrooms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Determinação de Hm.....	21
Figura 2- Malha de pontos para medições e recomendações.....	22
Figura 3 – Tabela com um comparativo de consumo, vida útil e eficiência luminosa entre alguns tipos de lâmpadas.....	28
Figura 4 - Áreas horizontais e verticais onde os locais de trabalho podem estar localizados.....	31
Figura 5 - Fluxograma da metodologia.....	32
Figura 6– Materiais utilizados no levantamento de informações das salas	34
Figura 7 – Demarcação do piso da sala 104.....	36
Figura 8 – Luxímetro utilizado.....	37
Figura 9– Proposta de layout das luminárias da sala 104	39
Figura 10– Proposta de layout das luminárias das salas 205 e 305	40
Figura 11 – Fachada norte.....	41
Figura 12 – Fachada sul.....	42
Figura 13 – Posição da sala 104	43
Figura 14 – imagem da sala 104	43
Figura 15 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 104	44
Figura 16 – Posição da sala 205	45
Figura 17 – imagem da sala 205	45
Figura 18 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 205	46
Figura 19 – Posição da sala 305	47
Figura 20 – imagem da sala 305.....	47
Figura 21 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 305	48
Figura 22 - Malha de pontos para medições da sala 104.....	49

Figura 23 - Malha de pontos para medições das salas 205 e 305.....	49
Figura 24 - Malha de pontos para medições dos quadros negros das salas 205 e 305	50
Figura 25 – Faixa de cores para a avaliação visual da iluminação dos ambientes através das curvas isolux.....	50
Figura 26 – Curvas isolux da sala 104, a esquerda (A) as medições apenas de luz natural e na direita (B) com contribuição da luz artificial.	52
Figura 27 – Curva isolux da sala 104, somente com a luz artificial no período noturno.....	53
Figura 28 – Curvas isolux da sala 205, a esquerda (A) as medições apenas de luz natural e na direita (B) com contribuição da luz artificial.	54
Figura 29 – Curvas isolux do quadro da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.....	55
Figura 30 – Curvas isolux da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.....	56
Figura 31– Curvas isolux do quadro da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.	56
Figura 32– Curvas isolux da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.	57
Figura 33– Curvas isolux do quadro da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.....	58
Figura 34– Curvas isolux da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.....	59
Figura 35– Curvas isolux do quadro da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.	59

Figura 36– Curvas isolux da sala 104, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.	61
Figura 37– Curvas isolux da sala 104, somente com a luz artificial no período noturno.....	62
Figura 38– Curvas isolux da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.	63
Figura 39– Curvas isolux do quadro da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.....	64
Figura 40– Curvas isolux da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.....	65
Figura 41– Curvas isolux do quadro da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.	65
Figura 42– Curvas isolux da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.	67
Figura 43– Curvas isolux do quadro da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.....	68
Figura 44 – Curvas isolux da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.....	69
Figura 45– Curvas isolux do quadro da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.	69
Figura 46– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 104, com o fator de manutenção igual a 1.....	71
Figura 47– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 104, com o fator de manutenção igual a 0,8.	72

Figura 48– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 205, com o fator de manutenção igual a 1.....	73
Figura 49– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial do quadro da sala 205, com o fator de manutenção igual a 1.	73
Figura 50– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 205, com o fator de manutenção igual a 0,8.	74
Figura 51– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial do quadro da sala 205, com o fator de manutenção igual a 0,8.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Erros máximos aceitáveis.....	20
Tabela 2 - Quantidade mínima de pontos a serem medidos.....	21
Tabela 3– Compilado de conceitos sobre fatores fotométricos.....	26
Tabela 4 - Comparação de Potência total instalada entre o projeto luminotécnico e <i>in loco</i>	75

LISTA DE ABREVIATURAS

p. – página

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
ELU - Estado Limite Último
ELS - Estado Limite de Serviço
IRC - Índice de Reprodução de Cor
LED - Lighting Emitted Diodes
NBR - Norma Brasileira Revisada
SVVIE - Sistemas de Vedação Verticais Internas e Externas
VUP - Vida Útil de Projeto
TCC - Temperatura de Cor Correlata

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Contextualização do texto	8
1.2	Objetivos	9
1.2.1	Objetivo geral	9
1.2.2	Objetivo Específicos	9
1.3	Justificativa	9
1.4	Estrutura do Trabalho	10
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Desempenho das edificações	11
2.2	A importância da luz	13
2.2.1	Luz natural	14
2.2.2	Luz artificial	15
2.3	Desempenho lumínico	16
2.4	Aplicações do desempenho lumínico	16
2.5	Parâmetros de avaliação do desempenho lumínico	17
2.5.1	Iluminância	17
2.5.2	Índice de ofuscamento unificado	17
2.5.3	Índice de reprodução de cor (Ra)	18
2.6	Norma ABNT NBR 15.215	18
2.7	Métodos de medição Norma ABNT NBR 15.215-4	19
2.7.1	Luxímetro	20
2.7.2	Iluminância em planos de trabalho	20
2.7.3	Simulações de desempenho lumínico	22
2.8	Softwares de simulação computacional	23

2.8.1 DIALux evo.....	23
2.8.1 Daysim	24
2.8.2 Ecotect.....	24
2.8.3 Radiance.....	25
2.9Desenvolvimento de projetos luminotécnicos de luz artificial	25
2.9.1 Conceitos luminotécnicos	25
2.9.2 Componentes do sistema de iluminação artificial	27
2.9.3 Uniformidade	29
2.9.4 Desenvolvimento de projetos luminotécnicos de luz artificial para salas de aula segundo a NBR ISO/CIE 8995-1.....	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1 Definição do objeto de estudo e tipo de medição	32
3.2 Coleta de dados das salas em estudo.....	34
3.3 Definição das malhas de pontos.....	35
3.4 Coleta de dados de iluminância das salas:	36
3.5 Tratamento dos dados:	38
3.6 Diagnóstico	38
3.7 Projeto luminotécnico	39
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Salas em estudo	41
4.1.1 Sala 104	42
4.1.2 sala 205.....	44
4.1.3 sala 305.....	46
4.2 Malhas de pontos das salas	48
4.3 Tratamento e diagnóstico dos dados.....	50

4.3.1 Primeira avaliação.....	51
4.3.1.1 Sala 104	51
4.3.1.2 Sala 205	54
4.3.1.3 Sala 305	57
4.3.2 Segunda avaliação.....	60
4.3.2.1 Sala 104	60
4.3.2.2 Sala 205	62
4.3.2.3 Sala 305	66
4.4 Projetos luminotécnicos	70
4.4.1 Sala 104	71
4.4.2 Salas 205 e 305	72
5 CONCLUSÃO	76
6 REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do texto

Apesar de as instituições educacionais serem criteriosas quanto aos seus equipamentos e qualidade de ensino, ainda não há uma preocupação em projetar espaços com critérios rigorosos no âmbito do conforto ambiental que as salas de aula devem apresentar para o melhor desempenho do aprendizado. Um ambiente educacional precisa ser confortável para que os alunos que ocupam esses espaços tenham melhor aproveitamento das atividades neles desenvolvidas, onde fica mais evidente a importância do conforto, visto que se tratam de ambientes de uso prolongado. É de extrema importância que ambientes educacionais sejam planejados para que seus usuários tenham a melhor experiência de aprendizado, pois, como mostra Puteh et al. (2015), há uma relação direta entre o conforto ambiental e um melhor aprendizado em salas de aula.

Com a construção civil cada vez mais sendo realizada no formato de produção de larga escala, na maioria das vezes, tem-se o conforto ambiental como segundo plano, visto como sendo algo desnecessário nos custos planejados. Com esse fenômeno na construção, surge a necessidade das empresas e instituições governamentais padronizarem os limites mínimos de conforto ambiental em dois principais segmentos: as normas de desempenho, em especial a NBR 15575 ABNT (2013), que traz em suas partes o desempenho mínimo dos componentes construtivos; e os códigos de obras dos municípios, que trazem alguns requisitos obrigatórios para que os ambientes possam ser utilizados de forma satisfatória e são específicos para cada município.

Para um bom desempenho, busca-se atender as necessidades do usuário nas mais diversas áreas, como desempenho térmico, desempenho acústico e desempenho lumínico. Para as salas de aula, um dos pontos mais importantes para o aprendizado é o conforto visual e, para isso ocorrer, há a necessidade de um bom desempenho lumínico no ambiente, evitando uma fadiga visual causada por excesso ou falta de iluminação, ofuscamento ou variações bruscas de luz no ambiente.

Barrett et al.(2015) coloca em evidência a questão visual no aprendizado, em que o desempenho em sala de aula do aluno está diretamente relacionado com a qualidade da iluminação da mesma. Caso haja um desconforto lumínico por parte da

má distribuição da iluminação natural ou artificial, o indivíduo se sentirá cansado mais rapidamente e perderá eficiência na fixação do conteúdo apresentado em aula.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral consiste em avaliar o desempenho lumínico nas salas 104, 205 e 305 no prédio A1 da Universidade Federal do Pampa, localizada na cidade de Alegrete-RS.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Conferir o nível de iluminância natural das salas em estudo;
- Verificar a contribuição de iluminação artificial das salas em estudo;
- Comparar a intensidade luminosa existente no ambiente real com os valores mínimos exigidos pela NBR 8.995 ABNT (2013);
- Propor projeto luminotécnico para otimizar os níveis de iluminação nas salas em estudo.

1.3 Justificativa

Uma distribuição luminosa mal planejada, além de produzir desconforto e atrapalhar no aprendizado, é capaz de causar consumo de energia maior que o necessário. Por haver pontos mais iluminados do que o necessário por norma, e outros pontos menos, a iluminação pode se tornar ineficaz. Como destaca a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, Chamada 001-2016), o consumo de energia elétrica representa o terceiro maior gasto das contas anuais nas Universidades Federais.

Um ambiente possuindo uma boa distribuição de luz natural é capaz de gerar economias energéticas por não haver ou haver pouca necessidade de acionamento dos circuitos de iluminação artificial durante o dia, resultando na diminuição de um dos principais custos de funcionamento das salas de aula, trazendo maior sustentabilidade, como mostra Bocchese (2011) em seu trabalho, onde propôs um

novo sistema de iluminação para uma sala de aula que resultaria em 19,62% de diminuição anual no consumo de energia desta sala.

Diante deste contexto, no trabalho proposto será feita a avaliação do desempenho lumínico em duas salas de aula e uma sala de uso comum, situadas em pavimentos diferentes de um mesmo prédio em um ambiente educacional. E após a avaliação será feita uma proposta de projeto luminotécnico com o intuito de melhorar as condições de iluminação dos ambientes.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho proposto divide-se em 5 capítulos que facilitam a compreensão e organizam as etapas do estudo em questão.

O capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica, sendo essa necessária para balizar a avaliação do desempenho lumínico através das normas em questão que trazem parâmetros e procedimentos de medição. Este tópico é subdividido em 9 itens: desempenho das edificações; a importância da luz; desempenho lumínico; aplicações do desempenho lumínico; parâmetros de avaliação do desempenho lumínico; norma ABNT NBR 15.215; métodos de medição norma ABNT NBR 15.215-4; softwares de simulação computacional e desenvolvimento de projetos luminotécnicos de luz artificial.

O capítulo 3 traz a metodologia empregada no processo de avaliação *in loco*, subdividido em definição do objeto de estudo e tipo de medição, coleta de dados das salas em estudo, definição das malhas de pontos, tratamento dos dados e diagnóstico.

O Capítulo 4 apresenta os resultados encontrados nas medições, sendo eles: salas de estudo, malhas de pontos das salas, coleta de dados de iluminância das salas, tratamento de dados, diagnóstico e projeto luminotécnico.

E por fim o capítulo 5 apresenta as conclusões analisando de forma conjunta os resultados encontrados nas medições e projeto luminotécnico.

Complementar a isso, o trabalho apresenta os dados coletados *in loco* das medições de iluminância dos ambientes ponto a ponto no seu apêndice A.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura a seguir contempla o conhecimento desde o desempenho das edificações de uma forma geral e ampla até o desempenho lumínico que os ambientes devem possuir, com suas definições e metodologias de medição, análise e projeto.

2.1 Desempenho das edificações

Uma das principais normas que buscam avaliar de forma quantitativa e qualitativa o desempenho mínimo que os componentes construtivos de uma edificação devem possuir para o desenvolvimento das atividades propostas para esses ambientes é a NBR 15575 (ABNT, 2013) que está em vigor desde julho de 2013. Essa norma traz em suas partes termos, definições, métodos, requisitos mínimos e critérios para a avaliação de diversos componentes construtivos de uma edificação, não apenas em relação a materiais como sua estrutura, esquadrias, vedações, iluminação, mas também voltado para o ambiente como estanqueidade, acústica, qualidade do ar dentre tantos outros componentes ligados a habitabilidade e sustentabilidade.

A NBR 15575 ABNT (2013) é de extrema importância para construção civil, pois une e complementa diversas normas de desempenho das edificações que antes encontravam-se de forma separada em uma única, facilitando assim a avaliação e regularização do desempenho de um ambiente por completo. Como destaca Lorenzi (2013) ao afirmar que a NBR 15575 já é um marco na construção civil brasileira.

A norma 15575, da ABNT (2013), que possui o título geral “edificações habitacionais: Desempenho” é dividida em 6 partes, que são:

a) Parte 1: Requisitos gerais, onde aborda sobre os requisitos que a edificação deve possuir, sendo estes: segurança, sustentabilidade e habitabilidade. Cada requisito possui seus componentes com seus métodos e critérios de avaliação e o desempenho mínimo trazido de forma quantitativa para avaliação e regularização da edificação.

Em relação à segurança, uma edificação habitacional deve conter proteção contra incêndio, uso e operação na construção e segurança estrutural. Quanto a sustentabilidade, a norma traz a questão da manutenibilidade, durabilidade e os

impactos ambientais de obra. Já o requisito de habitabilidade traz a parte de critérios mínimos de conforto para aqueles que utilizam o espaço, dos quais são os desempenhos: tátil, antropo dinâmico, funcionalidade, acessibilidade, qualidade do ar, estanqueidade da água, térmico, acústico e lumínico.

Essa parte da norma busca trazer esses elementos de desempenho de forma isolada e não ligados a algum componente construtivo, devendo ser utilizada junto às demais partes.

b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, esta parte da norma aborda o desempenho da parte estrutural da edificação, com base no Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS), sendo esse último muito importante para a durabilidade da construção e conforto do usuário, tema de interesse da normativa. Essa, assim como as demais partes da norma a seguir, devem atender a parte 1, que aborda os requisitos de forma mais ampla, devendo serem utilizadas para se complementarem.

c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos, parte da norma que trata sobre todo o sistema de pisos, incluindo seus acabamentos que se não planejados podem causar acidentes, colocando em destaque o requisito de segurança. Essa parte da norma também trata do substrato que poderá causar ruídos em edificações multi-pavimentos caso não seja planejado.

d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedação verticais internas e externas – SVVIE, traz os requisitos de desempenho das vedações de uma edificação, podendo essas vedações serem estruturais ou não. As vedações, além de interagirem e sofrerem alterações dos outros sistemas, garantem principalmente um desempenho de proteção à ação térmica, acústica, lumínica e estanqueidade da água.

e) Parte 5: Requisitos para o sistema de coberturas, aborda em sua parte os sistemas de coberturas que interagem com os demais sistemas e garantem em parte suas durabilidades. Por se tratar de um sistema mais elevado da edificação, esse deve atender principalmente questões como estanqueidade da água e as condições térmicas de maneira excelente, a fim de preservar a saúde dos usuários da edificação habitacional.

f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários, a abordagem dessa parte da norma explora o desempenho dos sistemas hidrossanitários, que abrangem desde as instalações de água fria e quente até instalações sanitárias de esgoto de uma edificação habitacional. Esses sistemas garantem o apoio as funções dos

usuários nelas desenvolvidas e devem se adaptar aos esforços causados por outros sistemas e ações dos materiais empregados.

Além disso, a norma 15575 ABNT (2013) em sua parte 1, item 5 busca trazer as responsabilidades e incumbências dos seus intervenientes, que são todos que interagem direta ou indiretamente com a edificação, sendo estes os fornecedores de materiais, projetistas, construtores e os usuários. Cabe aos projetistas a função de escolher e planejar os materiais e sistemas construtivos adequados a cada edificação habitacional, de modo a garantir a vida útil de projeto (VUP), e aos construtores e fornecedores a utilização e entrega dos materiais adequados e regulamentados, assim como os manuais de utilização e manutenção de cada material empregado. Os usuários, como se encontra no item 5.5 da norma, também possuem a obrigação de prover as devidas manutenções descritas no manual de utilização da edificação, em seus tempos especificados, para não ocorrer a degradação dos sistemas construtivos, afetando a segurança, sustentabilidade e habitabilidade da edificação.

Quando se trata de edificações habitacionais de ensino, o desempenho de alguns desses componentes afetam diretamente o desempenho do ensino e aprendizagem, principalmente os requisitos habitacionais, como desempenho térmico, acústico e lumínico. Estes componentes em ambientes de ensino influenciam diretamente na comunicação e rendimento nas atividades humanas através dos sentidos, sendo fundamentais também para o aprendizado (Deliberador et al., 2010).

Ao requisito de luz nos ambientes a norma 15575 apresenta no seu item 13, intitulado desempenho lumínico, toda metodologia e requisitos para a avaliação da iluminação de ambientes residenciais. Porém, faz referência a todas as normas usadas como referência para compor esse item, que são muito mais amplas e específicas.

2.2 A importância da luz

A importância da luz para o ser humano se dá pelo fato que essa é responsável pela regulação de diversos hormônios no nosso corpo. Isso ocorre, segundo Martinez (2008), pelo fato do hipotálamo receber diretamente do nervo óptico a informação de luz por meio de impulsos elétricos. Isso sinaliza para o cérebro a liberação de diferentes hormônios como prolactínica, dopamina e outros responsáveis pelo alerta e funções motoras do corpo. Já a falta de luz no ambiente sinaliza ao núcleo

supraquiasmático (NSQ), localizada no hipotálamo, a produzir melatonina. A Melatonina é a responsável por provocar no organismo uma maior sonolência e queda de temperatura.

Também a luz no cotidiano tem papel fundamental para a percepção humana. Segundo Vianna e Golçalves (2001) cerca de 70% da nossa percepção do exterior é visual. É também a partir das percepções que aprendemos, em especial da percepção visual e auditiva, que ganham destaque nessa atividade.

E para a percepção visual é necessário que haja luz no ambiente, pois essa bate sobre as superfícies e parte é refletida aos olhos. Por diferentes materiais possuírem diferentes reflexibilidades, percebemos essa luz de diferentes maneiras através das cores, texturas e profundidades, tudo isso ocorre em função da luz. Essa iluminação da matéria pode ser feita de duas maneiras: natural ou artificialmente.

2.2.1 Luz natural

A luz natural é a proveniente da iluminação do sol, que emite uma energia radiante que viaja no espaço. Ao chegar na terra, essa energia interage com a atmosfera, sendo partes absorvidas, espalhadas e reemitidas pelos gases e partículas presentes na atmosfera. Com isso a radiação se transforma parte em radiação ultravioleta (UV) e infravermelho (IV) que não são visíveis ao olho humano. A outra parte torna-se luz visível que ao incidirem em objetos com materiais diferentes, são refletidas de maneiras distintas, o que faz com que haja diferentes cores e efeitos de profundidade na percepção dos olhos humanos.

Como descrito no parágrafo anterior, a luz que vem do sol através do espaço, interage com a atmosfera. Sabemos que a atmosfera da terra varia no decorrer no tempo em função das nuvens que se formam através do ciclo da água. As nuvens funcionam como filtros translúcidos para a luz, espalhando a luz solar em todas as direções. Essa difusão da luz diminui a intensidade da luz direta, podendo criar um efeito mais acinzentado e uniforme a depender da densidade de nuvens presentes. Isso mostra a grande influência que as nuvens têm na iluminação do planeta terra e por isso é levado em consideração na hora de avaliar.

Quando se trata de ambientes internos, outro aspecto ganha grande influência na iluminação natural: os sistemas construtivos. Os sistemas construtivos de iluminação natural têm a função de possibilitar a regulação de luz que entra em um

ambiente interno, para que esse seja utilizado da melhor maneira. Com isso é possível alterar o nível de iluminação de alguns sistemas construtivos a fim de melhorar a iluminação ou reduzir a entrada de calor direta, causada pela Radiação infravermelho.

Para isso há portas, janelas e claraboias que tem essa função de aumentar e distribuir a luz no espaço interno dos ambientes mediante materiais transparentes ou translúcidos. Já os brises, cortinas, elementos e construções em volta do ambiente cumprem o papel de diminuir a iluminação direta, promovendo uma luz menos intensa e mais difusa nos ambientes, de modo a mitigar o calor causado por parte da radiação. Esses elementos construtivos, chamados na NBR12512-1 ABNT (2005) de elementos de controle, possuem grande importância na hora de projetar os espaços, podendo diminuir o consumo de energia dos ambientes como mostra Martinez et al. (2009) em uma simulação ao alterar alguns desses parâmetros em um edifício, pode chegar a 58% de redução do consumo.

2.2.2 Luz artificial

Outra maneira de iluminação de um ambiente interno é através da iluminação artificial, essa depende de um sistema elétrico de iluminação, e sua qualidade está relacionada ao projeto luminotécnico desenvolvido para o ambiente. Essa iluminação tem como finalidade a complementação de luz no ambiente no período diurno e realizar a total iluminação no período noturno.

A desvantagem desse tipo de iluminação é que depende de energia elétrica para ser realizada e com isso gera um consumo. Se essa for mal projetada, além de não atender as necessidades de luz no ambiente, ainda é capaz de gerar desperdícios e com isso mais custos no mantimento das atividades exercidas nesses ambientes. Por isso deve haver uma avaliação do desempenho da iluminação dos ambientes no projeto e *in loco*.

A iluminação de um ambiente deve ser avaliada não só por que pode variar sua intensidade, mas também por que, como afirmam Vianna e Golçalves (2001), o fluxo luminoso não é distribuído de maneira uniforme no ambiente e, portanto, a iluminância não será a mesma em todos os pontos. Por essa razão a iluminação deve ser considerada como a média do ambiente, de maneira que isso é feito através da avaliação de seu desempenho.

2.3 Desempenho lumínico

A NBR 15.575 ABNT (2021) parte 1 traz uma definição para a construção civil em que desempenho é caracterizado como o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas. Logo, nesse contexto, para a avaliação do desempenho lumínico é preciso a aferição por determinado tempo do comportamento da iluminação natural e artificial de um ambiente, visando determinar sua intensidade para o contexto inserido, visto que cada ambiente possui uma necessidade de luz particular em função da atividade exercida.

Conforme Leão (2017) a luz, sendo ela natural ou artificial, é capaz de regular ou alterar o ciclo circadiano do indivíduo, sendo responsável pela regulação do sono, vigília, produção de hormônios e até mesmo o humor, tendo esses papéis importantes no desenvolvimento da aprendizagem, concentração e memória. Azevedo e Azevedo (2016) enfatizam a relação entre o sono e a aprendizagem e destacam que o ciclo sono-aprendizagem é sincronizado por fatores externos, sendo a luz uma delas.

2.4 Aplicações do desempenho lumínico

Uma boa iluminação se faz necessária em todos os ambientes, tanto durante o dia quanto a noite. Sua importância fica ainda mais nítida nos locais que necessitam de atenção para executar determinada tarefa, como em construções educacionais, hospitais, indústrias, restaurantes, escritórios e outros diversos ambientes de trabalho. Com isso, normas como a NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013) - "Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior" trazem parâmetros mínimos de iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor para cada tipo de ambiente de interiores, de modo a trazer níveis mínimos de conforto visual. Essa norma cancela e substitui a NBR 5413 de 1992 que trazia esses parâmetros mínimos.

O desempenho lumínico também é trazido pela NBR 15.575 ABNT (2021) parte 1, no item 13, que aborda requisitos de iluminação, critérios de simulação ou medição e métodos de avaliação tanto para situações de luz natural quanto artificial em edifícios residências, para construção civil. Os métodos de avaliação, por sua vez, são apresentados todos com base na NBR 15215 ABNT (2005) sobre iluminação natural e se baseiam na NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013) para os níveis mínimos de iluminação e seus parâmetros.

Normas como estas mostram não só a importância de uma boa iluminação em um ambiente, como também deixam claro que cada ambiente tem suas necessidades específicas e demandam uma atenção em particular na hora de projetar. Levar tais normas em consideração no projeto garantem que o ambiente não só servirá para a função desejada, como também auxiliará no seu melhor desempenho.

2.5 Parâmetros de avaliação do desempenho lumínico

A NBR ISO/CIE 8995-1/2013, para avaliação de ambientes de trabalho, traz três parâmetros principais na hora de verificar e projetar a qualidade de iluminação: a iluminância mantida, limitação de ofuscamento e qualidade da cor, apresentados nos itens 2.5.1 à 2.5.3, com base em ABNT(2013).

2.5.1 Iluminância

A iluminância representa a quantidade de luz que incide sobre uma determinada área. E, por isso, é de fundamental importância para a avaliação dos ambientes, visto que as funções exercidas nestes são feitas em planos de trabalho verticais ou horizontais, aos quais representam uma área que deve conter uma boa iluminação para ser percebida visualmente de forma clara. A unidade de iluminância é dada em lux e os valores mínimos variam entre 5 à 5.000 lux dependendo da função do ambiente.

A norma, porém, é ainda mais criteriosa, trazendo como parâmetro de avaliação a iluminância mantida, que, segundo as definições da própria norma, é o valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida. Para salas de aula, por exemplo, o mínimo de iluminância média deve ser de 300 lux e, se esta for para horário noturno, passa para 500 lux o mínimo. Quadros e salas de leitura também devem apresentar no mínimo 500 lux.

2.5.2 Índice de ofuscamento unificado

O ofuscamento, conforme ABNT (2013), está ligado a principalmente ao desconforto visual, e por isso, sua importância. Representa a sensação visual de diferenças de intensidade de luz dentro do campo de visão, podendo ser

desconfortável ou até mesmo inabilitador. Esse índice varia em uma escala de 13 a 28, sendo que quanto menor for, mais confortável será.

Esse valor é fornecido pelos fabricantes das luminárias. Para salas de aula e ambientes de estudo, o índice limite é de 19.

2.5.3 Índice de reprodução de cor (Ra)

Também conhecido pela sigla IRC, representa a relação entre a cor real de um objeto com a percebida por uma iluminação artificial, sendo que a iluminação artificial, por sua cor própria, acaba distorcendo a cor verdadeira do objeto percebido. Por se tratar de um parâmetro de luz artificial, esse valor é fornecido pelo fabricante da lâmpada. Para ambientes de estudo e aprendizagem, recomenda-se um valor desse índice de 80.

2.6 Norma ABNT NBR 15.215

A NBR 15.215 ABNT (2005) com o título geral “Iluminação natural”, aborda conceitos, procedimentos de cálculo de luz natural em ambientes externos e internos e métodos de medição, sendo dividida em 4 partes, como segue:

a) Parte 1: conceitos básicos e definições onde estabelece os termos conceituais sobre iluminação e o ambiente construtivo a ser analisado. Essa parte da norma é fundamental para haver o total entendimento das partes seguintes, pois trata de termos atribuídos a conceitos referentes ou ligados a iluminação.

b) Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural, onde apresenta procedimentos para o cálculo estimado da disponibilidade de luz natural em ambientes externos em diferentes condições de céu, com base em diferentes modelos elaborados ao redor do mundo;

c) Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos, onde aborda os cálculos para determinar a luz natural que incide sobre os planos de trabalho em ambientes internos, visto que esse depende de diversas variáveis. Esta parte evidencia que a iluminação de um ambiente é dada pela luz direta do sol, pela luz difundida na atmosfera e também pela luz refletida pelo ambiente externo e interno. Também deixa claro que a intensidade e distribuição da luz dentro do ambiente interno se dá pela quantidade de luz que entra no ambiente,

das características das esquadrias (como área, largura, altura e vidro) e do ambiente (como suas dimensões e refletividade de seus componentes).

d) Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição, a última parte dessa norma conta com os métodos práticos de medição da iluminação interna de ambientes, tanto para ambientes reais, quanto em modelos em escala reduzida.

2.7 Métodos de medição da Norma ABNT NBR 15.215-4

Os métodos de medição trazidos pela NBR 15215-4, conforme ABNT (2023), são para a verificação da iluminância e luminância de ambientes internos, ocorridas pela luz natural. Esta quarta parte define a iluminância como a luz que incide diretamente sobre as superfícies, medida por Luxímetro. Já a luminância é a luz que incide sobre uma superfície e é refletida, sendo percebida a superfície como uma fonte de luz pelos olhos, que depende da posição e da direção em que o usuário olha, sendo medida por Luminancímetro.

O item 9 da NBR 15215-4 traz os seguintes tipos de medição de iluminância *in loco*:

a) Ponto no tempo: as medidas são feitas em dias e horários específicos escolhidos, fornecendo resultados instantâneos que permitem avaliar os sistemas de luz do dia em conjunto com sistemas de iluminação elétrica. Também é ideal para ambientes que precisem ser usados diariamente, pois requer momentos específicos para análise, não demandando a suspensão das atividades por muito tempo.

b) Contínuas: são feitas continuamente em um período prolongado, de forma que é possível através de dados ao longo de dias, semanas, meses ou anos analisar de forma mais precisa a iluminância dos ambientes. Através desse tipo de medição é possível perceber falhas pontuais e cíclicas na iluminação de ambientes. Esse tipo de medição exige limitações no espaço durante a análise.

Poderá também ser feita as medições utilizando ambos os tipos de medição de maneira a se complementarem. Independentemente do tipo de análise utilizado, a norma deixa claro seus instrumentos e método de medição de iluminância.

2.7.1 Luxímetro

A norma apresenta como instrumentação para aferições de iluminância a utilização de fotômetros, nomeados por Luxímetros. Estes equipamentos possuem um sensor fotométrico composto por silício ou selênio, junto a um circuito de tratamento de sinal com uma tela digital ou analógica, não podendo apresentar erro maior que 6% em relação ao que o olho humano tem de sensibilidade. Ainda em relação ao instrumento recomenda que este possua sensores de silício e erros máximos aceitáveis em diferentes aspectos como mostrado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Erros máximos aceitáveis

Fator	Erro
Resposta espectral	6%
Sensibilidade a Temperatura	1%/ K
Resposta ao efeito cosseno	3%
Resposta à linearidade	2%
Acurácia	10%

Fonte: ABNT NBR 15.215-4 (p.10,2023)

2.7.2 Iluminância em planos de trabalho

Para verificar a iluminância em planos de trabalho é necessário determinar um número adequado de pontos conforme as dimensões do ambiente. Para isso a norma NBR 15.215-4 ABNT (2023) possui uma fórmula descrita na equação 1 que determina o índice do local (K). Com este índice é possível relacioná-lo com a Tabela 2 para determinar o número mínimo de pontos a serem medidos a iluminância como mostrado a seguir:

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C+L)} \quad (1)$$

Onde:

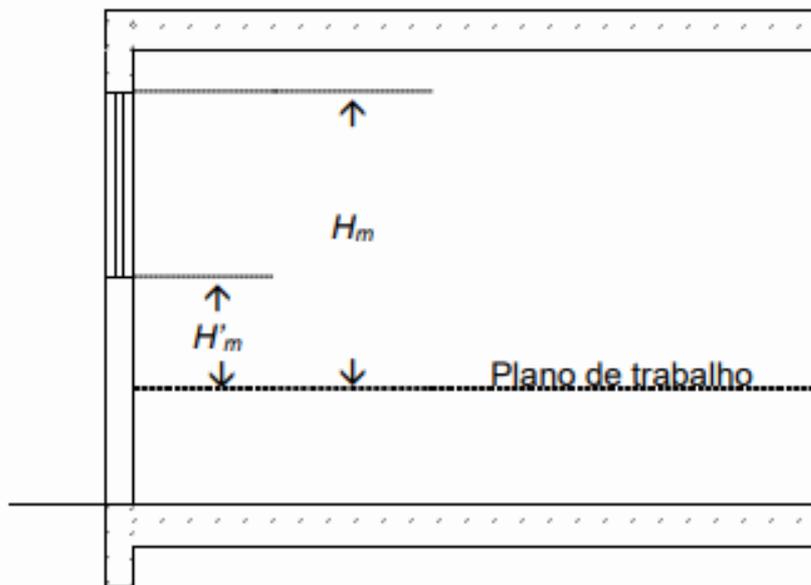
K é o índice do local e é adimensional

L é a largura em metros do ambiente;

C é o comprimento também em metros do ambiente;

H_m é a distância vertical entre a superfície de trabalho (no caso de salas de aula, carteiras) e o topo da janela, em metros. A Figura 1 a seguir, que se encontra na norma, ilustra essa distância:

Figura 1 - Determinação de H_m



Fonte: ABNT NBR 15.215-4 (p.6, 2023)

A norma condiciona que, caso o peitoril estiver 1 metro acima da altura do plano de trabalho, adota-se $H_m = H'_m$ que será a distância entre a superfície de trabalho e a parte inferior da janela.

Tabela 2 - Quantidade mínima de pontos a serem medidos

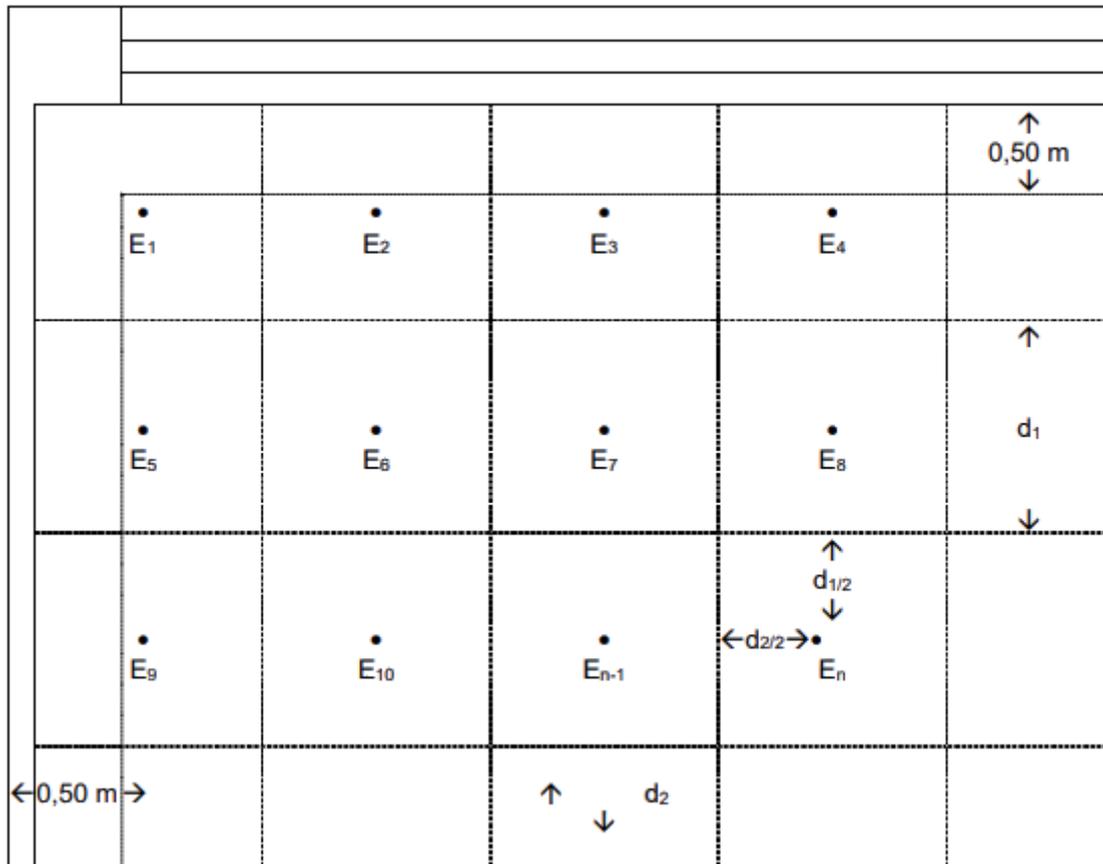
K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: ABNT NBR 15.215-4 (p.12, 2023)

O número mínimo de pontos constitui uma divisão do ambiente em quadrados ou retângulos de dimensões iguais, nos quais a medição se dará no centro de cada um. A norma sugere alguns cuidados na hora de ser distribuir no ambiente.

Recomenda-se que os retângulos tenham seus lados com o formato mais próximo possível de um quadrado e o centro desses esteja no mínimo a 50cm das paredes, como mostra a Figura 2 a seguir:

Figura 2- Malha de pontos para medições e recomendações



Fonte: ABNT NBR 15.215-4 (p.7, 2023)

Para a verificação de planos verticais a norma NBR 15215-4 ABNT (2023) não apresenta em sua parte 4 uma determinação de uma malha de pontos para a verificação de iluminância. Quando se trata de planos verticais, a norma apenas cita que pode ser medido e determina uma altura de 1,20 metros para medições de iluminância de luz do dia equivalente melanópica.

2.7.3 Simulações de desempenho lumínico

Outro método utilizado para análise de desempenho lumínico além da verificação *in loco* é a simulação computacional. Através da simulação computacional

é possível verificar a iluminância dos ambientes nos planos de trabalho em que se deseja fazer a análise através de cálculos computacionais. A NBR 15215-4 ABNT (2023) também traz em seu texto, a partir do item 12.2.2 denominado modelos arquitetônicos em escala reduzida, toda a metodologia para a execução da avaliação do desempenho lumínico em softwares que executam tais tarefas.

Também através da simulação computacional é possível desenvolver projetos luminotécnicos para a análise da iluminação que o ambiente possuirá após executado, usando como uma ferramenta de estudo para garantir níveis adequados de iluminação natural e artificial dos ambientes planejados.

2.8 Softwares de simulação computacional

Para simulações existem diversos softwares no mercado que são dedicados a simulação de iluminação em ambientes internos e externos. Dentre os mais utilizados para a simulação de iluminação em avaliações de desempenho lumínico estão os softwares: DIALux evo, Daysim, Ecotect e Radiance. A escolha do software irá depender das necessidades, acessibilidade e familiaridade com a ferramenta que o usuário dispõe. Todos os programas citados são específicos para a avaliação de iluminação de ambientes e possuem confiabilidade nos seus resultados. Apesar dos softwares Daysim e Ecotect já terem sido descontinuados, esses fazem parte de parte significativa dos trabalhos sobre desempenho lumínico em salas de aula.

2.8.1 DIALux evo

O DIALux evo é um software desenvolvido pela empresa alemã DIAL GmbH de design de iluminação profissional utilizado para planejar, visualizar e analisar sistemas de iluminação em ambientes arquitetônicos. Dentro de sua interface intuitiva, o software é capaz de realizar além de sua modelagem 3D e cálculos de iluminação, também simulação de cenas, renderização e análise de resultados. O Software é um dos mais utilizados no Brasil no ramo de projetos luminotécnicos por ser gratuito, possuir diversos materiais didáticos para aprendizado de suas funcionalidades e integrar um extenso catálogo de luminárias e fontes de luz de diversos fabricantes, simplificando a seleção e especificação de produtos.

Trabalhos como os de Cabral (2020), Alves et al. (2019) e Orlandi e Silva (2023) utilizaram o software para a avaliação do desempenho lumínico de edificações, sendo eles ambientes educacionais ou residenciais.

2.8.1 Daysim

O Daysim é um software descontinuado em 2018, especializado em simulações de iluminação natural e desempenho térmico em edifícios. Desenvolvido pela NREL (National Renewable Energy Laboratory) em conjunto com a Universidade da Pensilvânia, o software permitia modelar e simular o comportamento da luz natural dentro de edifícios ao longo do dia e do ano através da integração de dados climáticos e geográficos para garantir simulações precisas e contextualizadas, levando em conta as condições específicas do local do projeto. Além disso, o software era capaz de ser integrado com outros softwares de simulação como o SketchUp, Radiance e EnergyPlus que favorecia uma avaliação por diferentes softwares de forma holística.

Abrahão et al. (2019) e Carvalho (2014) realizaram simulações computacionais nesse software para a análise de desempenho lumínico antes de ser descontinuado.

2.8.2 Ecotect

Desenvolvido pela Autodesk, e suspenso em 20 de março de 2015 pela empresa, esse software pago, fornecia ferramentas para análise térmica, iluminação, ventilação e outras condições ambientais. Esse programa não só simulava iluminação como acabava contribuindo para a concepção de edifícios mais eficientes e sustentáveis através de simulações térmicas e de ventilação. A Autodesk resolveu descontinuar-lo para integrá-lo em outros softwares da empresa de modo a melhorar a indústria de eficiência energética.

Dorigo, Suga e Krüger (2006) utilizaram esse software para realizar a avaliação do desempenho lumínico em um ambiente escolar, realizando uma simulação computacional ao qual a norma NBR 15215-4 ABNT (2023) também permite como método de medição na classe de simulação. Bocchese (2011) também utilizou o software, mas para propor um projeto luminotécnico visando garantir uma melhor eficiência energética em salas de aula através de uma disposição diferente das luminárias.

2.8.3 Radiance

Sendo um software de código aberto e gratuito, o Radiance foi desenvolvido pela Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) na Califórnia. Esse software também realiza análises térmicas e se destaca pelo seu código aberto, o que possibilita que sejam feitas alterações e adequações, e também por suas renderizações com qualidade. Por possuir código aberto requer familiaridade com scripts e pode ter uma curva de aprendizado mais íngreme.

Torres et al. (2021) utilizou-se dessa ferramenta junto a outras para analisar a avaliação lumínica em sala de aula em uma universidade de Minas Gerais.

2.9 Desenvolvimento de projetos luminotécnicos de luz artificial

Desenvolver projetos luminotécnicos pode envolver não só a análise de um ambiente para promover a iluminação desejada, como também questões estéticas, visando promover a arte e o design em um espaço. E por questões estéticas pode apresentar diversas maneiras em sua concepção, desde o layout até a escolha dos materiais empregados. Porém, alguns aspectos devem estar presentes em qualquer projeto, independente das suas escolhas estéticas. Para qualquer projeto, entender antecipadamente para qual função o ambiente será iluminado e ter como objetivo a melhor distribuição da iluminação, ajudará o projetista a ter uma melhor eficiência energética em seus projetos, garantindo também a consciência que o ambiente necessita de uma iluminação específica.

2.9.1 Conceitos luminotécnicos

Segundo Rezende (2014), a iluminação artificial deve assimilar-se a iluminação natural, reproduzindo seus efeitos. E com isso, entender como a luz natural age durante o dia é fundamental para elaborar um projeto luminotécnico, assim como o entendimento dos fatores fotométricos, que são todos os conceitos ligados a iluminação. É possível observar na Quadro 3 a seguir, compilada por Rezende (2014), os principais fatores fotométricos, juntos as suas definições e unidades:

Quadro 3– Compilado de conceitos sobre fatores fotométricos

Fator	Símbolo	Unidade	Conceito
Potência Total Instalada ou Fluxo Energético	P	W ou kW	“Somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação”
Densidade de Potência	D	W/m ²	“Potência Total Instalada em <i>watt</i> por cada metro quadrado de área”
Densidade de Potência Relativa	Dr	W/m ² para 100 lx	“Densidade de Potência Total Instalada para cada 100 lx de Iluminância”
Fluxo Luminoso	φ	lm (lúmen)	“Quantidade de luz emitida por uma fonte, na tensão nominal de funcionamento”
Eficiência Energética das Lâmpadas	η _w ou K	lm/W (lúmen/watt)	Lúmens gerados por <i>watt</i> consumido de cada lâmpada, também é chamado de “Rendimento Luminoso”
Rendimento da Luminária	η _L	não tem	“Razão do Fluxo Luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária”
Eficiência do Recinto	η _R	não tem	Relação dos valores de refletância do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição de Luminária e o Índice do Recinto
Índice do Local	K	não tem	Relação entre as dimensões de comprimento, largura, pé-direito, altura do plano de trabalho e altura do pendente da luminária
Fator de Utilização	F _u	não tem	Fluxo luminoso final que incide sobre o plano de trabalho, ou seja, η _L x η _R
Fator de Depreciação ou Fator de Manutenção	F _d	%	“Depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias”
Iluminância	E	Lux (lx) = (lm/m ²)	“Luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide”
Iluminância Média	E _m	Lux (lx) = (lm/m ²)	É considerada a Iluminância Média, pois o fluxo luminoso não se distribui uniformemente em todos os pontos
Intensidade Luminosa	I	cd (candela)	“Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto”
Curva de Distribuição Luminosa	CDL	cd x 1.000 lm	“Representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano”
Luminância	L	cd/m ²	Intensidade Luminosa que emana da superfície, transmitindo sensação de claridade
Índice de Reprodução de Cor	IRC ou RA	não tem	Reprodução de cor da lâmpada que varia de 0 a 100 em função da luz solar.
Temperatura de Cor ou Temperatura de Cor Correlata	T ou TCC	K (escala Kelvin)	Aparência de cor das lâmpadas
Fator de Fluxo Luminoso	BF	%	Fator de depreciação do reator, resultante do fluxo luminoso obtido pelo fluxo luminoso nominal

Fonte: Adaptado de Rezende (2014).

Um dos fatores fotométricos importantes a ser destacado é o fator de manutenção ou depreciação que deve ser levado em consideração na hora de elaboração do projeto. Esse fator prevê a perda de eficiência do fluxo luminoso com o tempo ou até mesmo o acúmulo de poeira, e com isso é possível simular se a iluminação no fim de sua vida útil ainda estará atendendo as exigências do ambiente. Não levar esse fator em conta pode acarretar um projeto mal dimensionado no decorrer do tempo.

Barbosa (2010) afirma que o conjunto de alguns desses fatores, como iluminância, uniformidade e temperatura de cor podem contribuir para o estado físicos mais apropriados para cada atividade possível. De forma geral Barbosa (2010) apresenta as seguintes iluminações para cada caso de atividade:

a) Atividade mental de baixa intensidade: A luz deve induzir a tranquilidade e relaxamento. Para isso deve-se utilizar iluminâncias mais baixas, com o mínimo de contraste e temperatura de cor mais baixas (2700K).

b) Atividade mental: A luz deve propiciar atenção na atividade e por isso deve apresentar iluminâncias médias, com mais uniformidade e temperatura em 4000K.

c) Atividade física: A luz deve estimular e excitar. Para isso as iluminâncias devem ser altas, com uniformidade no campo visual da atividade e com a temperatura de cor entre 5000K e 8000K.

E esses fatores fotométricos são influenciados pela escolha dos componentes do sistema de iluminação.

2.9.2 Componentes do sistema de iluminação artificial

Quando se almeja trazer a luz de forma artificial para um ambiente é necessário planejar um sistema com alguns componentes. As principais escolhas que devem ser feitas em um projeto luminotécnico são das lâmpadas a serem utilizadas, pois essas estão relacionadas a quantidade de luz emitida, e também as luminárias que têm a função de distribuir essa quantidade de luz no ambiente de forma controlada.

Lâmpada é um dispositivo que transforma a energia elétrica em energia luminosa. Atualmente no mercado pode se obter diversas opções de lâmpadas, produzidas com diferentes materiais, formatos e compostos químicos para serem acessas, tudo visando diferentes usos das mesmas. Os tipos de lâmpadas são classificados sobre a forma de transformação de energia elétrica em energia luminosa, sendo as mais comuns as incandescentes, halógenas, fluorescentes e as Lighting Emitted Diodes (LED). As diferentes opções não mudam apenas os materiais e suas formas de acionamento como também suas eficiências luminosas.

A eficiência luminosa de uma lâmpada, como visto anteriormente, é a quantidade de lumens produzidos por cada watt de potência consumido de cada lâmpada. Ou seja, lâmpadas com maiores valores de eficiência luminosa produzem maior iluminação para o ambiente, gastando o mesmo que as demais. A Figura 3 a seguir apresenta uma tabela com um comparativo entre os tipos de lâmpadas mais comuns em relação a consumo, vida útil e eficiência luminosa.

Figura 3 – Tabela com um comparativo de consumo, vida útil e eficiência luminosa entre alguns tipos de lâmpadas.



	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes (CFLs)	LEDs
Consumo	Alto	Alto	Baixo	Baixíssimo
Vida útil (horas)	1.000	2.000	6.000	25.000
Eficiência luminosa	1600	100 w	75 w	20 w
Quantidade de luz que a lâmpada produz por segundo, em lumens.	1100	75 w	55 w	15 w
	800	60 w	45 w	12 w
	450	40 w	30 w	8 w
	210	25 w	19 w	5 w

Potência
Quanto a lâmpada consome de energia para “produzir” luz, medida em **Watts (w)**

Fonte: Abreu (2017)

Como é possível observar na Figura 3, as lâmpadas LED são a melhor opção não só por apresentarem a melhor eficiência luminosa como também por sua vida útil, que acaba por trazer mais economia na manutenção da iluminação de ambientes. Além de garantir menor consumo e maior durabilidade, os LEDs também se destacam por não possuírem metais pesados, ou seja, descartar esse tipo de lâmpada é menos nocivo ao meio ambiente quando comparado às lâmpadas fluorescentes que possuem contaminantes químicos como mercúrio e fósforo, prejudiciais ao ambiente.

Um ponto importante a ser destacado é que a informação de vida útil disponível na figura anterior não significa o tempo que a lâmpada LED vai levar para queimar, mas sim o período em que ela funcionará com mais de 70% da capacidade luminosa original. Essa porcentagem pode variar de acordo com oscilações da rede elétrica, mau contato no ponto de instalação, temperatura do ambiente ou luminária e umidade.

Já as luminárias são os dispositivos que abrigam as lâmpadas e conforme Rezende (2014) aponta, têm como principais funções auxiliar a instalação e operação das lâmpadas e equipamentos, controle de luz, distribuir o fluxo luminoso e contribuir com a decoração do ambiente. Existem, assim como as lâmpadas, diversos tipos de luminárias, para diferentes usos e funções. Nos catálogos das luminárias é possível encontrar as curvas de distribuição luminosa, suas dimensões, tipo de lâmpadas que podem ser utilizadas, equipamentos auxiliares necessários e também pode haver recomendações de qual o melhor tipo de luminária conforme o uso. Portanto, ler os catálogos de luminárias que se deseja usar no projeto é de fundamental importância para uma escolha assertiva das luminárias para o ambiente em específico de projeto.

2.9.3 Uniformidade

Para garantir uma melhor distribuição da iluminação artificial em um ambiente, a norma NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013) apresenta o parâmetro de uniformidade (U), ao qual todo projeto luminotécnico precisa respeitar para garantir a distribuição de luz no ambiente. Esse parâmetro garante também que haja uma eficiência na iluminação e evita que haja demasiado ofuscamento no ambiente, gerando um

desconforto por fadiga visual no usuário. Conforme a Norma NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013), a uniformidade da iluminância na área de tarefa deve ser no mínimo de 0,7 e no entorno imediato não pode ser inferior a 0,5. Essa uniformidade da luz no espaço pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$U = \frac{E_{\min}}{E_{\text{méd}}} \quad (2)$$

Onde:

U é a uniformidade sendo essa adimensional;

E_{\min} é o valor do ponto que apresenta a menor iluminância dado em lux;

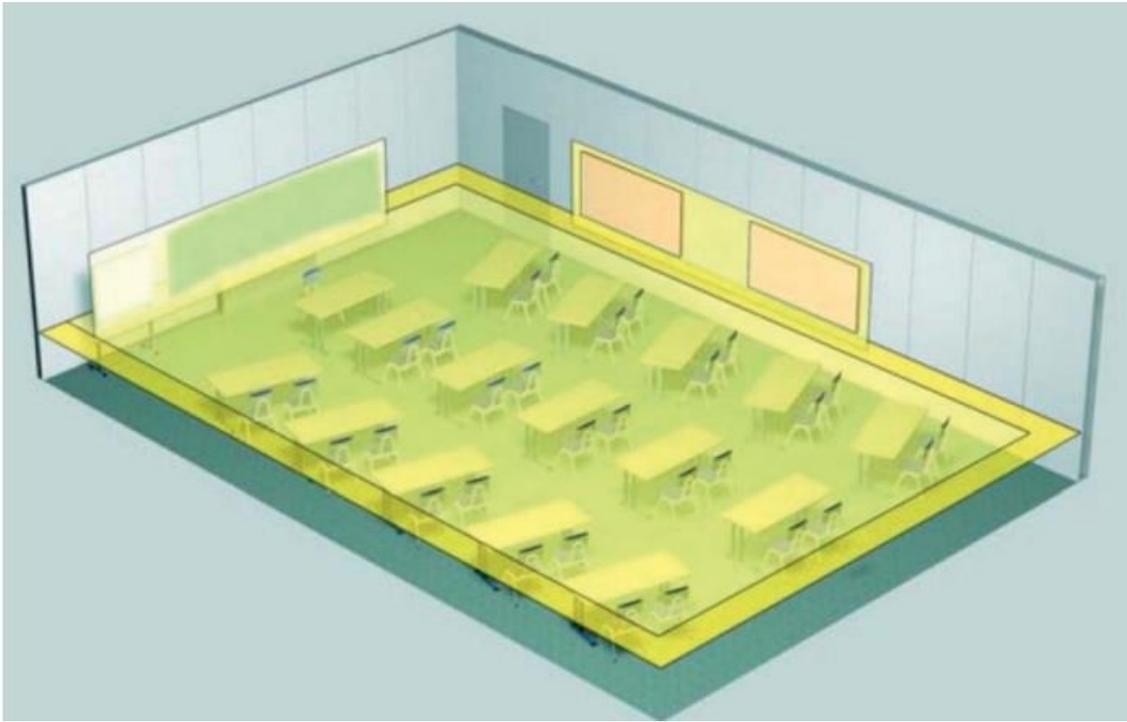
$E_{\text{méd}}$ é a média de todos os pontos de iluminância do ambiente dado em lux.

Softwares de simulação como o DIALux já trazem em seu relatório os valores de uniformidade conforme definido pelo usuário. Já para verificações dos ambientes *in loco* deve se utilizar os dados de iluminância coletados para a verificação.

2.9.4 Desenvolvimento de projetos luminotécnicos de luz artificial para salas de aula segundo a NBR ISO/CIE 8995-1.

A NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013) traz em seu anexo A itens A3.3 e A.3.4 considerações particulares quando se trata de ambientes educacionais. Para esses a norma prevê que as mesas de estudo podem ser reorganizadas dentro das salas de aulas, portanto a área de trabalho deve ser considerada a sala inteira menos uma faixa marginal (faixa próxima às paredes) de 0,5 m de largura. Quanto a uniformidade planejada pode ser menor que a recomendação geral de 0,7, podendo ser no mínimo 0,6. Segundo a norma, a experiência mostra que isto é suficiente para garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nas mesas individuais. A Figura 4 a seguir retirada da norma mostra em uma vista isométrica a faixa a ser desconsiderada na cor amarela próxima às paredes:

Figura 4 - Áreas horizontais e verticais onde os locais de trabalho podem estar localizados.



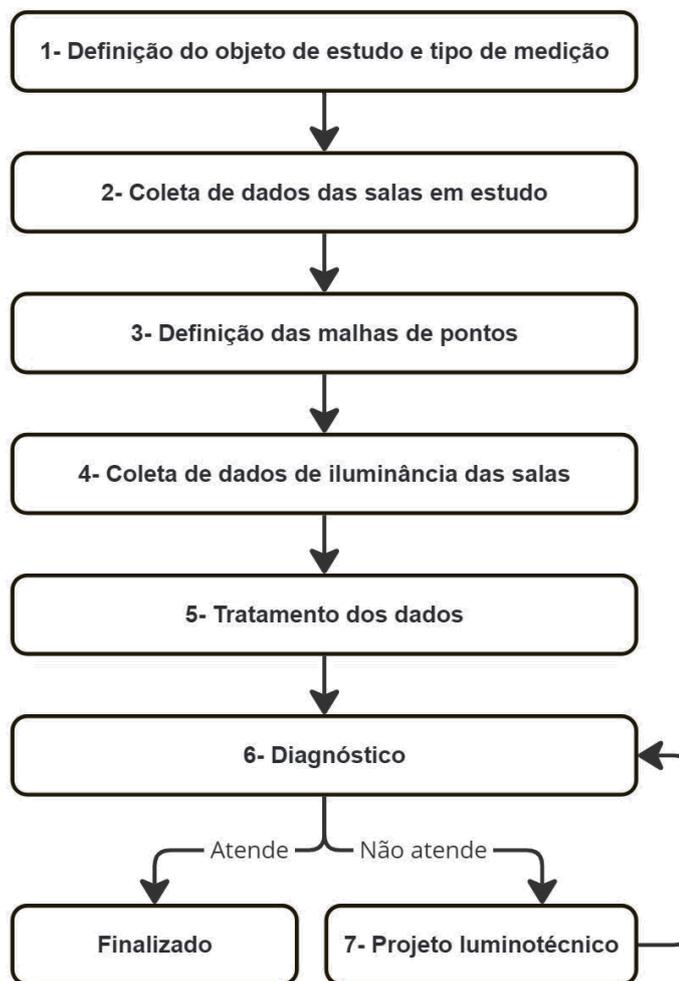
Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (p.37, 2013)

Esse trecho é desconsiderado tanto para o cálculo da uniformidade, quanto da iluminância do ambiente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho consiste em 7 etapas distintas que vão desde a definição do objeto de estudo até a análise dos resultados e proposta de um novo projeto luminotécnico, seguindo as recomendações das normas de desempenho. A Figura 5 pode ser observado o diagrama com as etapas do trabalho.

Figura 5 - Diagrama da metodologia



Fonte: Autoria própria (2024).

3.1 Definição do objeto de estudo e tipo de medição

A primeira etapa da avaliação foi definir os ambientes de estudo. Buscando uma gama maior de parâmetros de análise para diferentes situações em um mesmo prédio, para isso, foi escolhido, na Universidade Federal do Pampa Campus Alegrete,

o prédio A1 que possui o maior número de salas de aula e de uso comum. As salas escolhidas encontram-se em diferentes pavimentos, sempre buscando analisar o comportamento da luz em diferentes níveis. A sala de número 104 é uma sala de uso comum que apresenta suas janelas voltadas para o sul, enquanto as salas 205 e 305 são salas de aula com suas janelas direcionadas para o norte. Com isso, parâmetros como diferentes níveis, orientação de iluminação e tipo de uso puderam ser analisados para compreender o comportamento da iluminação natural.

Os quadros das salas de aula que também foram selecionados como objeto de verificação da luz que incide sobre eles, pois esta luz reflete diretamente aos olhos dos alunos. Com os objetos de estudo escolhidos foi determinado três tipos de avaliação da iluminação, sendo elas:

- Avaliação da iluminação natural;
- Iluminação natural com a contribuição da iluminação artificial;
- Iluminação artificial somente, pelo motivo das salas também serem utilizadas no período noturno.

Também foi necessário escolher o tipo de medição que foi realizada conforme as opções que a norma recomenda já mencionadas nos itens acima. Nesse caso foi escolhido o tipo ponto no tempo, por conta da disponibilidade das salas de aula para a avaliação.

A norma 15215-4 recomenda que as medições ponto no tempo sejam feitas em horário comercial a cada 2 horas. Para o presente trabalho os horários escolhidos foram as 08:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 e 19:00 para medir a iluminação natural e artificial das salas na primeira medição ocorrida nos dias 16/08/2023 na sala 104, 17/08/2023 na 305 e 19/08/2023 na 205. Já para a segunda medição, por ser no mês de janeiro onde os dias possuem mais tempo de iluminação natural, a coleta de dados foi feita as 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 e 20:30 em 23/01/2024 na sala 104, 24/01/2024 na 205 e 25/01/2024 na 305.

A seguir um passo a passo dos procedimentos que foram realizados para a medição:

- Definição dos objetos de estudo para a avaliação do desempenho lumínico;
- Escolha dos tipos de iluminação e horários que seriam realizadas as avaliações;
- Escolha de qual tipo de medição será executada nos objetos de estudo.

3.2 Coleta de dados das salas em estudo

Etapa pré-medições realizadas dias antes das medições de iluminância das salas. Foi executada a coleta de medidas das dimensões e posições dos objetos de estudo dentro da sala para montar a malha de pontos para as futuras medições. Também foi coletado informações das características da sala como cor dos revestimentos, tipos de luminárias, tipos de lâmpadas, posição das salas em relação ao sol e circuitos das salas, visando analisar e justificar os resultados de iluminância dos ambientes.

Para fazer as medições foi utilizada uma trena profissional da marca LZTools e um caderno de anotações para guardar o levantamento dos dados. A Seguir na Figura 6 é possível ver uma imagem dos materiais utilizados:

Figura 6– Materiais utilizados no levantamento de informações das salas



Fonte: Autoria própria (2023)

A seguir o passo a passo utilizado para a coleta dos dados das salas 104, 205 e 305:

- Anotação da localização de latitude e longitude e orientação das salas em função do sol;
- Medição com uma trena das dimensões das salas para criar a malha de pontos em que serão feitas as medidas por um Luxímetro;

- Quantificação e anotação do número de esquadrias, medindo com uma trena suas dimensões e peitoris;
- Aferição com trena das dimensões dos vidros das esquadrias para a obtenção das suas áreas;
- Medição com trena da altura entre plano de trabalho e parte superior das esquadrias para cálculo da malha;
- Anotação da localização e área dos quadros;
- Medição com trena da altura das luminárias em relação ao plano de trabalho;
- Anotação do modelo de luminárias, divisões dos circuitos que as ativam e suas disposições no ambiente;
- Anotação da cor do revestimento das paredes e teto, pois estes influenciam na reflexão da luz no ambiente;

3.3 Definição das malhas de pontos

Com os dados dos ambientes foi possível determinar quais pontos de cada sala seriam avaliados utilizando a metodologia de avaliação da NBR 15.215-4 ABNT (2023) e marcá-los nas salas. Para a demarcação da malha foram realizados os seguintes passos:

- Cálculo do índice do local (K) conforme equação 1 com os dados coletados das salas;
- Verificação da quantidade mínima de pontos a serem obtidos conforme tabela 2;
- Criação das malhas com uma quantidade de pontos igual ou maior ao que foi calculado com a posição de cada ponto distante no mínimo 50cm das paredes e os retângulos formados sendo o mais próximo de um quadrado como recomendado;
- Demarcação dos pisos e quadros com os pontos a serem aferidos utilizando fita crepe no chão e canetão nos quadros, como mostra a Figura 7 a seguir com a sala 104 com o piso demarcado.

Figura 7 – Demarcação do piso da sala 104



Fonte: Autoria própria (2023)

3.4 Coleta de dados de iluminância das salas:

Para a coleta dos dados de iluminância de ambientes foi utilizado um luxímetro dentro das condições de precisão exigidas pela norma, uma superfície nivelada na altura de 75cm para apoio e um caderno para anotação dos valores obtidos em cada ponto. O luxímetro utilizado foi o LD-900 da marca INSTRUTHERM como mostra a Figura 8 a seguir:

Figura 8 – Luxímetro utilizado



Fonte: Autoria própria (2023)

A seguir um passo a passo dos procedimentos que foram realizados para a medição:

- Verificação se o modelo de luxímetro está dentro das condições exigidas pela norma;
- Registro das condições do céu no dia, observando se está limpo, parcialmente nublado ou totalmente nublado, podendo justificar certos resultados fora do esperado durante a análise dos dados;
- Coleta das medidas com luxímetro em lux do ambiente externo para cada horário com um luxímetro na altura de 75cm do piso evitando causar sombreamento do aparelho por conta de quem está medindo;
- Coleta das medidas com luxímetro em lux dos ambientes internos com as luzes desligadas e cortinas abertas para cada horário nas mesmas condições;
- Coleta das medidas com luxímetro em lux dos ambientes internos com as luzes ligadas e cortinas abertas para cada horário nas mesmas condições;

3.5 Tratamento dos dados:

O tratamento dos dados consistiu em uma etapa de organização e cálculos de iluminância média dos ambientes a partir dos dados coletados. Para organização e cálculo foi utilizado o Excel, planilha eletrônica da Microsoft que possui essas funções. Já para uma análise de forma visual da distribuição de iluminação nos ambientes foi utilizado o software Surfer que possui a capacidade de criar curvas de nível e faixas de cores para a variação de iluminação coletadas em cada ponto.

A seguir um passo a passo dos procedimentos que foram realizados para a medição:

- Exportação dos dados para uma planilha eletrônica;
- Organização das tabelas por sala e horários analisados;
- Conversão dos dados do Excel para txt com o intuito de passar os valores obtidos para o software Surfer;
- Criação das curvas isolux e uma faixa de cores no software Surfer para os valores de iluminância de cada horário.

3.6 Diagnóstico

Para fazer o diagnóstico das salas escolhidas foi realizado uma análise de forma comparativa entre as horas do dia, os mesmos horários entre a primeira e segunda medição e a diferença de somente luz natural para com o auxílio da luz artificial. Essa análise foi escolhida para entender o comportamento da iluminação nas salas e compreender a influências das características das salas nesses resultados.

A seguir um passo a passo dos procedimentos que foram realizados para o diagnóstico:

- Análise dos dados de forma comparativa entre as horas do dia, os mesmos horários entre a primeira e segunda medição e a diferença de somente luz natural para com o auxílio da luz artificial;
- Comparação dos valores médios obtidos em cada horário com os propostos pelas normas de desempenho e especificar em quais momentos a iluminação fica abaixo do mínimo recomendado.

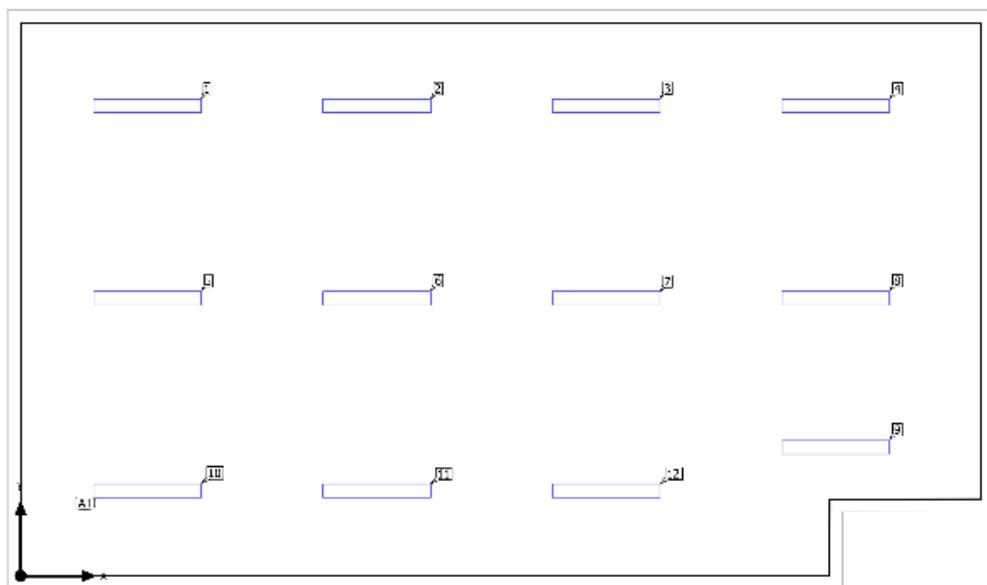
3.7 Projeto luminotécnico

Após o diagnóstico das salas em estudo, foi verificada a necessidade de um projeto luminotécnico de iluminação artificial, visto que no período da noite a iluminação não atendia ao exigido e seria possível utilizar desse novo projeto para complementar a iluminação no período diurno.

Para um novo projeto luminotécnico foi escolhido o software DIALux evo como já apresentado no capítulo 2, por ser um software de acesso gratuito, foi adotado por possuir diversos materiais didáticos para aprendizado de suas funcionalidades e integrar um extenso catálogo de luminárias, assim como fontes de luz de diversos fabricantes. Após realizada a familiarização com o software, foi modelado a estrutura do prédio A1 e antes de realizar a distribuição das luminárias no ambiente também foram analisados os pontos de maior carência de iluminância com a disposição atual, para buscar distribuir melhor a iluminação no novo projeto.

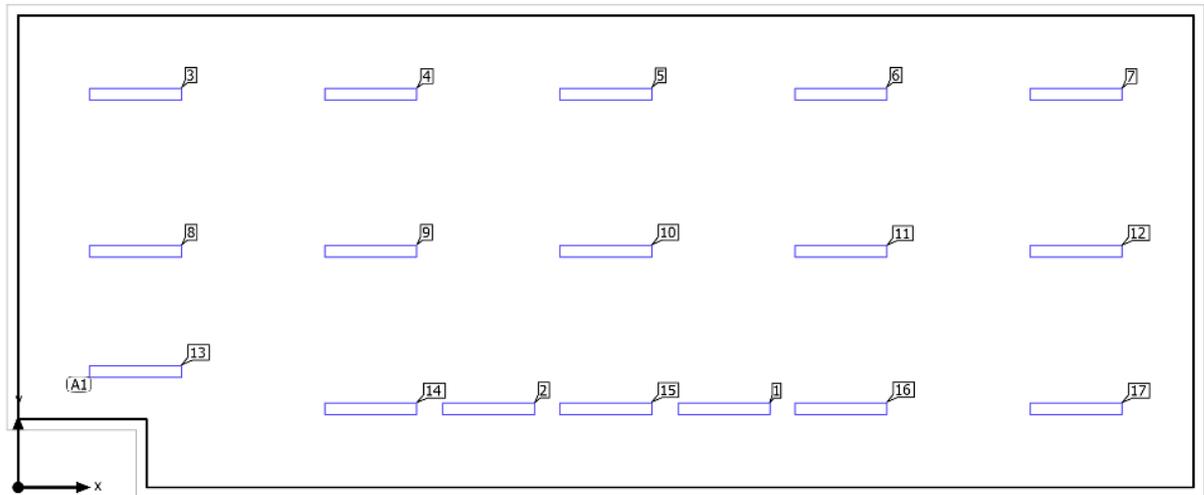
Para melhores resultados, buscou-se avaliar diferentes distribuições das luminárias, para que houvesse diferentes resultados para avaliar e definir a melhor opção com base nas curvas isolux apresentadas pelo software. Com isso, foram escolhidos os seguintes layouts dispostos na Figura 9 e Figura 10 para as salas 104 e o mesmo para as salas 205 e 305:

Figura 9– Proposta de layout das luminárias da sala 104



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 10– Proposta de layout das luminárias das salas 205 e 305



Fonte: Autoria própria (2024).

A escolha de mais luminárias próximas à parede na parte inferior da Figura 10 foi para garantir que os quadros obtivessem a iluminância e uniformidade mínima.

Após a determinação das luminárias, foi executada toda a configuração de características dos materiais, através dos dados fornecidos pela empresa no software, e determinação das áreas a serem analisadas com seus valores mínimos necessários de iluminância e uniformidade.

A seguir um passo a passo dos procedimentos que foram realizados para realizar o projeto luminotécnico:

- Escolha do software pelas necessidades do estudo através da comparação entre eles;
- Familiarização com o software através de materiais didáticos;
- Modelagem 3D do objeto de estudo dentro do software utilizado;
- Análise da carência de iluminação do ambiente no projeto atual pelos resultados encontrados in loco;
- Escolha das luminárias;
- Realização da distribuição das luminárias;
- Configuração das luminárias e superfícies de análise;
- Configuração dos valores mínimos necessários de iluminância e uniformidade para cada superfície de análise;
- Análise dos resultados para diferentes layouts.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das etapas de levantamento dos dados das salas, definição das malhas de pontos, tratamento dos dados e projeto luminotécnico.

4.1 Salas em estudo

O presente estudo foi realizado na Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete, situado no Leste da cidade, no prédio A1 do campus. Esse prédio possui sua fachada voltada para o Norte apresentando latitude e longitude de $29^{\circ}47'21.4''S$ $55^{\circ}46'06.2''W$. A face da edificação que tem suas janelas voltadas para o norte apresenta elementos arquitetônicos denominados de brises que impedem a entrada direta da iluminação natural, o que acarreta diminuição da iluminância desses ambientes. Na figura a seguir é possível visualizar a fachada norte na Figura 11, no qual possui os brises, e a Figura 12 ao qual apresenta a fachada sul e não possui esse elemento de controle.

Figura 11 – Fachada norte



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 12 – Fachada sul



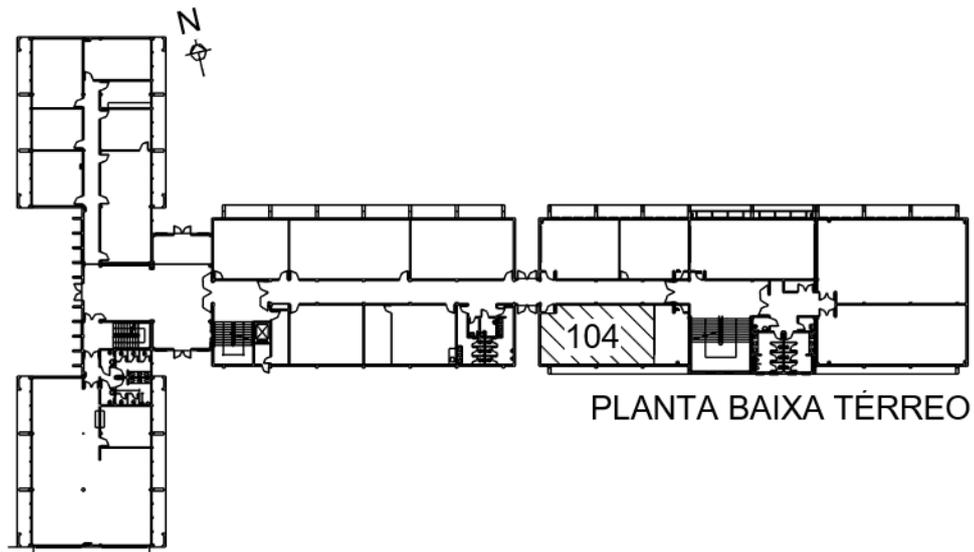
Fonte: Autoria própria (2024)

As salas escolhidas foram a 104, 205 e 305. Foram selecionadas por estarem localizadas em diferentes pavimentos e apresentarem distintos usos e sistemas de controle de luz, além da sala 104 possuir suas janelas voltadas para o sul, enquanto as demais salas possuírem janelas voltadas ao norte.

4.1.1 Sala 104

A sala 104 está localizada no primeiro andar do prédio A1, possuindo suas janelas na fachada sul do prédio mostrada na Figura 12. Essa sala está posicionada próxima centro do andar como mostra a Figura 13, sendo uma sala de estudos para os alunos.

Figura 13 – Posição da sala 104



Fonte: Adaptado de UNIPAMPA (2024)

Quanto a suas características, apresenta a cor das paredes em amarelo-claro, com esquadrias modelo basculante na cor bronze e vidros transparentes. As janelas podem ser ocultadas por persianas verticais de tecido que abrem completamente. Em relação à iluminação artificial, a sala apresenta circuitos diferentes com luminárias suspensas do tipo calha comercial e lâmpadas da marca OSRAM do tipo tubular de 32W. A Figura 14 a seguir mostra uma foto tirada da sala próximo à porta de entrada, mostrando suas características.

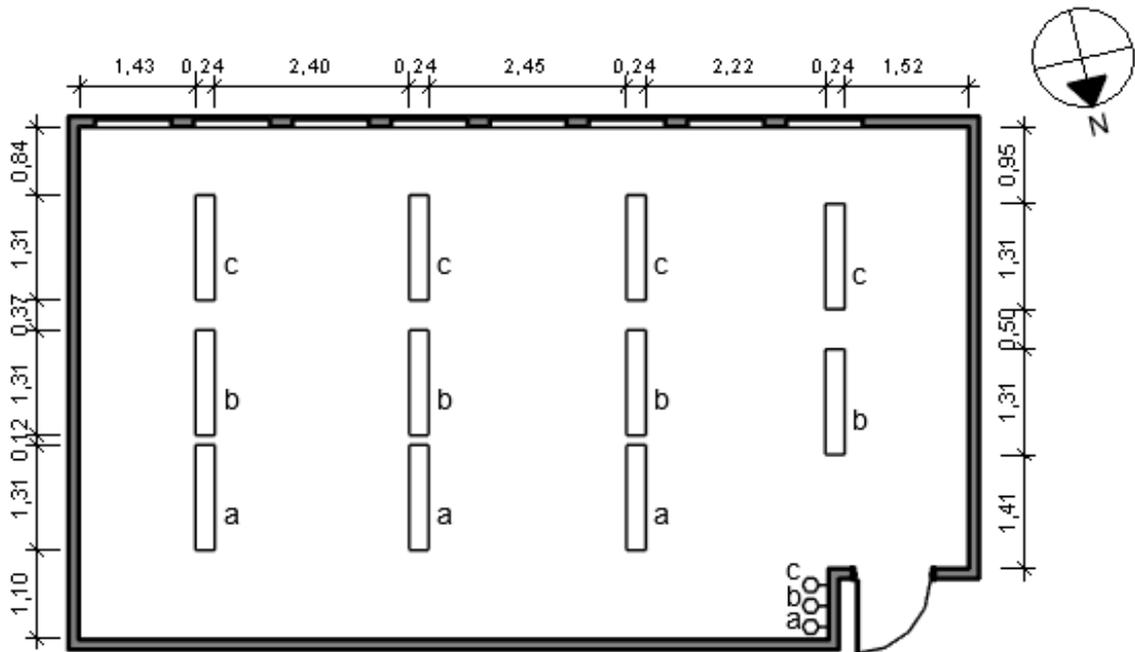
Figura 14 – imagem da sala 104



Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto ao sistema de iluminação artificial atual da sala de estudos, possui 11 luminárias, cada luminária contém 2 lâmpadas tubulares incandescentes, ao qual resulta em 22 lâmpadas e um total de 704W de potência instalada. Essas luminárias estão a 2,60 metros do piso, em circuitos diferentes de ativação na sala, como mostra a Figura 15 a seguir:

Figura 15 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 104

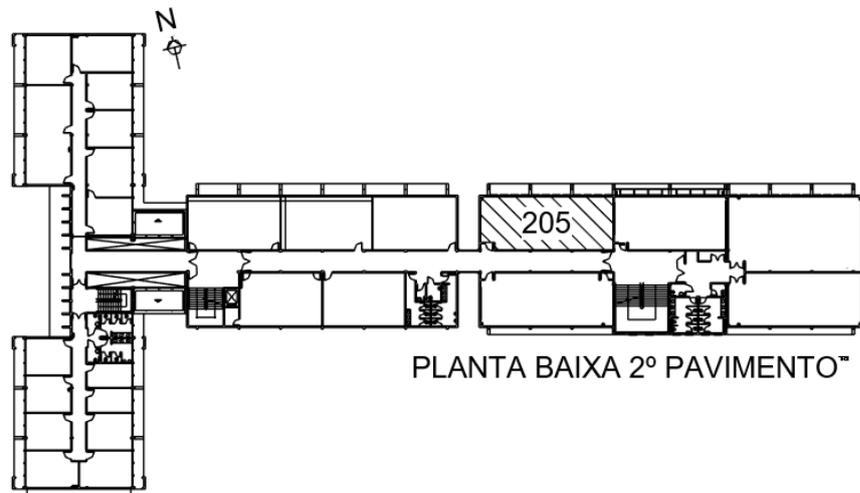


Fonte: Autoria própria (2024).

4.1.2 sala 205

A sala 205 está localizada no segundo andar, possuindo suas janelas na fachada norte do prédio mostrado na Figura 11. Essa sala está posicionada próxima ao centro do edifício como mostra a Figura 16, sendo uma sala de aula com atividades nos períodos diurno e noturno.

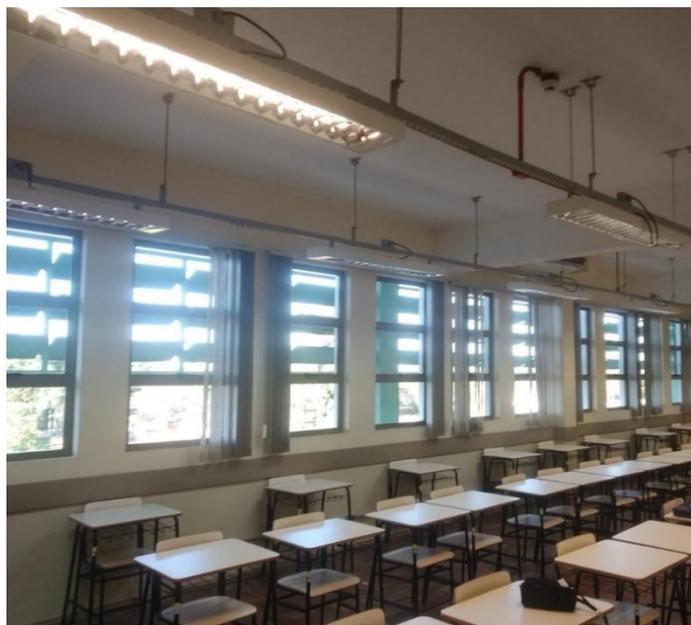
Figura 16 – Posição da sala 205



Fonte: Adaptado de UNIPAMPA (2024)

A sala 205 apresenta também a cor das paredes em amarelo-claro, com esquadrias modelo basculante na cor bronze e com vidros transparentes. As janelas podem ser ocultadas por persianas verticais de tecido que abrem completamente. Em relação à iluminação artificial, a sala apresenta circuitos diferentes com luminárias suspensas do tipo calha comercial e lâmpadas da marca OSRAM do tipo tubular de 32W. A Figura 17 a seguir mostra uma foto tirada da sala próximo à porta de entrada, mostrando suas características.

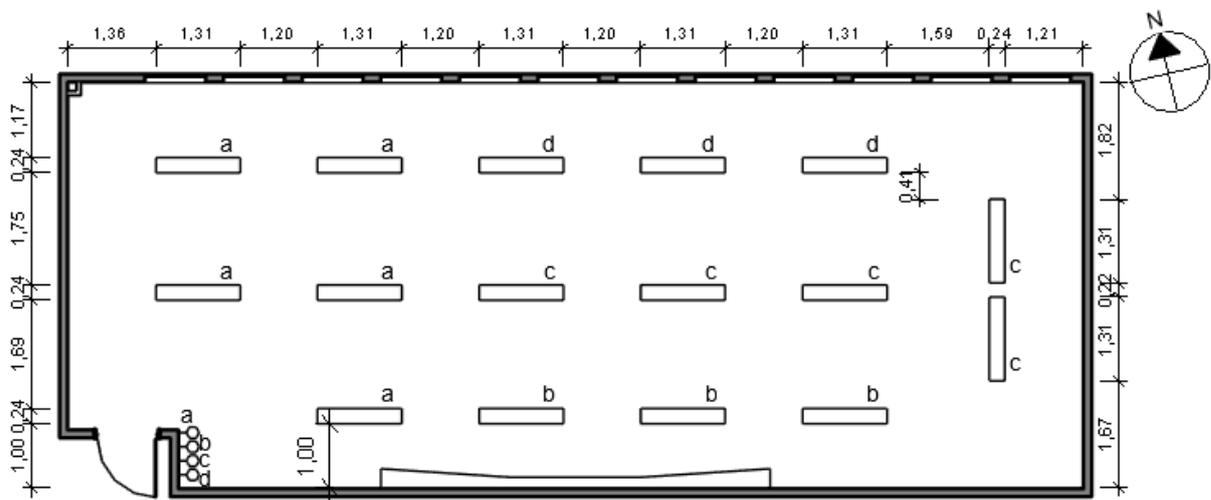
Figura 17 – imagem da sala 205



Fonte: Autoria própria (2023)

Como mostra a imagem anterior, as janelas apresentam brises aos quais diminuem a entrada direta de luz natural. Quanto ao sistema de iluminação artificial atual da sala de estudos, possui 16 luminárias, cada luminária contém 2 lâmpadas tubulares incandescentes, ao qual resulta em 32 lâmpadas e um total de 1.024W de potência instalada. Essas luminárias estão a 2,60 metros do piso, em circuitos diferentes de ativação na sala como mostra a Figura 18 a seguir:

Figura 18 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 205

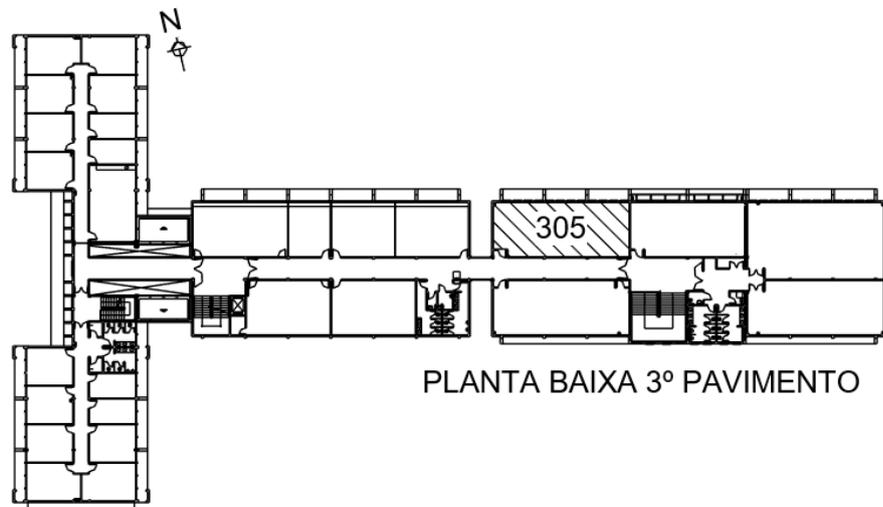


Fonte: Autoria própria (2024).

4.1.3 sala 305

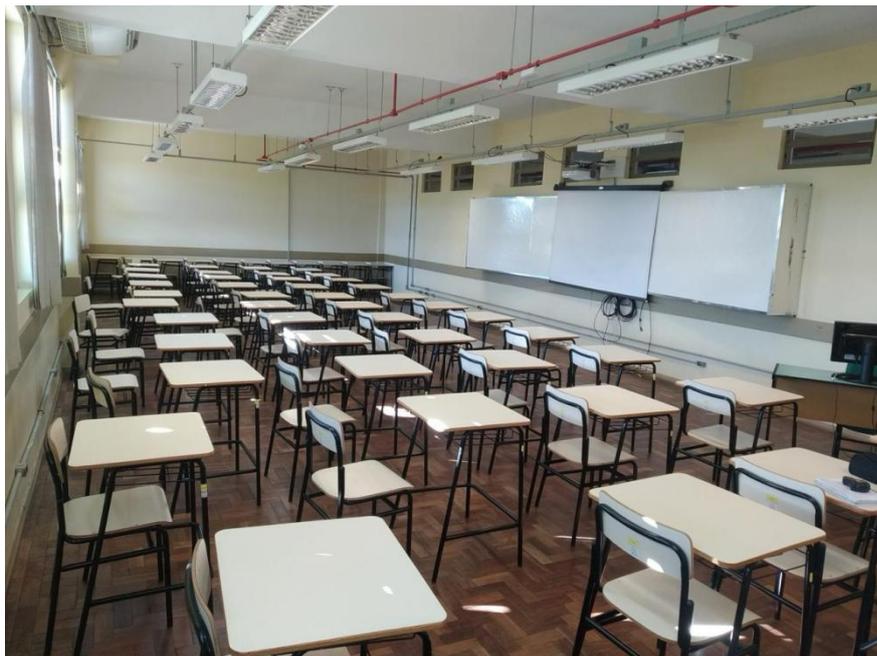
A sala 305 apresenta as mesmas características e dimensões da sala 205, apresentando apenas um layout de iluminação artificial e circuitos diferentes. A seguir, na Figura 19 e Figura 20, é possível identificar sua localização no terceiro andar do edifício e também uma imagem da parte interna da sala:

Figura 19 – Posição da sala 305



Fonte: Adaptado de UNIPAMPA (2024)

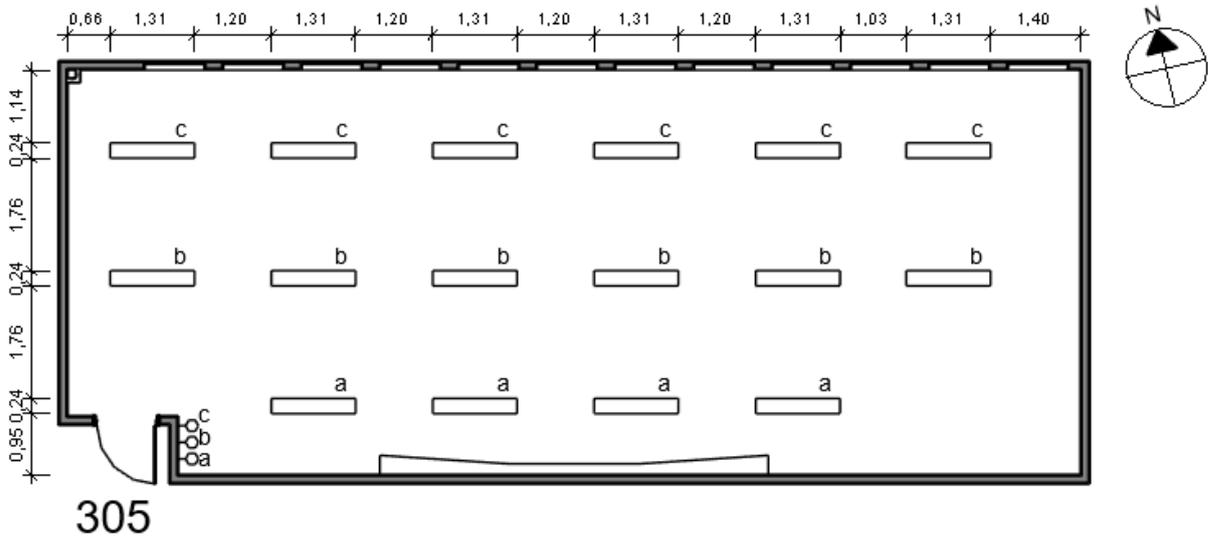
Figura 20 – imagem da sala 305.



Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto ao sistema de iluminação artificial atual da sala estudada, possui 16 luminárias, cada luminária contém 2 lâmpadas tubulares incandescentes, ao qual resulta em 32 lâmpadas e um total de 1.024W de potência instalada. Essas luminárias estão a 2,60 metros do piso em circuitos diferentes de ativação dentro de cada sala como mostra a Figura 21 a seguir:

Figura 21 – Posições e circuitos do sistema lumínico da sala 305

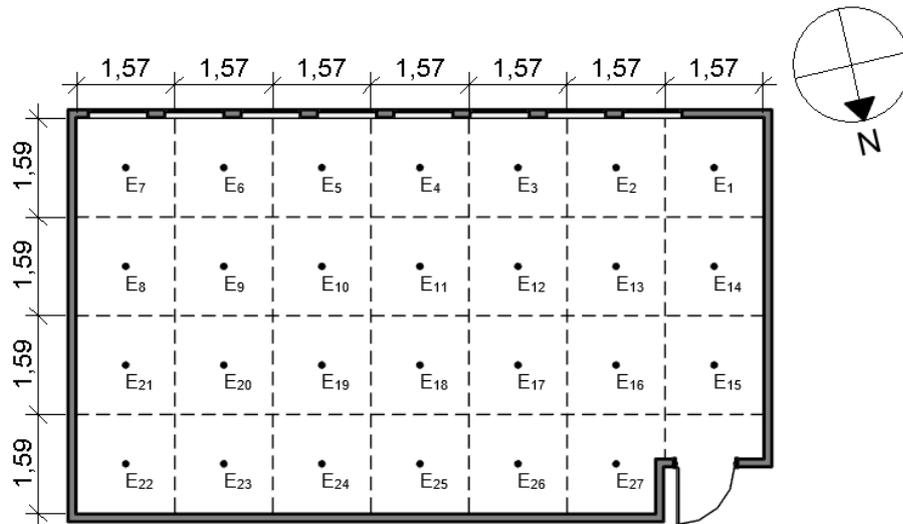


Fonte: Autoria própria (2024).

4.2 Malhas de pontos das salas

A sala 104 apresentou as medidas de largura e comprimento do ambiente de 10,97m e 6,36m respectivamente e altura do plano de trabalho até a parte superior da janela encontrada foi de 2,08m, o que resultou em um índice de local de 1,94 que segundo a tabela 2 recomenda-se no mínimo 16 pontos que devem ser medidos segundo essas medidas. Para garantir a recomendação da norma de a malha estar o mais próximo de um retângulo de lados iguais e os pontos afastados no mínimo a 50cm das paredes, foram necessários 27 pontos, o que favorece uma avaliação mais precisa do ambiente, como pode ser visto na Figura 22 apresentada a seguir:

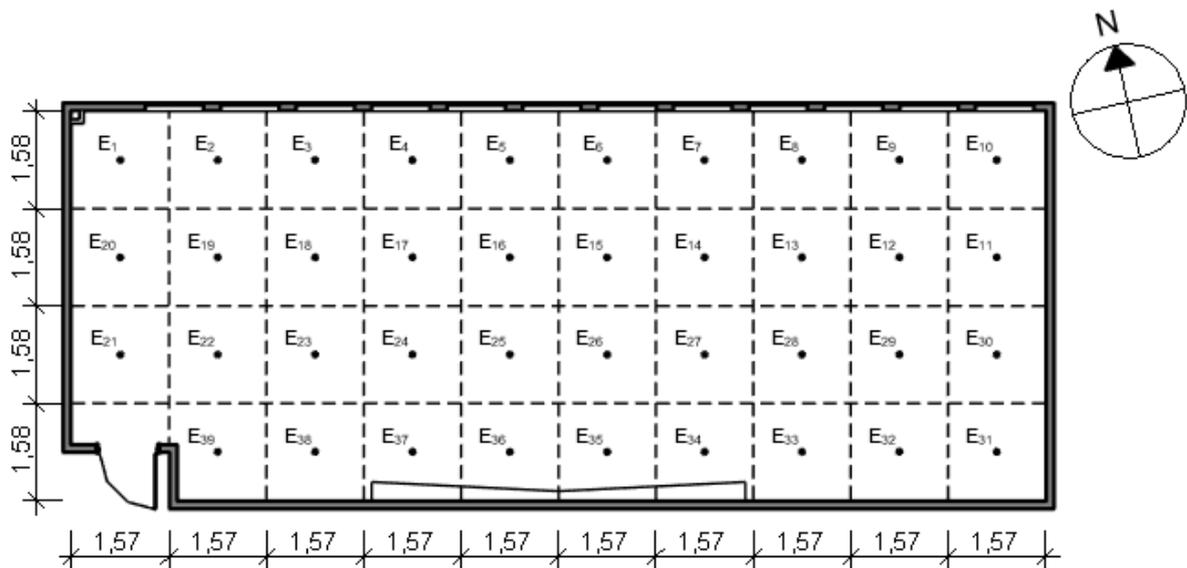
Figura 22 - Malha de pontos para medições da sala 104



Fonte: Autoria própria (2023).

Para as salas de aula 205 e 305 que apresentam maiores dimensões, tendo 15,74m de largura, 6,33m de comprimento e altura Hm de 2,03m. Isso resultou em um número mínimo de 25 pontos e considerando as mesmas recomendações, foi optado por haver 39 pontos e pode ser visto na Figura 23:

Figura 23 - Malha de pontos para medições das salas 205 e 305

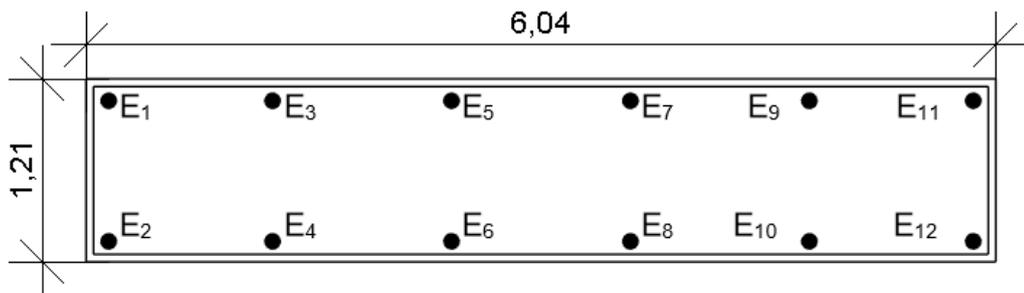


Fonte: Autoria própria (2023).

Para a malha de pontos dos quadros das salas 205 e 305, utilizados para fins didáticos, foi confeccionada uma malha com pontos em suas extremidades por

apresentar dimensões pequenas em comparação com a sala, similar ao utilizado na avaliação do desempenho lumínico de Krum (2011). Com isso resultou em uma malha com 12 pontos como mostra a Figura 24

Figura 24 - Malha de pontos para medições dos quadros das salas 205 e 305



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Tratamento e diagnóstico dos dados

A norma NBR 8.995 ABNT (2013) recomenda apenas uma avaliação da iluminância média dos ambientes, porém para melhor compreensão da distribuição da iluminação foi utilizado curvas isolux, com o objetivo de analisar rápido, visualmente e de maneira comparativa os dados. Logo para a análise visual foi criada uma faixa de cores, onde o vermelho representa áreas onde a iluminância está abaixo do mínimo recomendado, o amarelo áreas onde possuem o mínimo recomendado e em verde áreas que possuem mais que o mínimo recomendado, como é mostrado na Figura 25 a seguir:

Figura 25 – Faixa de cores para a avaliação visual da iluminação dos ambientes através das curvas isolux



Fonte: Autoria própria (2024).

As curvas isolux com os resultados das medições de iluminância com base na malha de ponto para diferentes dias e horários podem ser vistas a seguir, com a iluminância mantida (E_m), que é a média de todos os pontos aferidos no ambiente. A iluminância mantida, para o caso da sala 104 conforme a NBR 8.995 ABNT (2013), deve ser de 500 lux, sendo classificada como sala de leitura. Já para as salas de aula no período do dia, conforme a norma, podem possuir 300 lux, e no período da noite essa iluminância deve ser de no mínimo 500 lux.

Todos os resultados obtidos que serão vistos foram em condições de céu com poucas nuvens, apresentando boa iluminação natural.

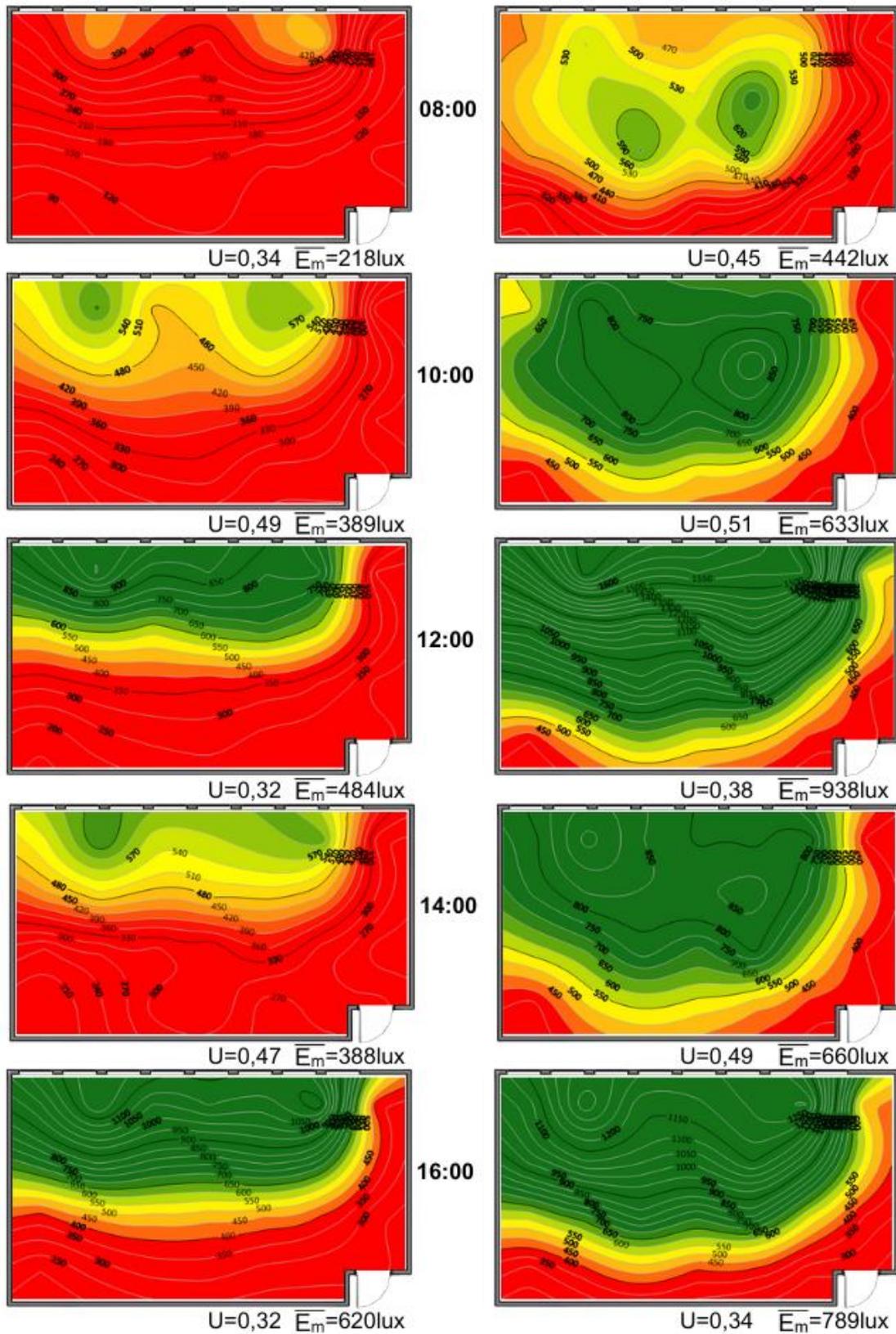
4.3.1 Primeira avaliação

A primeira avaliação foi realizada nos dias 16 na sala 104, dia 17 na 305 e dia 19 na 205 no mês de agosto de 2023. A seguir será apresentado os resultados das respectivas salas de aula.

4.3.1.1 Sala 104

Foi realizada a primeira avaliação da sala 104, tanto para verificar a iluminância somente com a utilização da luz natural, quanto também com o auxílio da luz artificial do ambiente. É possível observar nos resultados na Figura 26 onde as imagens a esquerda os resultados somente da luz natural e a direita com o auxílio da luz artificial:

Figura 26 – Curvas isolux da sala 104, a esquerda (A) as medições apenas de luz natural e na direita (B) com contribuição da luz artificial.

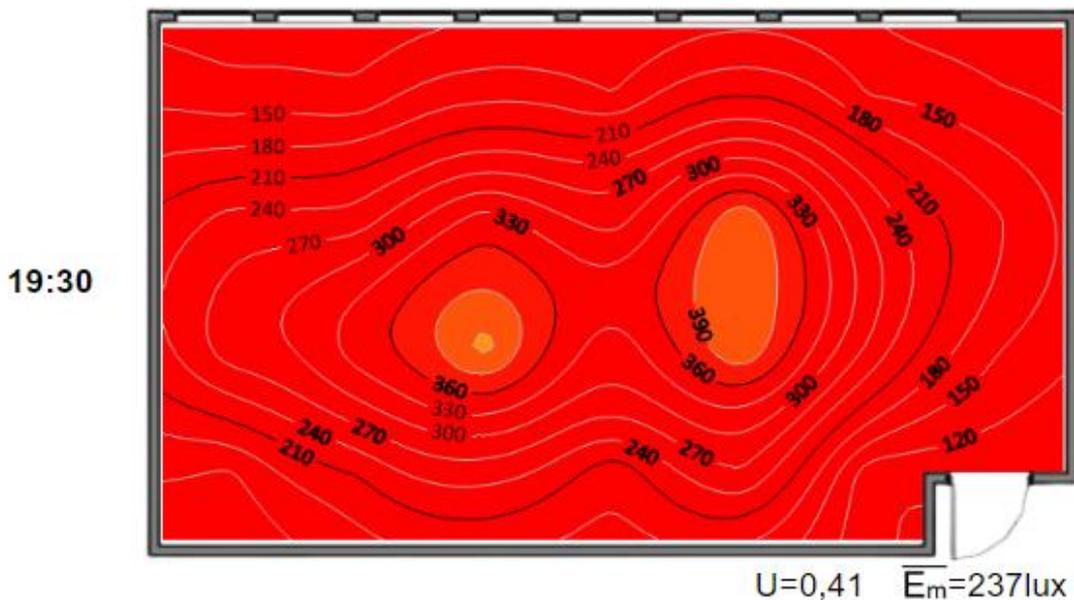


Fonte: Autoria própria (2024).

Entretanto, nota-se que, através das curvas isolux que quanto mais próximo às janelas a iluminância apresenta os melhores resultados. Verifica-se que na medida em que se afasta vai perdendo seu desempenho, tornando próximo à parede oposta quase sempre abaixo do mínimo exigido em ambos os casos. A sala na condição somente com luz natural não apresenta um bom desenho lumínico tanto na questão da iluminância quanto em uniformidade da luz. Os valores de iluminância só são alcançados com o auxílio completo da luz artificial no ambiente, após as 10 horas da manhã, isso não garante uma boa uniformidade dessa luz no ambiente, ao qual a norma recomenda como mínima.

Quanto a iluminação no período noturno, como mostra a Figura 27 a seguir, a sala 104 fica muito abaixo dos 500lux recomendados pela norma NBR 8.995 ABNT (2013) e de sua uniformidade de 0,6.

Figura 27 – Curva isolux da sala 104, somente com a luz artificial no período noturno.



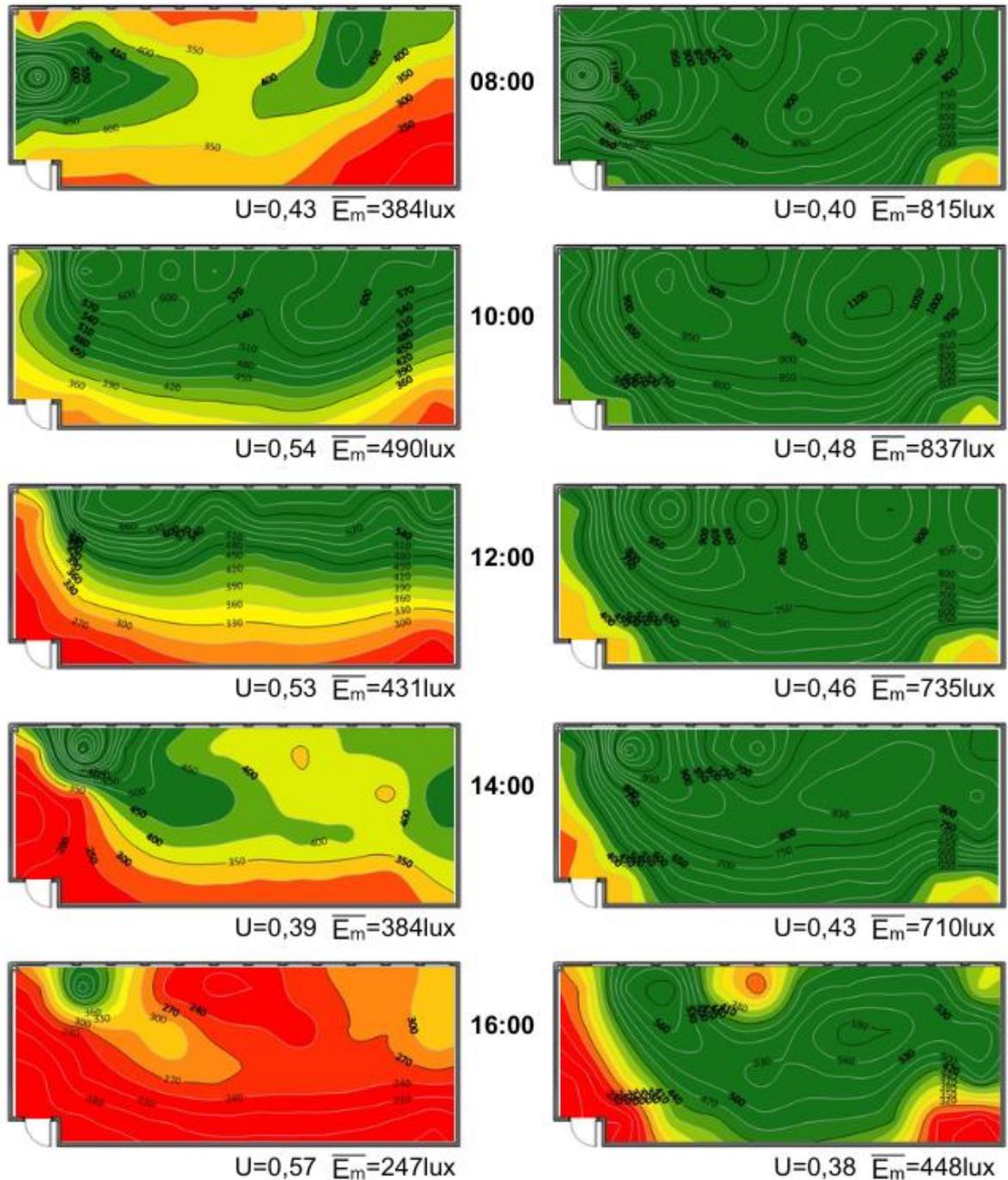
Fonte: Autoria própria (2024).

Na imagem fica claro que nenhum ponto da sala atende ao mínimo de iluminância necessária.

4.3.1.2 Sala 205

Foi realizada a mesma avaliação de luz natural e complemento com luz artificial para sala 205, como mostra a Figura 28 a seguir:

Figura 28 – Curvas isolux da sala 205, a esquerda (A) as medições apenas de luz natural e na direita (B) com contribuição da luz artificial.

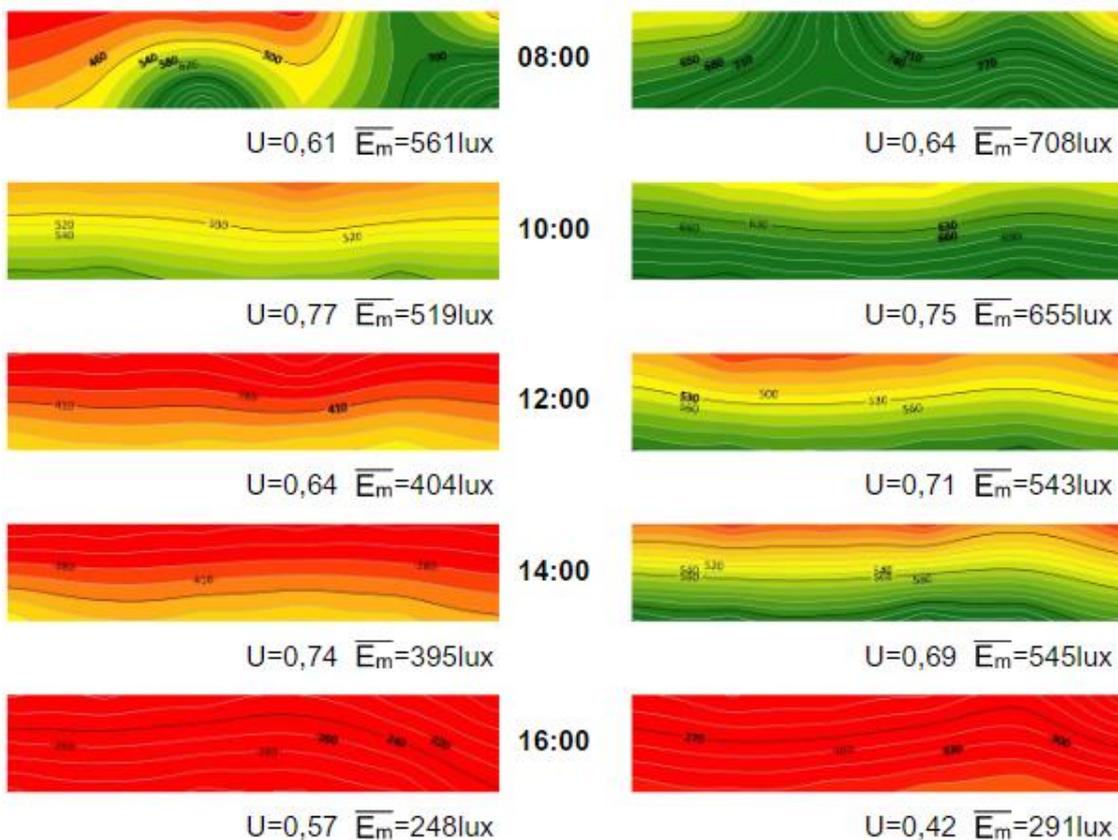


Fonte: Autoria própria (2024).

Por necessitar durante o dia de apenas 300lux como recomenda a NBR 8.995 ABNT (2013), a sala 205 apresenta até as 14:00 uma iluminância mantida maior que a recomendada somente com a utilização da luz artificial, apresentando carências à medida que se aproxima a parede oposta as janelas próximas ao quadro. Quando se utiliza do auxílio da iluminação artificial esse problema desaparece quase que por completo. Em nenhum dos momentos a uniformidade atinge um bom desempenho no ambiente.

Já os quadros apresentam uma boa uniformidade e iluminância até as 14:00 com o auxílio da iluminação artificial, mas diminui seu desempenho com o passar do dia, como mostra a Figura 29 a seguir:

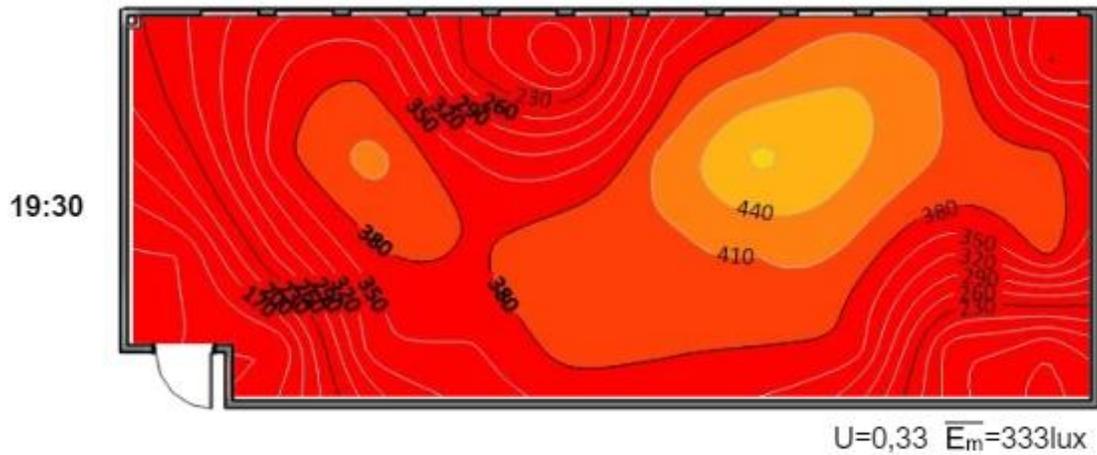
Figura 29 – Curvas isolux do quadro da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

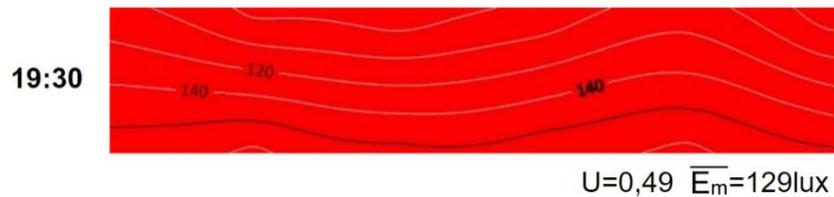
O desempenho lumínico durante o período noturno fica muito abaixo do recomendado em quase toda a sua totalidade, tanto no ambiente quanto no quadro, como mostra a Figura 30 e Figura 31 a seguir:

Figura 30 – Curvas isolux da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 31– Curvas isolux do quadro da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.

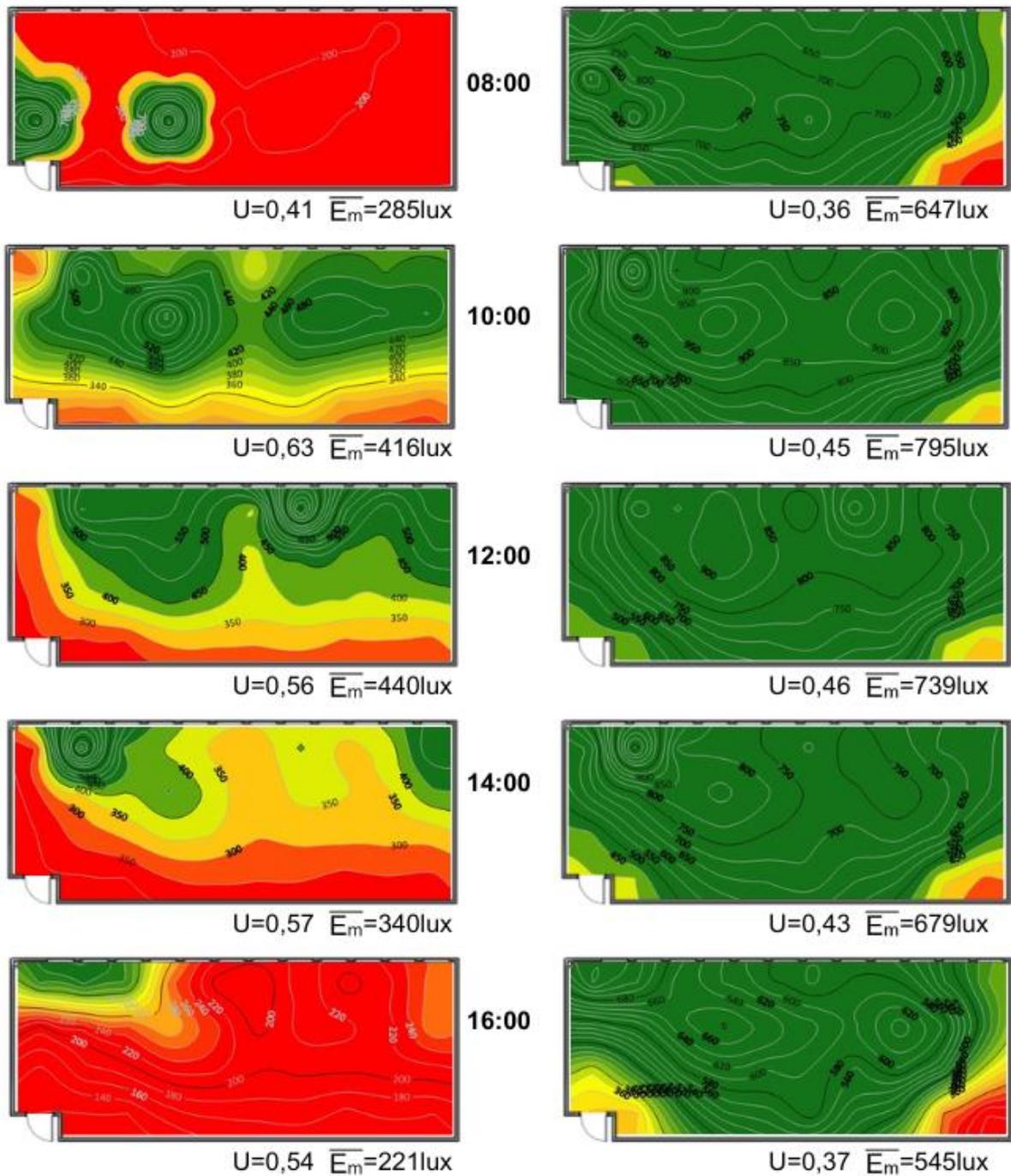


Fonte: Autoria própria (2024).

4.3.1.3 Sala 305

Também foi realizada a mesma avaliação de luz natural e complemento com luz artificial para sala 205, como mostra a Figura 32 a seguir:

Figura 32– Curvas isolux da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.

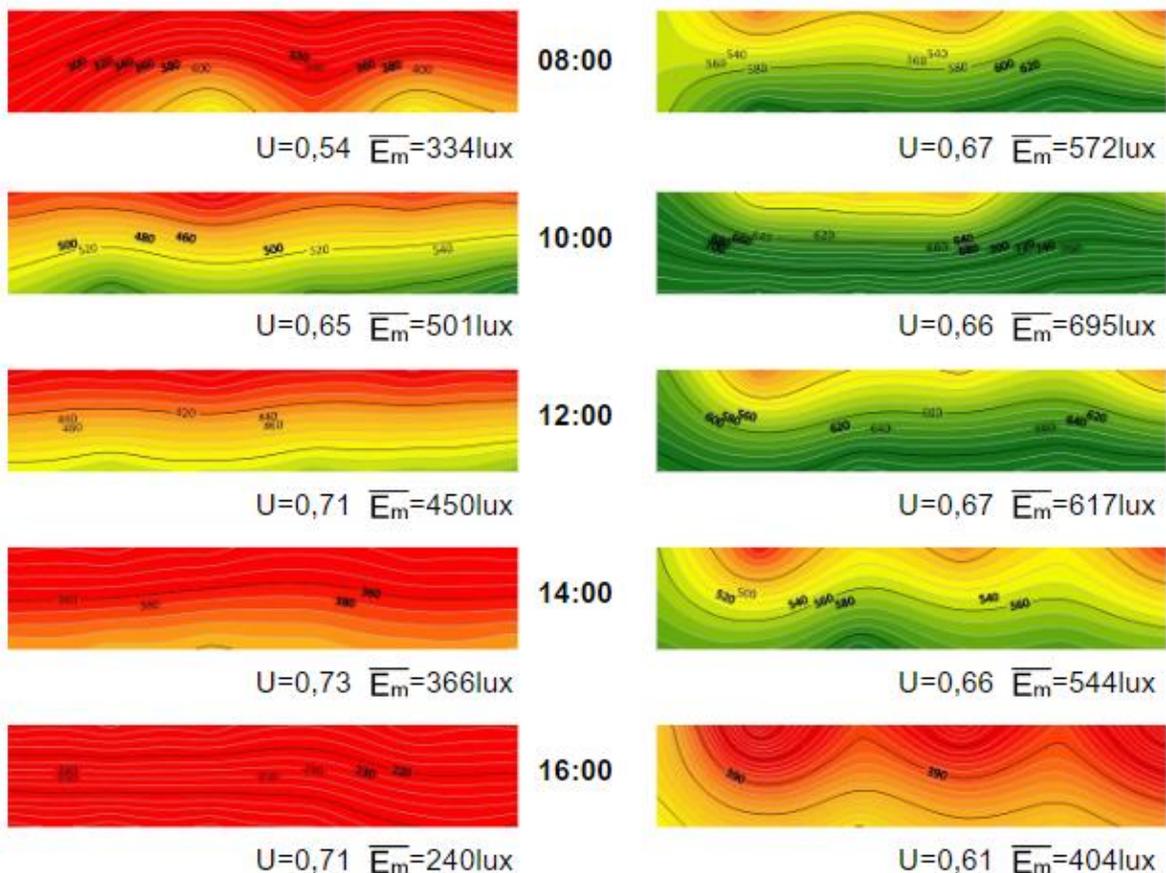


Fonte: Autoria própria (2024).

Os resultados assemelham se muito aos da sala 205, em que com o auxílio da iluminação artificial a sala apresenta uma boa iluminância no período diurno, porém não atinge níveis ideais de uniformidade em nenhum momento. É possível observar nas curvas das 08:00 da manhã somente de luz natural, que há dois picos de iluminância à esquerda da sala, isso se deve a fachos de luz natural direta que situaram se bem nos pontos de medida.

Os quadros, mais uma vez, apresentam boa uniformidade, porém só atingem os valores mínimos com o auxílio da luz artificial até as 14:00 ou as 10:00 da manhã com somente luz natural, como é possível observar na Figura 33 a seguir:

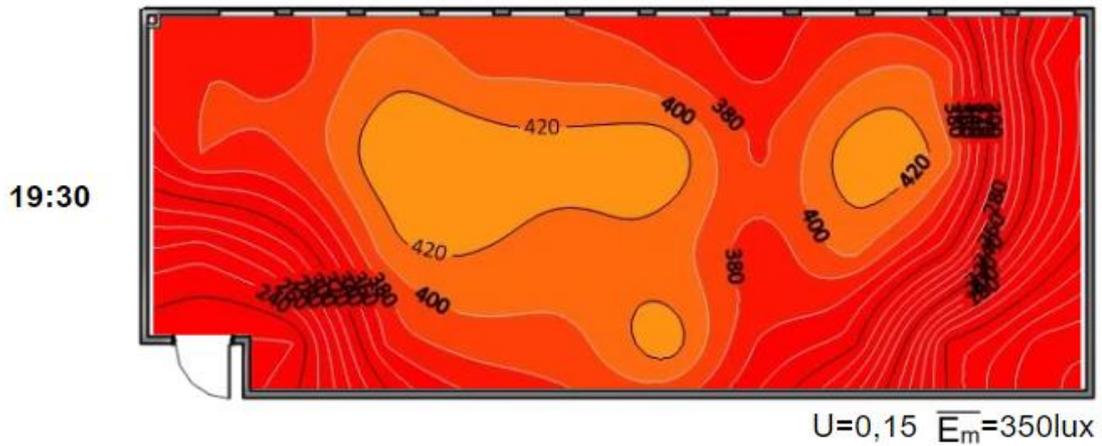
Figura 33– Curvas isolux do quadro da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para o período noturno mais uma vez o desempenho lumínico fica abaixo do mínimo para todos os pontos da sala e do quadro como mostra a Figura 34 e Figura 35 a seguir:

Figura 34– Curvas isolux da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 35– Curvas isolux do quadro da sala 305, somente com a luz artificial no período noturno.



Fonte: Autoria própria (2024).

4.3.2 Segunda avaliação

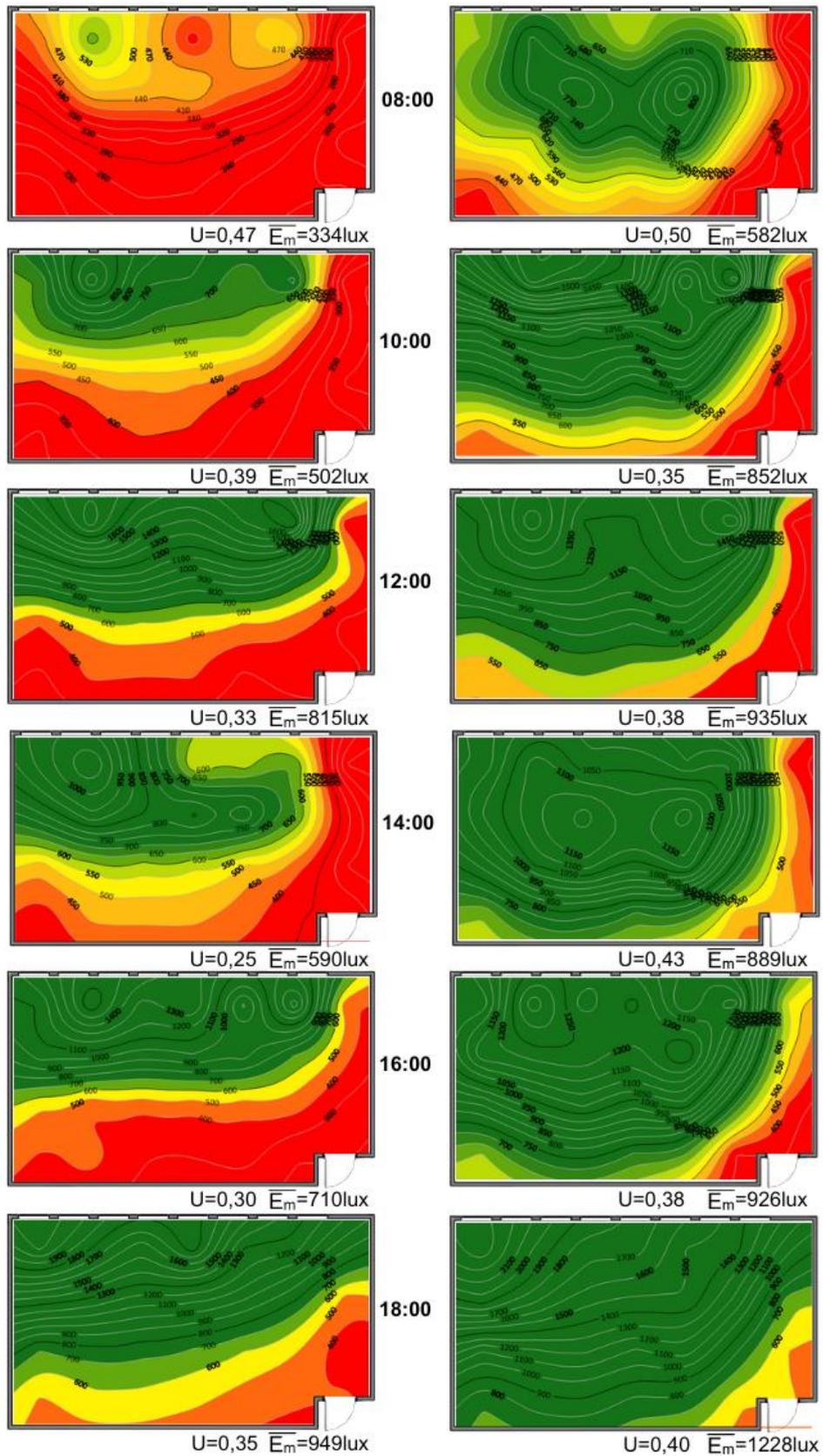
A segunda avaliação foi feita nos dias 23 na sala 104, dia 24 na 205 e dia 25 na 305 no mês de janeiro de 2024. Essas medidas geraram os seguintes resultados:

4.3.2.1 Sala 104

Foi realizada a segunda avaliação da sala 104 no mês de janeiro, sendo possível observar os resultados nas figuras a seguir dessas avaliações. Nas avaliações, é possível perceber valores superiores ao da primeira avaliação, atendendo a iluminância mantida por boa parte do dia, tanto para somente luz natural, como com auxílio da luz artificial. Mesmo com isso é possível notar pelas curvas isolux que partes da sala ficam bem abaixo do mínimo recomendado, causando uma falta de uniformidade em todos os momentos.

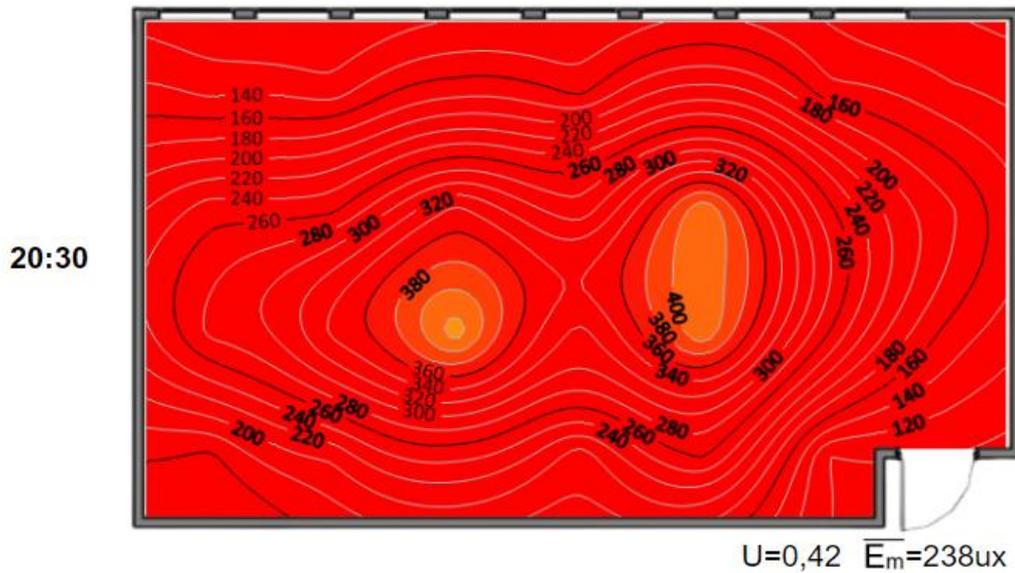
Já para o período noturno, as curvas isolux apresentam grande similaridade com as curvas vistas para essa mesma situação na primeira avaliação, apresentando resultados abaixo do recomendado em todos os pontos, como é possível observar na Figura 36 e Figura 37.

Figura 36– Curvas isolux da sala 104, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 37– Curvas isolux da sala 104, somente com a luz artificial no período noturno.

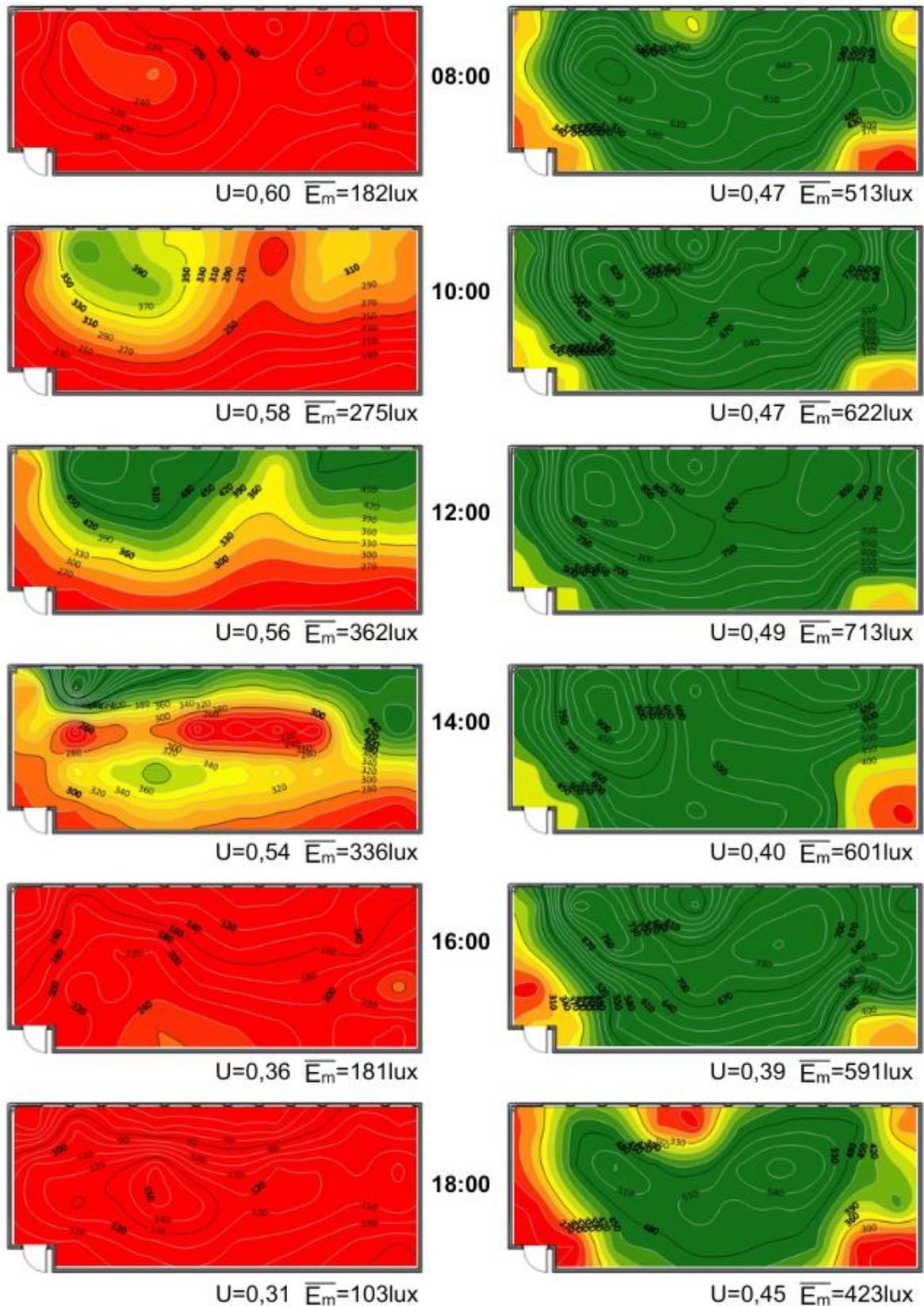


Fonte: Autoria própria (2024).

4.3.2.2 Sala 205

A sala 205 em sua segunda avaliação apresentou resultados inferiores aos da primeira avaliação em quase todos os momentos, comportamento esse que se repetira para a sala 305. Mesmo estando abaixo dos valores recomendados de iluminância e uniformidade, com o auxílio da iluminação artificial é possível atender aos valores mínimos de iluminância mantida na maior parte da sala, mas não respeitando a uniformidade. Na Figura 38 a seguir é possível visualizar essas situações descritas:

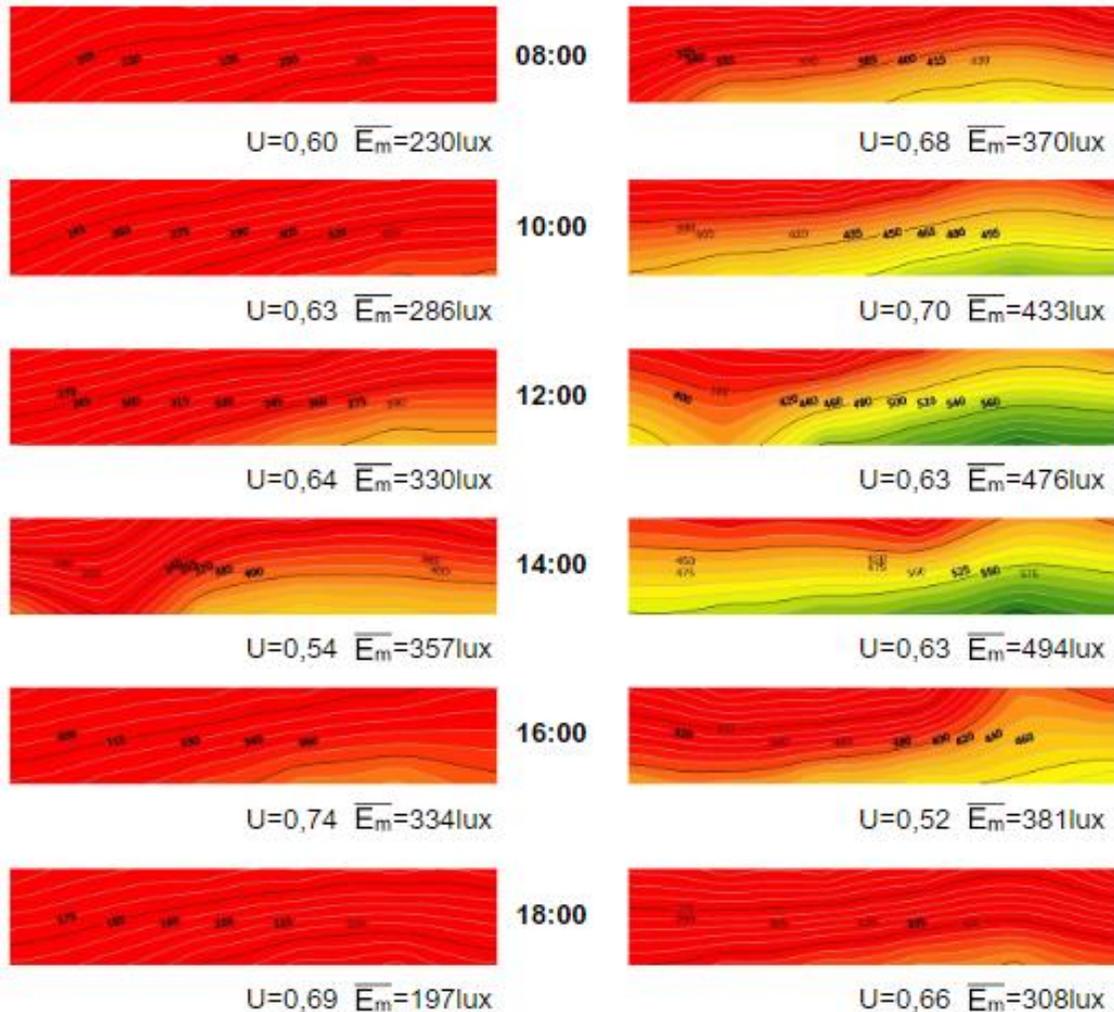
Figura 38– Curvas isolux da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para essa segunda avaliação da sala, os quadros em nenhum momento apresentaram um bom desempenho de iluminância mantida, possuindo apenas uma boa uniformidade na maior parte dos momentos. A Figura 39 a seguir traz as imagens descritas:

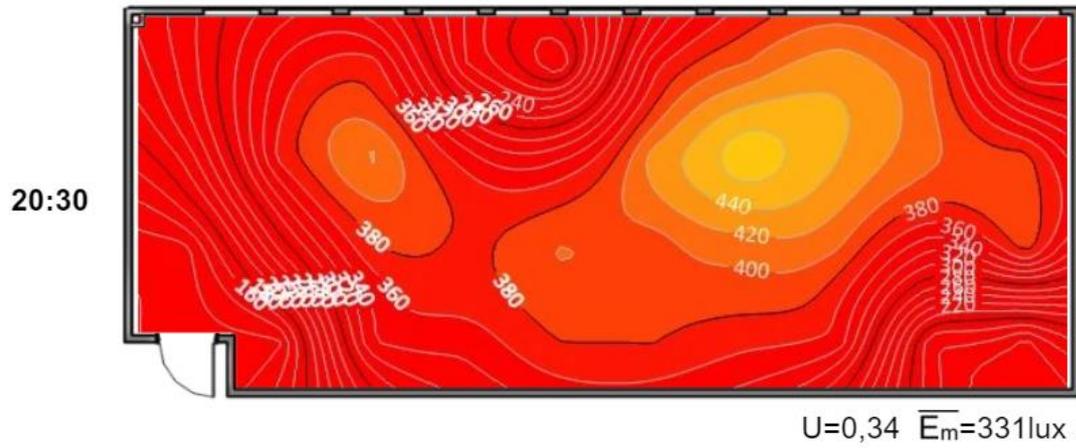
Figura 39– Curvas isolux do quadro da sala 205, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

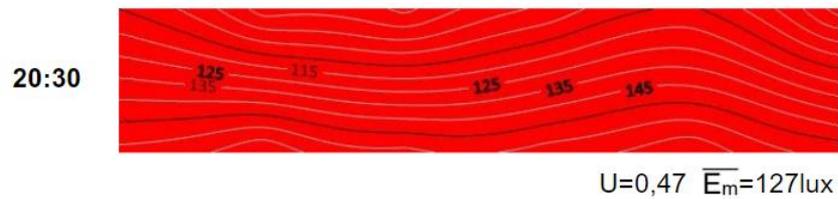
No período noturno, como esperado, já que não houve alteração da iluminação, o desempenho tanto da sala como do quadro ficou sempre abaixo do mínimo recomendado, com curvas muito similares ao encontrado na primeira avaliação. A Figura 40 e Figura 41 a seguir trazem esses resultados do período noturno:

Figura 40– Curvas isolux da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 41– Curvas isolux do quadro da sala 205, somente com a luz artificial no período noturno.



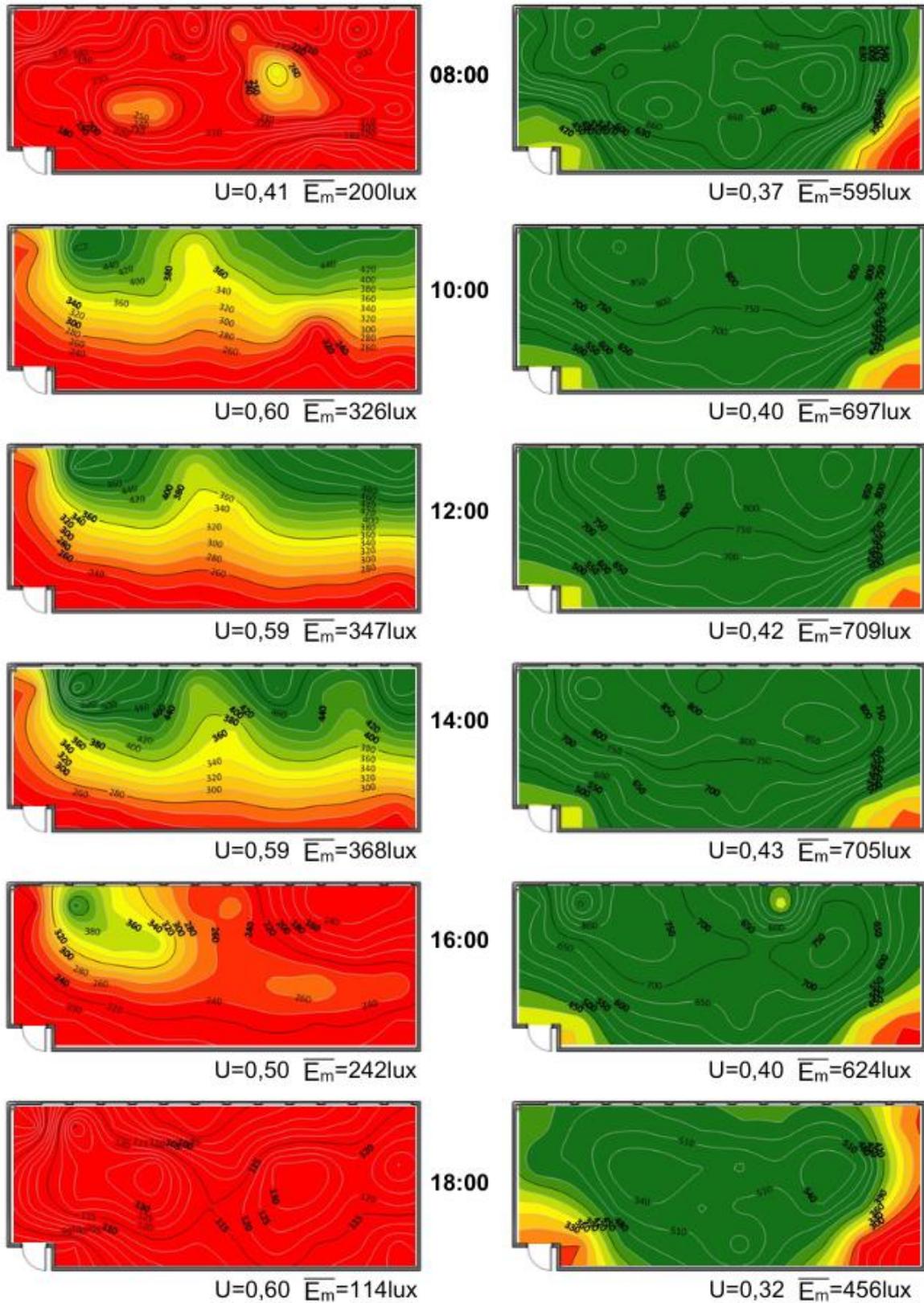
Fonte: Autoria própria (2024).

4.3.2.3 Sala 305

A sala 305, assim como a sala 205, em sua segunda avaliação apresentou resultados inferiores aos da primeira avaliação em quase todos os momentos. Mesmo estando abaixo dos valores recomendados de iluminância e uniformidade, com o auxílio da iluminação artificial é possível atender aos valores mínimos de iluminância mantida na maior parte da sala, mas não respeitando a uniformidade. Já os quadros da sala apresentam valores próximos ao mínimo com o auxílio da luz artificial até as 16:00, mantendo em todos os casos uma uniformidade acima do recomendado.

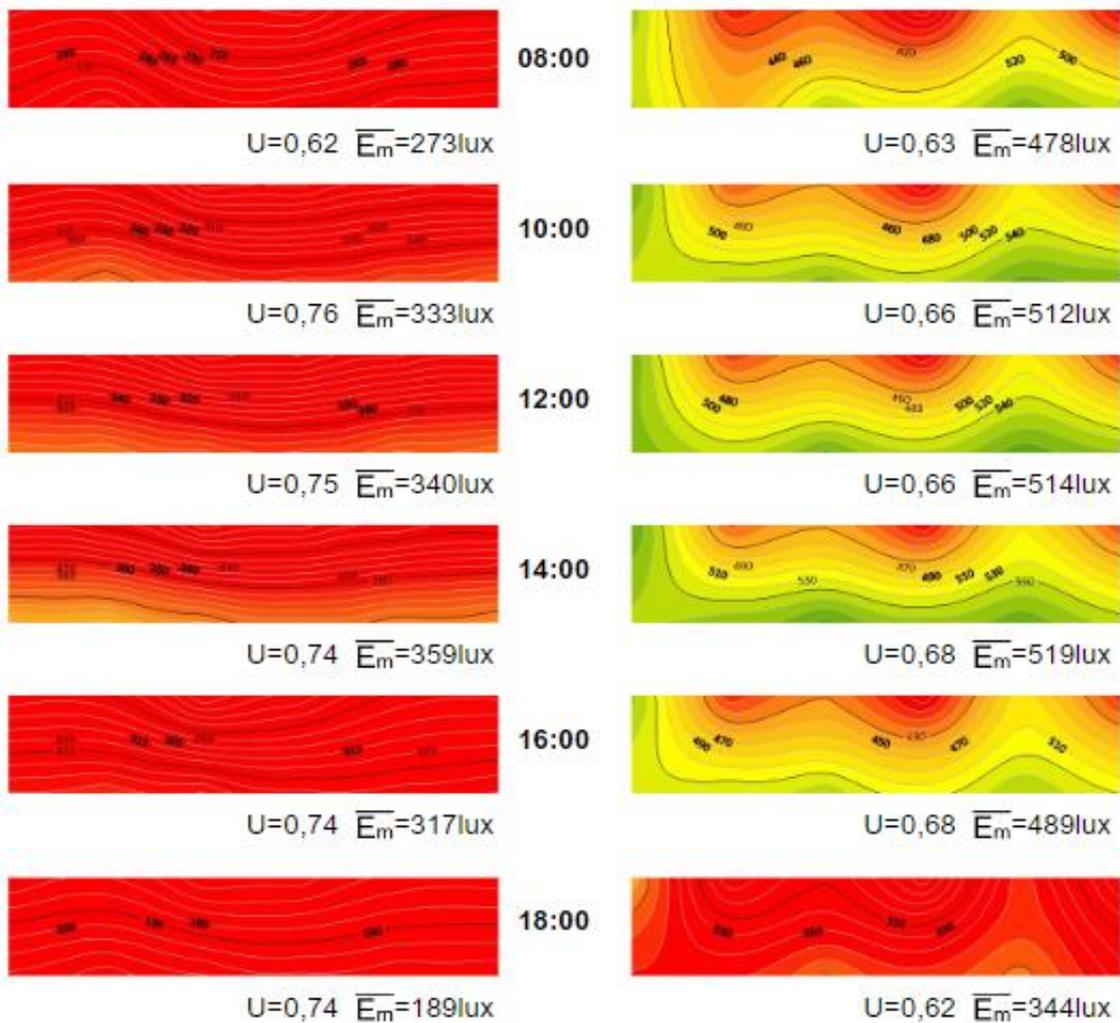
A Figura 42 e Figura 43 a seguir apresentam os resultados analisados anteriormente da segunda avaliação da sala:

Figura 42– Curvas isolux da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 43– Curvas isolux do quadro da sala 305, a esquerda as medições apenas de luz natural e na direita com contribuição da luz artificial.



Fonte: Autoria própria (2024).

Mais uma vez, a sala 305 não apresentou bons resultados no período noturno, estando sempre abaixo do recomendado, tanto para o ambiente, como também para a superfície vertical do quadro, como mostra a Figura 44 e Figura 45 a seguir:

luz natural, comprometendo o conforto lumínico, especialmente durante os meses de verão.

No que diz respeito à iluminação artificial, a inadequação em suprir as demandas diurnas e proporcionar uma iluminação adequada durante a noite pode ser atribuída à ausência de um projeto luminotécnico adequado. Além disso, a falta de consideração do fator de manutenção pode ter levado à perda progressiva de eficiência luminosa das lâmpadas ao longo do tempo, impactando negativamente a qualidade da iluminação.

Tendo em vista que em nenhum caso houve o mínimo exigido de iluminância no ambiente para o período noturno de uso, e que durante o período diurno as partes mais afastadas das janelas sofriam com uma baixa iluminância, fez-se necessário a proposta de um projeto luminotécnico de luz artificial para suprir as necessidades dos ambientes para os períodos diurno e noturno.

4.4 Projetos luminotécnicos

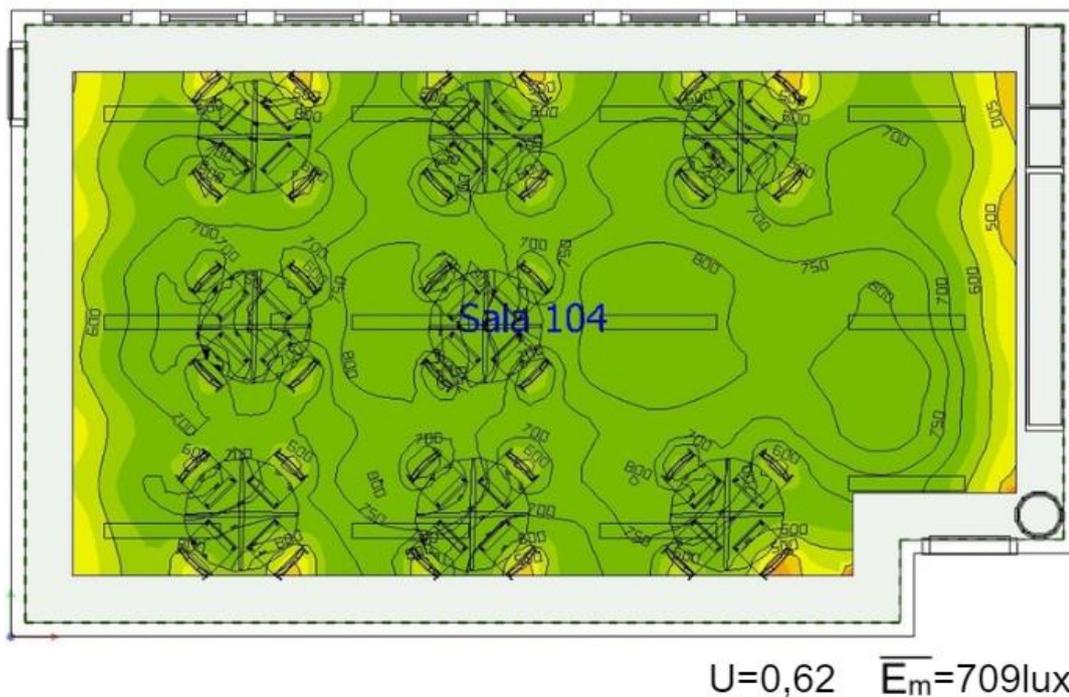
Após feito o tratamento dos dados e com isso a verificação das carências de iluminações nos ambientes, foi feita a modelagem das salas dentro do software DIALux evo para a criação de um projeto visando atender as normas técnicas e garantir o conforto lumínico para os usuários. Para o começo do projeto luminotécnico em si, foi feita a escolha das luminárias da empresa Lumicenter, modelo CAN16-S, por apresentar um excelente fluxo luminoso de 5,400 lm, com a utilização de 2 lâmpadas tubulares LED de 20W cada e um rendimento de 85%.

Em seguida foram feitas as configurações da luminária e lâmpada utilizada no software com os dados fornecidos pelo fabricante Lumicenter, criados os planos de análise de iluminância e uniformidade. Com isso foram testadas diversas configurações de layouts para a análise de atendimento dos 500 lux de iluminância e uniformidade mínima de 0,6 como exige a norma NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013). O resultado dos layouts escolhidos podem ser observados a seguir, onde apresentam os melhores valores encontrados, considerando os momentos de início e fim de vida útil das lâmpadas, através do fator de manutenção.

4.4.1 Sala 104

Na sala 104 foram utilizadas 12 Luminárias, com 2 lâmpadas cada, resultando em 24 lâmpadas no total. Por serem lâmpadas do tipo LED de 20W cada, a potência total instalada foi de 480W. A Figura 46 a seguir, mostram os resultados sem fator de manutenção, sendo a iluminância no início de sua vida útil:

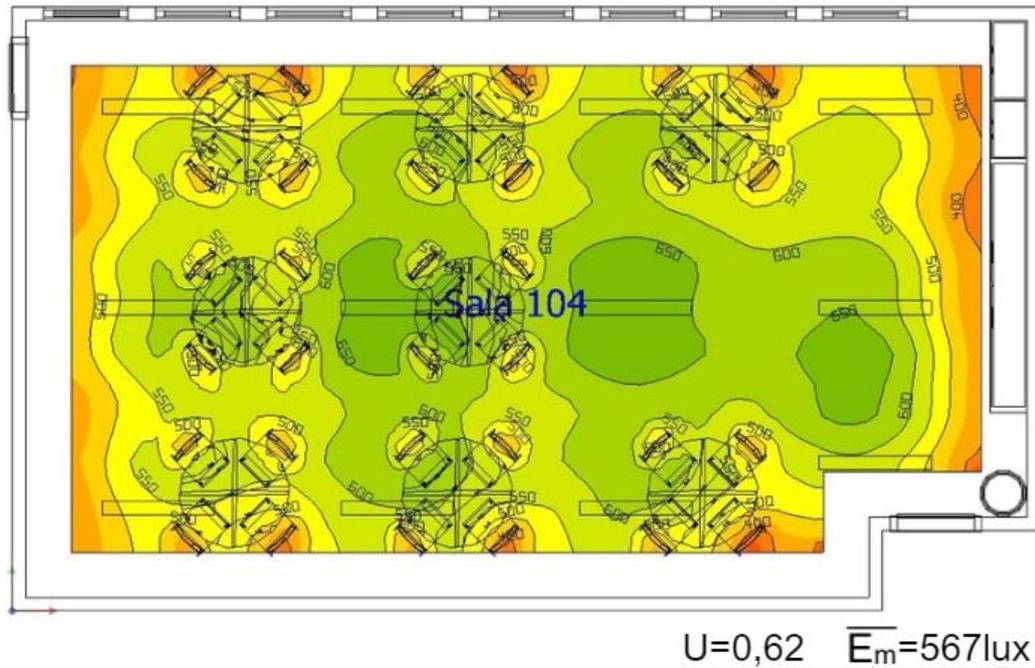
Figura 46– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 104, com o fator de manutenção igual a 1.



Fonte: Autoria própria (2024).

Como já visto anteriormente, com o passar do tempo, por conta da perda de eficiência luminosa das lâmpadas, dada por sua vida útil, e sujeira acumulada nas luminárias, há uma perda de iluminância no ambiente que pode ser simulada com a utilização do fator de manutenção. A figura a seguir Figura 47 mostra a iluminação da sala 104 no fim de sua vida útil:

Figura 47– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 104, com o fator de manutenção igual a 0,8.



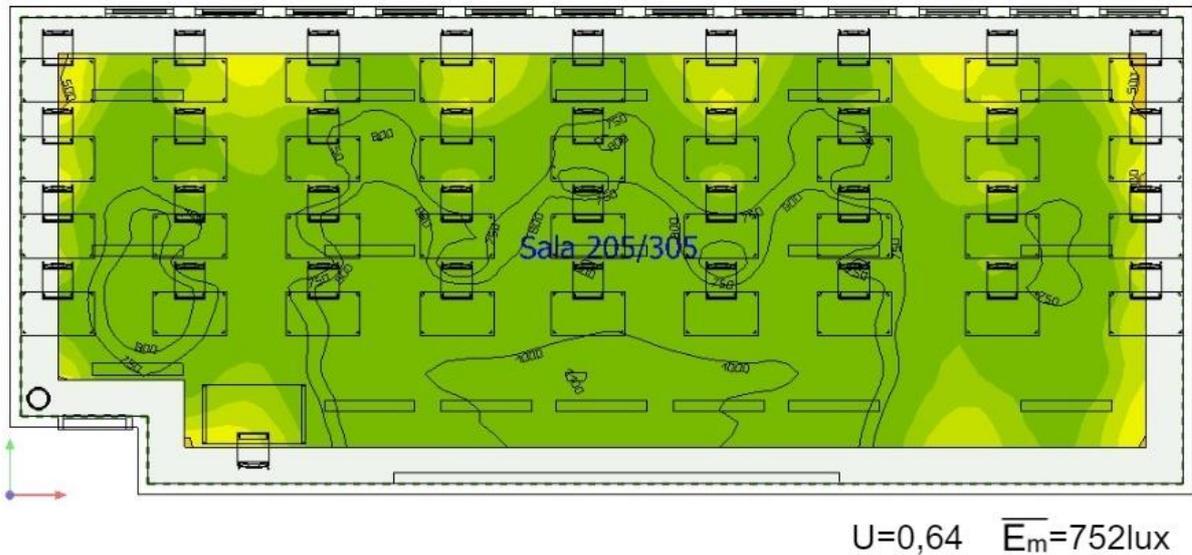
Fonte: Autoria própria (2024).

4.4.2 Salas 205 e 305

Para as salas de aula, foi utilizado o mesmo layout de luminárias, sendo adotada uma quantia maior próxima ao quadro para que esse atendesse aos mínimos de iluminância e uniformidade. Foram utilizadas as mesmas lâmpadas e luminárias, utilizadas na sala 104, mas com 17 unidades de luminárias, o que resultou em 34 lâmpadas LED com uma potência instalada de 680W.

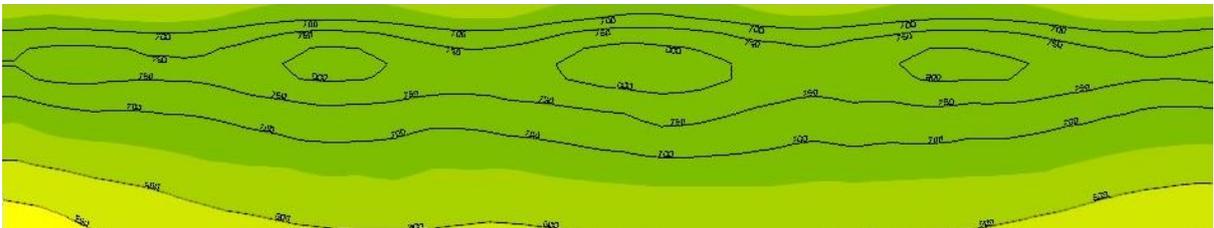
A seguir, na Figura 48 e Figura 49, é possível visualizar os resultados tanto para sala como também para o quadro, com o fator de iluminância igual a 1,0, ou seja, no período inicial de funcionamento.

Figura 48– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 205, com o fator de manutenção igual a 1.



Fonte: Autoria própria (2024).

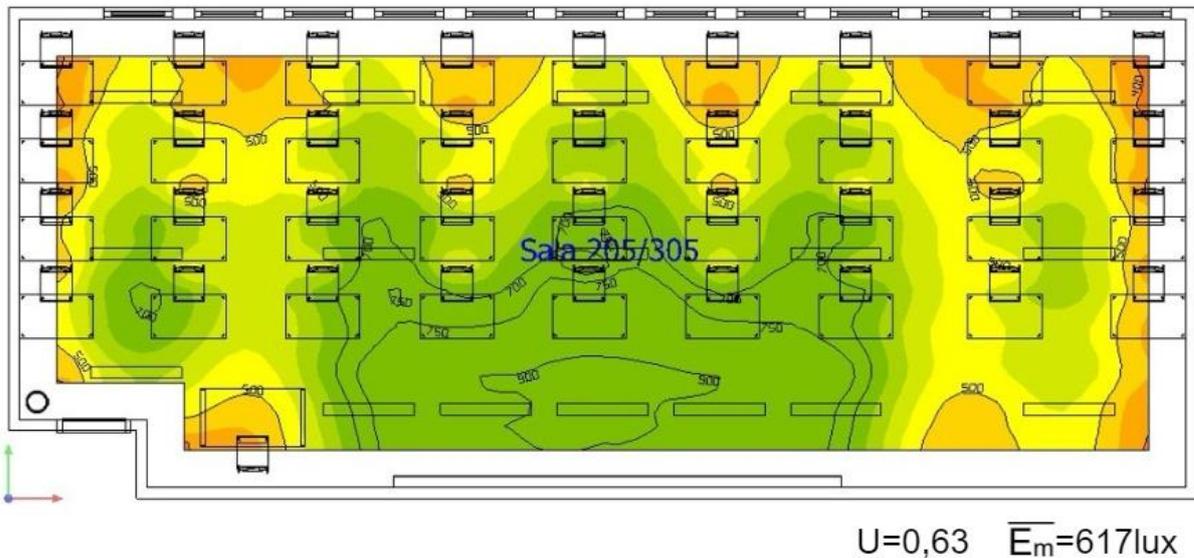
Figura 49– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial do quadro da sala 205, com o fator de manutenção igual a 1.



Fonte: Autoria própria (2024).

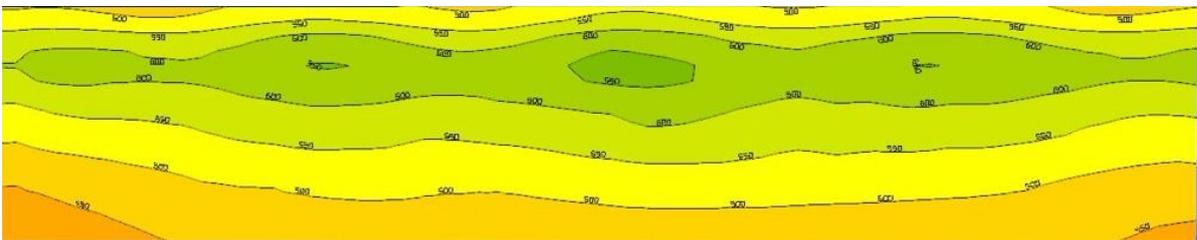
Também é possível conferir os resultados no período final de vida útil, com o fator de manutenção igual a 0,8, na Figura 50 e Figura 51 a seguir:

Figura 50– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial da sala 205, com o fator de manutenção igual a 0,8.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 51– Curvas isolux do projeto luminotécnico de luz artificial do quadro da sala 205, com o fator de manutenção igual a 0,8.



Fonte: Autoria própria (2024).

É possível observar com os resultados que através de um novo layout com luminárias e lâmpadas mais eficientes para esses ambientes, foi possível atender as necessidades de iluminação das salas em estudo. Além disso, através da utilização de lâmpadas tubulares LED T8 com potência de 20W cada, foi possível diminuir a potência total instalada das salas, trazendo uma diminuição no consumo de energia. A sala 104 que antes apresentava 704W de potência total instalada na iluminação reduziu para 480W, acarretando uma diminuição de 32%. Já para as salas de aula 205 e 305 que apresentavam 1.024W, nesse novo projeto possuiriam 680W, o que resultaria em uma redução de 34%. Na Tabela 4 é possível observar a comparação entre o projeto luminotécnico de luz artificial atual e o proposto em relação ao consumo de energia mensal.

Tabela 4 - Comparação de Potência total instalada entre o projeto luminotécnico e *in loco*.

Sala	Potência total instalada Atual (W)	Atende a norma na situação atual?	Potência total instalada de projeto (W)	Variação da potência instalada	Potência utilizando 8h/dia, 5dias/semana, 4semanas/mês = 160h/mês
104	704	Não	480	-224	Economia de 35,84kWh
205	1.024	Não	680	-344	Economia de 55,04kWh
305	1.024	Não	680	-344	Economia de 55,04kWh

Fonte: Autoria própria (2024).

No anexo B é possível encontrar todos os relatórios para cada um dos projetos luminotécnicos, trazendo todas as características dos projetos realizados.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho, que teve como objetivo a verificação e comparação dos valores medidos in loco com o exigido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1 ABNT (2013), para iluminação natural e artificial, é possível notar que as salas em estudo não apresentam a iluminância e uniformidade mínima necessária para um bom desempenho lumínico. Esse mal desempenho da iluminação acaba gerando desconforto no usuário, podendo até mesmo influenciar em seu ciclo circadiano, e por consequência dificultar a aprendizagem.

Alguns pontos podem ter causado esses problemas de iluminação natural e artificial. O mau planejamento do posicionamento dos brises nas janelas das salas de aula, poderá ter acarretado a diminuição da entrada de luz natural de forma equivocada, ultrapassando o necessário para garantir um conforto térmico durante o verão. Quanto a luz artificial, não suprir as carências no período do dia e promover uma boa iluminação no período da noite, pode ter ocorrido pela ausência de um projeto luminotécnico ou a não consideração de um fator de manutenção, tendo sido desconsiderado a perda de eficiência luminosa das lâmpadas com o passar do tempo.

A solução adotada foi utilizar-se de um projeto luminotécnico de luz artificial para que pudesse garantir a iluminância e uniformidade recomendadas pela norma no período noturno e que pudesse complementar a luz natural no período diurno. Por meio de um novo layout com diferentes luminárias e utilizando de lâmpadas LED, com uma excelente eficiência luminosa, foi possível desenvolver uma solução que atendesse ao exigido pela norma durante toda sua vida útil. Além disso, foi possível através das escolhas feitas dos materiais utilizados, trazer uma redução da potência instaladas nas salas de mais de 30%. Isso mostra que através de escolhas assertivas, o projeto luminotécnico de um ambiente pode apresentar um melhor desempenho.

6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge et al. **Desempenho lumínico de janelas idênticas em cidades distintas**. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 15, p. 2746-2755, 2019.

ABREU, Hariel. **A eficiência dos diferentes tipos de lâmpadas e quanto cada uma impacta na conta de energia**. [S. l.], 6 dez. 2017. Disponível em: <https://www.retecjr.com/single-post/2017/12/06/a-efici%C3%Aancia-dos-diferentes-tipos-de-l%C3%A2mpadas-e-quanto-cada-uma-impacta-na-conta-de-energ>. Acesso em: 15 maio 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasília, DF). Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética. PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P&D: “**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR**”. CHAMADA Nº. 001/2016. [S. l.], 2016.

ALVES, Tatiana Paula et al. **ANÁLISE DE DESEMPENHO LUMINOSO DE SALAS DE AULA**. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 15, p. 3222-3227, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação natural – Parte 1**: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação natural – Parte 2**: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para a distribuição espacial da luz natural. Rio de Janeiro, ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação natural – Parte 3**: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação natural – Parte 4**: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1**: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2**: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedação verticais internas e externas – SVVIE.** Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para o sistema de coberturas.** Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.** Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

AZEVEDO, Diana Paola Gutierrez Diaz; AZEVEDO, Néilton Gomes. **A relação do sono-aprendizagem e as novas tecnologias de informação e comunicação: um desafio na educação dos adolescentes.** In: Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online. 2016.

BARRETT, Peter et al. **The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis.** Building and Environment, v. 89, p. 118-133, 2015.

BOCCHESE, Mariano Fernandes. **Projeto luminotécnico em escola no município de Feliz: otimização do aproveitamento de luz natural.** 2011. Dissertação (Diplomação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2011.

CABRAL, Fiori Marques da Silva et al. **Análise das técnicas de avaliação de desempenho lumínico para iluminação natural, de um edifício multifamiliar, a partir de ensaios de campo e simulação computacional: estudo de caso.** 2020.

CARVALHO, Juliana Portela Vilar de. **Simulação de desempenho luminoso para salas de aula em Natal-RN.** 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DELIBERADOR, Marcella Savioli et al. **O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção.** Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 2010.

DORIGO, Adriano L.; SUGA, Mauro; KRÜGER, Eduardo L. **Avaliação do desempenho luminoso de edificações escolares conforme sua orientação solar.** 2006.

KRUM, Christiane Cunha. **Desempenho lumínico em edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: um estudo de caso.** 2011.

LEÃO, Isis Alessandra Spohr Recchi. **Influência da hora do dia sobre o desempenho cognitivo de escolares.** 2017.

LORENZI, Luciani Somensi. **Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térreas.** 2013.

MARTINEZ, Denis; LENZ, Maria do Carmo Sfreddo; MENNA-BARRETO, Luiz. **Diagnóstico dos transtornos do sono relacionados ao ritmo circadiano.** *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 34, p. 173-180, 2008.

MARTINEZ, Maria Fernanda et al. **Redução de consumo de energia elétrica através de conceitos green building.** *Eletrônica de Potência*, v. 14, n. 2, p. 141-148, 2009.

ORLANDI, Ludmila Brunow; SILVA, Saulo Vieira de Oliveira. **Análise da melhoria de desempenho lumínico em ambiente escolar por meio de aberturas: estudo de caso em Vitória/ES.** 2023.

PUTEH, Marzita et al. **The classroom physical environment and its relation to teaching and learning comfort level.** *International Journal of Social Science and Humanity*, v. 5, n. 3, p. 237-240, 2015.

TORRES, Jéssica Santos et al. **CONFORTO LUMINOSO EM SALAS DE AULA: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO POR MEIO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.** *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, v. 16, p. 1557-1565, 2021.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e arquitetura.** São Paulo: Virtus, 2001.

APÊNDICE A - RESULTADOS DAS MALHAS DE PONTOS DAS SALAS

Sala: 104

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)

Avaliação: Primeira

RECOMENDADO NBR 8995

Dia: 16/08/2023

Sala comum 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00

320	440	370	327	420	480	150
237	287	275	273	290	249	149
136	158	159	154	130	123	85
74	108	130	139	105	111	

E _{ext} =	3780
E _m =	217,74
U=	0,34

10:00

525	635	473	503	600	565	194
453	511	468	454	522	426	280
306	368	386	373	346	314	208
191	275	302	312	253	255	

E _{ext} =	4910
E _m =	388,81
U=	0,49

12:00

855	1054	857	900	800	806	241
538	618	570	642	682	577	318
312	357	372	361	340	291	185
156	230	260	279	234	229	

E _{ext} =	7110
E _m =	483,85
U=	0,32

14:00

535	660	550	565	589	613	278
438	500	462	486	490	449	293
234	275	290	302	356	281	226
184	237	314	330	254	282	

E _{ext} =	6120
E _m =	387,89
U=	0,47

16:00

993	1253	1045	1102	1070	1181	365
746	871	794	770	824	745	400
382	466	487	473	451	398	263
200	271	317	322	283	271	

E _{ext} =	10330
E _m =	620,11
U=	0,32

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00

441	563	466	448	510	490	202
498	558	578	531	675	475	333
450	515	625	514	612	369	227
241	356	415	327	319	201	

E _m =	442,19
U=	0,45

10:00

538	830	725	720	712	730	325
712	800	816	790	949	700	448
605	703	832	723	804	548	338
336	489	570	503	483	368	

Em=	633,22
U=	0,51

12:00

1409	1777	1582	1600	1553	1545	545
988	1153	1120	1100	1301	1032	590
712	822	930	814	887	613	360
352	507	615	540	512	379	

Em=	938,44
U=	0,38

14:00

775	970	850	790	785	819	340
749	846	843	848	870	732	452
572	653	778	684	811	560	346
324	498	558	522	465	372	

Em=	659,70
U=	0,49

16:00

1077	1385	1165	1186	1255	1305	474
970	1105	1059	1018	1157	943	539
571	684	825	714	809	556	349
275	380	462	389	384	265	

Em=	788,93
U=	0,34

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

19:00

131	127	170	150	206	147	123
250	254	345	288	417	264	183
285	344	430	314	417	263	152
143	209	250	186	265	98	

Em=	237
U=	0,41

Sala: 104

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)

Avaliação: Segunda

RECOMENDADO NBR 8995

Dia: 23/01/2024

Sala comum 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00

426	605	480	364	460	496	226
332	474	465	473	412	357	230
241	300	312	316	281	238	156
186	240	268	262	226	205	

Eext=	5860
Em=	334
U=	0,47

10:00

660	1035	760	745	660	763	218
630	686	658	627	622	458	262
392	440	463	454	397	324	194
296	378	405	394	331	292	

Eext=	8450
Em=	502
U=	0,39

12:00

1505	1945	1485	1370	1590	1780	346
940	1116	1090	926	1050	840	550
405	560	590	549	490	438	272
289	420	406	413	292	346	

Eext=	16000
Em=	815
U=	0,33

14:00

966	1095	830	553	577	638	146
792	938	846	860	831	655	314
475	580	579	564	490	421	249
374	462	463	464	424	353	

Eext=	15600
Em=	590
U=	0,25

16:00

1110	1681	1266	1394	769	1458	440
1045	1045	941	990	933	696	429
522	421	434	442	450	442	276
392	441	311	302	340	210	

Eext=	19110
Em=	710
U=	0,30

18:00

2133	1815	1546	1866	1303	1250	926
1395	1300	1170	1147	1019	825	473
714	780	751	701	613	520	334
494	576	571	528	463	415	

Eext=	15620
Em=	949
U=	0,35

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00

590	745	649	564	674	630	288
643	747	797	712	856	643	411
552	555	726	668	765	500	298
370	475	538	480	507	318	

Em=	582
U=	0,50

10:00

1350	1633	1540	1449	1000	1329	375
955	1064	1025	1015	1126	800	450
720	843	902	759	850	570	300
440	530	575	524	540	350	

Em=	852
U=	0,35

12:00

1260	1725	1242	1235	1455	1712	362
1190	1320	1260	1130	1315	1000	480
700	830	931	851	955	641	352
478	606	665	600	548	406	

Em=	935
U=	0,38

14:00

914	1122	1010	1031	951	985	385
1005	1135	1213	1112	1220	969	494
876	1059	1136	1038	1135	772	456
610	754	770	687	689	472	

Em=	889
U=	0,43

16:00

1009	1382	1173	1263	1045	1166	553
1184	1224	1239	1179	1306	962	525
854	978	1064	970	1035	702	402
596	717	772	692	654	352	

Em=	926
U=	0,38

18:00

2362	1993	1742	1735	1492	1417	1016
1949	1724	1540	1474	1479	1151	650
1093	1176	1212	1077	1135	795	497
711	845	876	760	752	516	

Em=	1228
U=	0,40

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

20:30

132	126	169	150	203	145	122
251	256	346	288	418	267	183
284	344	431	314	415	262	152
155	205	246	188	263	100	

Em=	238
U=	0,42

Sala: 205

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)

Avaliação: Primeira

RECOMENDADO NBR 8995

Dia: 19/08/2023

sala de aula-dia 300lux

sala de aula-noite 500lux

Quadro 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00 Eext= 5280 Em= 383,8 U= 0,43

288	459	349	306	314	303	333	533	432	422
1060	567	508	454	378	395	435	501	370	303
429	449	416	384	373	400	390	330	272	247
	318	309	330	329	343	312	246	216	165

342	372	370	365	689	460	Em=	560,75
470	545	902	540	693	981	U=	0,61

10:00 Eext= 8780 Em= 490,2 U= 0,54

357	670	625	549	634	558	545	605	593	598
438	538	562	628	558	531	617	622	546	483
376	443	478	510	492	495	535	508	442	383
	309	354	374	386	394	409	378	331	265

443	439	435	401	426	445	Em=	518,583
616	624	595	590	614	595	U=	0,77

12:00 Eext= 14300 Em= 431,3 U= 0,53

290	693	738	682	545	654	640	650	549	706
290	437	508	524	454	445	470	513	485	481
242	334	370	386	375	370	389	383	363	364
	233	260	294	304	298	305	295	273	229

315	314	322	260	325	328	Em=	403,5
507	481	490	498	522	480	U=	0,64

14:00 Eext= 8000 Em= 383,7 U= 0,39

322	1180	589	434	392	368	344	405	419	420
160	260	505	500	490	420	352	356	333	480
148	238	354	430	420	400	421	415	394	438
	231	262	294	306	294	293	283	265	350

292	295	305	310	312	304	Em=	394,5
520	475	488	501	484	448	U=	0,74

16:00 Eext= 5100 Em 246,6 U 0,57

258	540	335	220	202	210	260	274	291	303
191	240	295	330	257	246	218	270	270	328
141	211	243	280	283	269	266	265	251	260
	144	164	184	201	195	196	193	181	153

197	196	206	220	187	142
326	312	325	322	302	243

Em= 248,167
U= 0,57

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00 Em 814,5 U 0,40

814	956	972	686	670	870	820	910	909	725
1617	990	974	859	760	870	970	940	826	766
660	1080	961	803	836	976	842	786	636	670
	486	678	754	780	760	738	664	424	327

524	526	820	512	648	454
730	816	850	848	954	814

Em= 708
U= 0,64

10:00 Em 836,6 U 0,48

499	935	1010	804	813	975	1036	1090	1028	872
621	884	987	985	920	988	1110	1100	984	920
486	716	874	895	914	903	962	939	790	801
	433	682	718	773	766	782	738	495	401

567	523	489	496	555	534
790	796	771	766	810	766

Em= 655,25
U= 0,75

12:00 Em 735,4 U 0,46

456	925	1155	828	650	882	930	1005	885	757
493	780	925	859	776	845	918	916	851	861
345	595	748	781	789	764	794	781	679	742
	340	584	622	684	671	664	639	425	338

457	384	390	410	446	395
683	669	658	677	691	650

Em= 542,5
U= 0,71

14:00 Em 709,8 U 0,43

473	1210	938	689	573	780	814	858	850	722
460	727	930	882	773	860	891	890	818	863
307	564	715	790	838	771	780	748	658	786
	330	568	614	640	623	594	601	404	352

412	384	398	384	440	375
705	695	675	725	709	643

Em= 545,417
U= 0,69

16:00

Em

447,897

U

0,38

300	570	610	363	257	480	503	515	520	370
272	456	562	510	479	550	608	592	540	562
180	352	478	515	542	514	530	512	409	515
	171	401	430	490	474	467	446	232	191

214	177	183	206	252	121
385	367	382	404	421	382

Em= 291,167

U= 0,42

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

19:00

Em

333

U

0,33

251	344	369	220	140	355	400	432	400	228
210	368	420	350	334	420	477	444	403	390
112	271	376	377	402	394	411	401	320	392
	111	339	346	391	384	379	367	152	113

106	73	64	83	110	63
171	185	166	172	186	163

Em= 129

U= 0,49

Sala: 205

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)

Avaliação: Segunda

RECOMENDADO NBR 8995

Dia: 24/01/2024

sala de aula-dia 300lux

sala de aula-noite 500lux

Quadro 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00 Eext= 6000 Em 182 U 0,60

140	258	216	187	186	154	136	169	209	166
196	232	258	264	217	181	167	204	184	192
176	203	221	233	210	175	156	164	153	164
	161	159	182	175	156	142	124	110	120

137	170	173	184	197	208	Em=	230
207	256	273	307	325	326	U=	0,60

10:00 Eext= 10100 Em 275 U 0,58

223	431	394	350	344	284	227	313	320	286
273	352	392	400	330	268	254	311	285	287
230	280	307	323	286	240	232	240	226	226
	208	229	235	226	202	185	182	175	158

179	208	219	236	259	269	Em=	286
260	301	330	366	398	403	U=	0,63

12:00 Eext= 12400 Em 362 U 0,56

287	567	549	502	500	448	333	484	476	472
317	434	495	510	432	349	336	413	405	426
266	339	353	397	360	300	282	301	311	317
	238	268	280	269	237	226	230	224	203

211	230	254	258	301	314	Em=	330
315	345	382	428	462	454	U=	0,64

14:00 Eext= 17340 Em 336 U 0,54

283	712	497	451	430	370	384	425	461	446
333	180	253	266	184	197	187	203	410	480
264	353	372	406	380	358	346	328	320	326
	260	290	320	300	290	284	266	248	225

194	220	300	320	330	300	Em=	357
418	335	450	476	470	465	U=	0,54

16:00 Eext= 10352 Em 181 U 0,36

66	188	149	123	121	100	101	110	143	158
145	190	220	218	160	136	148	160	137	188
170	236	206	234	204	193	183	187	235	274
	208	234	260	253	239	226	210	180	176

247	266	274	291	306	330
333	354	379	412	424	397

Em= 334
U= 0,74

18:00 Eext= 5200 Em 103 U 0,31

32	100	67	56	58	51	51	76	101	90
115	114	126	152	109	101	120	119	106	122
114	132	127	151	146	122	123	118	109	117
	95	108	115	120	107	104	96	86	77

136	152	156	164	171	169
197	211	237	260	268	246

Em= 197
U= 0,69

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00 Eext= Em 513 U 0,47

329	562	593	427	356	547	544	618	570	330
413	644	696	626	563	629	649	638	506	462
301	473	606	626	628	571	590	568	455	506
	292	500	540	575	558	518	488	279	240

255	256	251	290	330	280
355	441	457	498	522	501

Em= 370
U= 0,68

10:00 Em 622 U 0,47

456	780	803	608	498	670	662	766	754	509
502	738	838	764	684	723	756	770	666	592
368	571	704	722	718	652	662	663	538	592
	348	578	603	626	611	576	560	339	295

311	301	301	341	389	353
454	493	518	557	595	580

Em= 433
U= 0,70

12:00 Em 713 U 0,49

515	932	934	730	628	781	768	882	875	638
568	918	944	880	790	815	827	868	769	713
432	660	800	849	820	736	750	740	605	682
	391	610	657	677	644	619	614	382	352

352	322	298	372	439	416
520	437	585	629	682	662

Em= 476
U= 0,63

14:00 Em 601 U 0,40

506	880	900	633	535	700	726	790	811	560
546	816	920	771	556	577	601	640	553	522
388	600	723	695	574	521	514	482	380	354
	383	608	625	662	637	610	578	325	238

373	352	362	310	436	410
553	571	598	630	688	646

Em= 494
U= 0,63

16:00 Em 591 U 0,39

416	805	754	572	478	662	706	732	670	510
400	580	785	721	674	740	764	745	643	613
233	410	553	650	726	675	678	631	492	580
	325	550	585	620	609	580	564	336	290

254	200	210	238	413	374
440	427	469	500	508	540

Em= 381
U= 0,52

18:00 Em 423 U 0,45

289	467	448	272	228	445	485	493	484	290
302	478	545	490	459	542	586	561	447	390
221	366	478	498	522	498	509	493	373	432
	209	436	455	493	489	472	451	226	190

225	205	206	233	266	220
350	371	389	412	430	393

Em= 308
U= 0,66

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

20:30 Em 331 U 0,34

248	341	369	221	139	351	400	431	398	228
207	366	424	349	335	428	477	440	403	386
113	262	376	375	402	386	407	400	321	390
	115	339	346	380	381	365	352	143	115

105	70	62	87	107	60
168	185	168	170	184	162

Em= 127
U= 0,47

Sala: 305

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)

Avaliação: Primeira

RECOMENDADO NBR 8995

Dia: 17/08/2023

sala de aula-dia 300lux

sala de aula-noite 500lux

Quadro 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00 E_{ext}= 5300 Em 285 U 0,41

209	280	235	184	191	163	165	175	212	169
377	306	265	268	235	197	213	238	182	174
1690	285	254	1700	222	218	267	194	171	160
	176	212	208	181	190	169	130	126	117

180	227	260	225	258	224	Em= 333,583
311	417	530	394	524	453	U= 0,54

10:00 E_{ext}= 11380 Em 416,103 U 0,63

261	543	432	417	463	356	437	455	438	447
460	497	493	612	478	432	491	497	482	482
405	418	462	505	433	400	444	427	402	378
	287	285	356	315	333	351	296	288	270

370	383	327	389	373	389	Em= 501,417
560	653	591	626	645	711	U= 0,65

12:00 E_{ext}= 14740 Em 440,128 U 0,56

270	654	622	611	497	390	1250	614	463	617
293	433	479	548	483	384	477	437	430	544
262	384	426	478	433	387	426	410	405	412
	245	250	319	315	309	322	296	300	290

326	339	320	354	337	349	Em= 449,917
538	563	542	570	569	592	U= 0,71

14:00 E_{ext}= 10020 Em 340,154 U 0,57

251	1045	438	394	340	313	406	334	368	540
240	351	399	457	387	307	368	355	342	442
200	276	308	364	349	303	317	316	320	318
	194	196	248	258	253	254	232	246	237

273	269	289	311	281	280	Em= 366,25
439	451	466	457	434	445	U= 0,73

16:00 Eext= 5380 Em 220,513 U 0,54

440	463	439	264	193	180	235	190	216	269
190	228	255	298	248	193	229	225	215	276
136	176	190	226	224	201	205	203	210	212
	120	120	152	164	166	170	154	165	160

182	177	181	199	170	177
316	317	313	301	271	272

Em= 239,667
U= 0,71

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00 Em 647 U 0,36

510	703	589	610	679	603	601	665	584	422
1076	771	776	752	732	700	681	739	656	462
705	1050	777	775	729	811	693	692	591	410
	442	570	672	636	685	609	519	302	235

550	408	478	415	541	386
565	705	684	684	735	712

Em= 571,917
U= 0,67

10:00 Em 795 U 0,45

625	1230	796	799	880	761	840	902	781	674
803	906	963	1050	946	882	902	976	916	715
615	760	896	945	854	857	858	885	807	594
	496	649	770	752	794	728	576	465	357

670	491	476	457	638	565
804	822	824	829	870	896

Em= 695,167
U= 0,66

12:00 Em 739,385 U 0,46

580	925	842	933	833	745	1033	866	724	680
644	793	880	938	880	814	841	835	807	711
480	665	804	871	819	767	772	810	733	560
	425	582	697	705	736	669	677	418	342

620	411	505	490	546	429
725	694	752	734	761	740

Em= 617,25
U= 0,67

14:00 Em 679,103 U 0,43

610	1310	790	784	745	691	783	723	642	610
628	746	840	868	810	746	740	782	726	611
438	587	721	782	746	713	679	728	654	482
	397	549	645	657	691	608	567	366	290

564	359	500	426	508	373
630	618	697	621	633	603

Em= 544,333
U= 0,66

16:00

Em

545,077

U

0,37

761	720	647	618	582	556	585	581	503	422
550	585	656	684	659	627	598	651	600	453
365	467	576	618	600	598	555	598	529	365
	318	460	538	552	595	516	486	281	203

470	255	385	300	384	248
510	458	492	449	466	429

Em= 403,833

U= 0,61

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

19:00

Em

350

U

0,15

379	370	413	393	390	379	348	391	389	183
380	381	440	432	430	441	376	434	411	205
249	300	412	420	402	408	363	408	328	158
	199	365	390	394	436	357	329	116	52

300	75	184	107	219	88
181	140	194	163	201	164

Em= 168

U= 0,45

Sala: 305
 Avaliação: Segunda
 Dia: 25/01/2024

Céu: Parcialmente nublado (poucas nuvens)
 RECOMENDADO NBR 8995
 sala de aula-dia 300lux
 sala de aula-noite 500lux
 Quadro 500lux

CASO1 - SOMENTE ILUMINAÇÃO NATURAL

08:00 $E_{ext}= 15000$ E_m **200,077** U **0,41**

82	152	153	210	155	250	194	178	236	189
200	203	201	207	209	210	302	225	186	185
186	189	255	263	222	221	252	253	231	226
	169	186	201	197	200	168	136	148	173

244	255	174	168	217	230	$E_m=$ 272,583
321	364	309	312	337	340	$U=$ 0,62

10:00 $E_{ext}= 11640$ E_m 325,718 U 0,60

260	484	470	401	345	417	437	466	450	452
296	374	383	394	345	344	390	405	378	380
243	292	301	313	281	292	324	210	303	294
	206	226	234	226	240	212	196	234	205

295	303	254	257	274	274	$E_m=$ 333,083
385	413	381	374	387	400	$U=$ 0,76

12:00 $E_{ext}= 12410$ E_m 346,821 U **0,59**

256	504	496	439	364	430	477	500	516	548
272	357	396	407	346	340	417	431	423	444
231	288	300	314	290	303	331	338	328	320
	203	216	240	233	243	260	252	251	222

301	295	254	259	278	285	$E_m=$ 339,833
410	410	393	382	402	409	$U=$ 0,75

14:00 $E_{ext}= 21100$ E_m 368,103 U **0,59**

265	623	527	505	385	440	522	445	422	535
300	379	420	448	381	359	432	445	399	447
263	320	343	366	340	333	360	361	338	344
	218	237	261	266	267	279	273	267	241

314	306	265	275	292	300	$E_m=$ 359,083
442	446	422	406	418	423	$U=$ 0,74

16:00 E_{ext}= 15660 Em 242,359 U 0,50

212	455	350	309	246	270	190	122	124	140
243	333	373	375	282	240	230	190	166	193
198	244	256	273	257	258	265	280	259	260
	173	197	213	209	217	227	215	218	190

287	287	235	258	288	293
366	373	366	348	350	356

Em= 317,25
U= 0,74

18:00 E_{ext}= 5020 Em 113,692 U 0,60

68	142	109	93	81	94	100	102	107	120
107	124	130	140	113	104	132	135	121	136
107	124	123	133	116	118	130	128	116	120
	80	100	112	109	114	123	114	112	97

160	171	141	145	163	164
222	237	221	212	218	218

Em= 189,333
U= 0,74

CASO2 - ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

08:00 Em 595,128 U 0,37

600	732	698	690	655	654	615	590	640	452
646	678	616	640	642	702	697	751	638	474
430	495	671	713	658	652	651	702	600	320
	386	530	596	621	691	618	516	330	220

575	368	405	302	486	344
563	450	565	528	595	552

Em= 477,75
U= 0,63

10:00 Em 697,41 U 0,40

633	864	907	841	774	818	815	890	851	667
683	759	835	840	790	802	807	866	815	609
505	599	716	739	695	698	695	744	654	474
	394	589	635	646	701	629	569	371	280

604	397	440	340	508	381
554	566	591	556	609	603

Em= 512,417
U= 0,66

12:00 Em 709,41 U 0,42

628	887	930	841	769	809	854	901	892	747
664	740	848	855	788	802	816	881	850	650
492	596	727	754	705	704	708	772	679	502
	393	594	642	648	700	632	584	384	299

601	384	435	340	514	376
595	553	607	562	615	582

Em= 513,667
U= 0,66

14:00 Em 704,744 U 0,43

627	934	862	821	739	759	824	822	768	651
677	767	896	902	815	828	848	880	848	679
505	622	620	752	730	723	720	777	692	510
	390	588	638	649	714	642	580	386	300

616	402	447	352	510	388	Em=	519,167
564	584	620	578	607	562	U=	0,68

16:00 Em 623,821 U 0,40

593	975	750	754	665	636	356	706	690	536
628	665	765	771	718	712	714	774	728	541
472	564	676	708	672	652	654	723	616	445
	357	538	584	603	667	591	532	346	252

578	375	429	332	505	376	Em=	488,583
536	547	565	521	570	529	U=	0,68

18:00 Em 456,026 U 0,32

433	489	500	490	472	455	452	487	448	288
481	486	564	562	541	546	514	571	532	336
350	411	520	537	507	502	486	540	450	284
	269	444	489	508	556	483	428	228	146

444	252	308	215	382	245	Em=	344,167
368	366	413	378	419	340	U=	0,62

CASO3 - SOMENTE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

20:30 Em 349 U 0,14

375	370	414	392	390	381	352	387	388	183
379	379	434	432	426	436	382	433	410	206
249	296	413	417	400	408	361	410	331	156
	196	364	386	396	436	356	328	115	50

293	82	162	69	228	95	Em=	166
183	136	194	166	211	171	U=	0,42



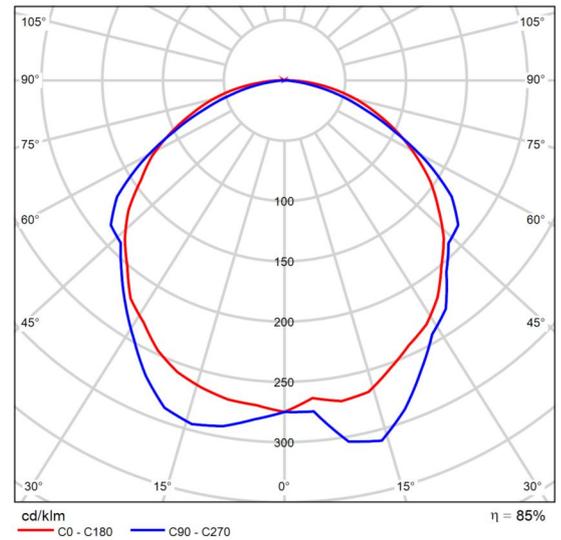
Projecto Sala 104 com fator de manutenção

Folha de dados do produto

Lumicenter Lighting - CAN16-S232



Nº do artigo	CAN16-S232
P	40.0 W
$\Phi_{\text{Lâmpada}}$	5400 lm
$\Phi_{\text{Luminária}}$	4566 lm
η	84.56 %
Rendimento luminoso	114.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



CDL polar

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Sala 104

P_{total} 480.0 W	A_{Sala} 68.24 m ²	Potência de ligação específica 7.03 W/m ² = 1.24 W/m ² /100 lx (Sala) 9.25 W/m ² = 1.63 W/m ² /100 lx (Plano de uso)	E_{vertical} (Plano de uso) 567 lx
-------------------------------------	---	---	--

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm

Edifício 1 · Andar 1

Lista de luminárias Φ_{total}

54792 lm

 P_{total}

480.0 W

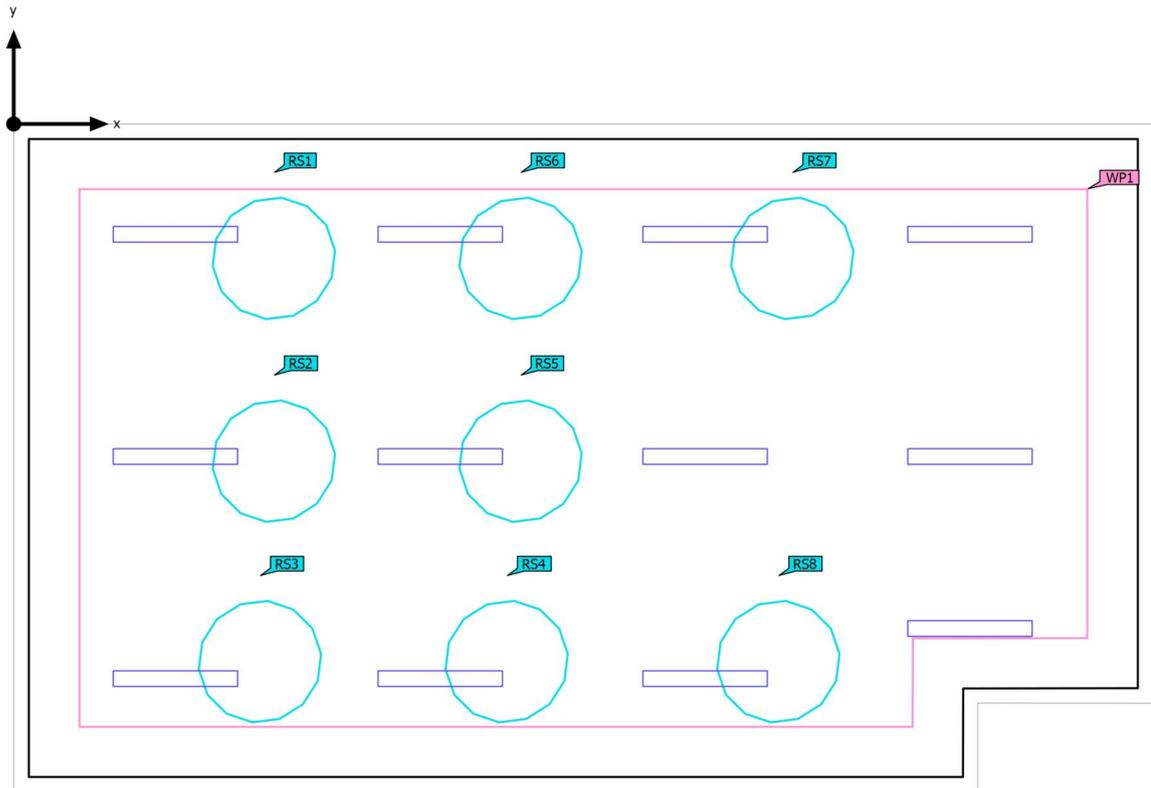
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	567 lx (≥ 500 lx) ✓	352 lx	693 lx	0.62 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\emptyset	mín	máx	U_o (g_1)	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	538 lx	497 lx	573 lx	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	69.3 cd/m ²	64.1 cd/m ²	73.9 cd/m ²	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	605 lx	592 lx	626 lx	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	78.1 cd/m ²	76.3 cd/m ²	80.7 cd/m ²	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	549 lx	509 lx	585 lx	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	70.8 cd/m ²	65.7 cd/m ²	75.5 cd/m ²	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	589 lx	539 lx	635 lx	0.92	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	76.0 cd/m ²	69.5 cd/m ²	81.9 cd/m ²	0.91	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	645 lx	617 lx	674 lx	0.96	0.92	RS5

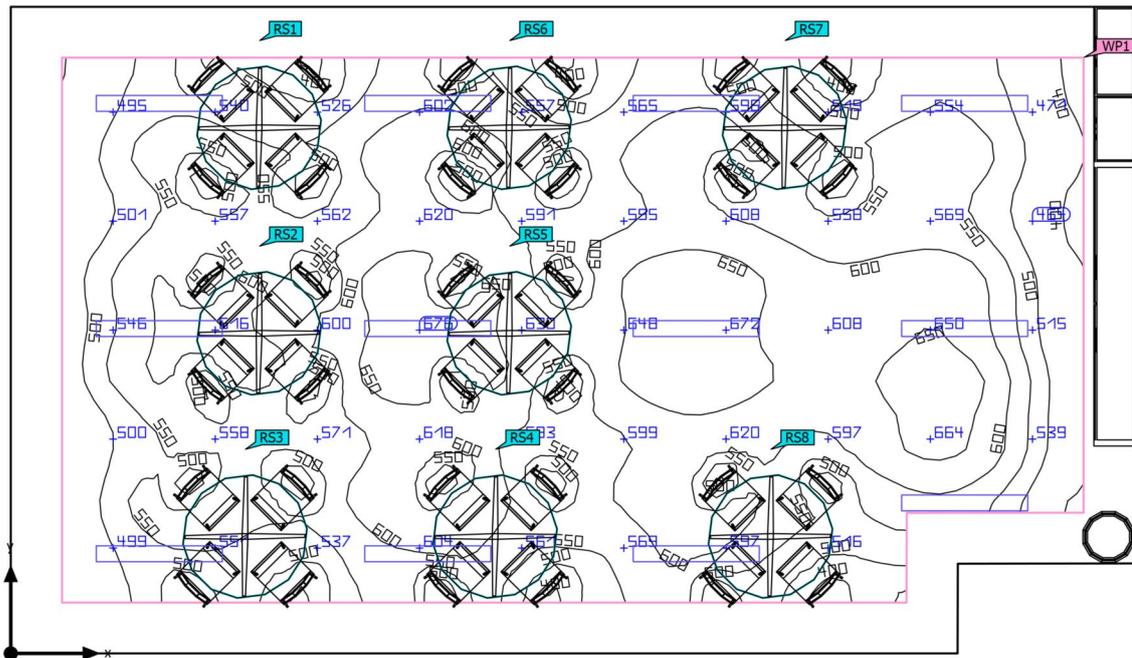
Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	83.3 cd/m ²	79.7 cd/m ²	86.9 cd/m ²	0.96	0.92	RS5
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	576 lx	527 lx	626 lx	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	74.4 cd/m ²	68.0 cd/m ²	80.8 cd/m ²	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	559 lx	504 lx	614 lx	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	72.1 cd/m ²	65.0 cd/m ²	79.2 cd/m ²	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	569 lx	501 lx	623 lx	0.88	0.80	RS8
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	73.4 cd/m ²	64.6 cd/m ²	80.4 cd/m ²	0.88	0.80	RS8

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Resumo



Superfície básica	68.24 m ²	Pé direito livre	3.000 m
Grau de reflexão	Tecto: 70.0 %, Paredes: 40.1 %, Solo: 15.2 %	Altura de montagem	2.700 m
Factor de manutenção	0.80 (Valor fixo)	Altura Plano de uso	0.750 m
		Zona marginal Plano de uso	0.500 m

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Plano de uso	$\bar{E}_{vertical}$	567 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	$U_o (g_1)$	0.62	≥ 0.60	✓	WP1
	Potência de ligação específica	9.25 W/m ²	-		
		1.63 W/m ² /100 lx	-		
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	[39.55 - 64.80] kWh/a	máx. 2400 kWh/a	✓	
Sala	Potência de ligação específica	7.03 W/m ²	-		
		1.24 W/m ² /100 lx	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 10.970 m x 6.360 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado com DIN:18599-4.

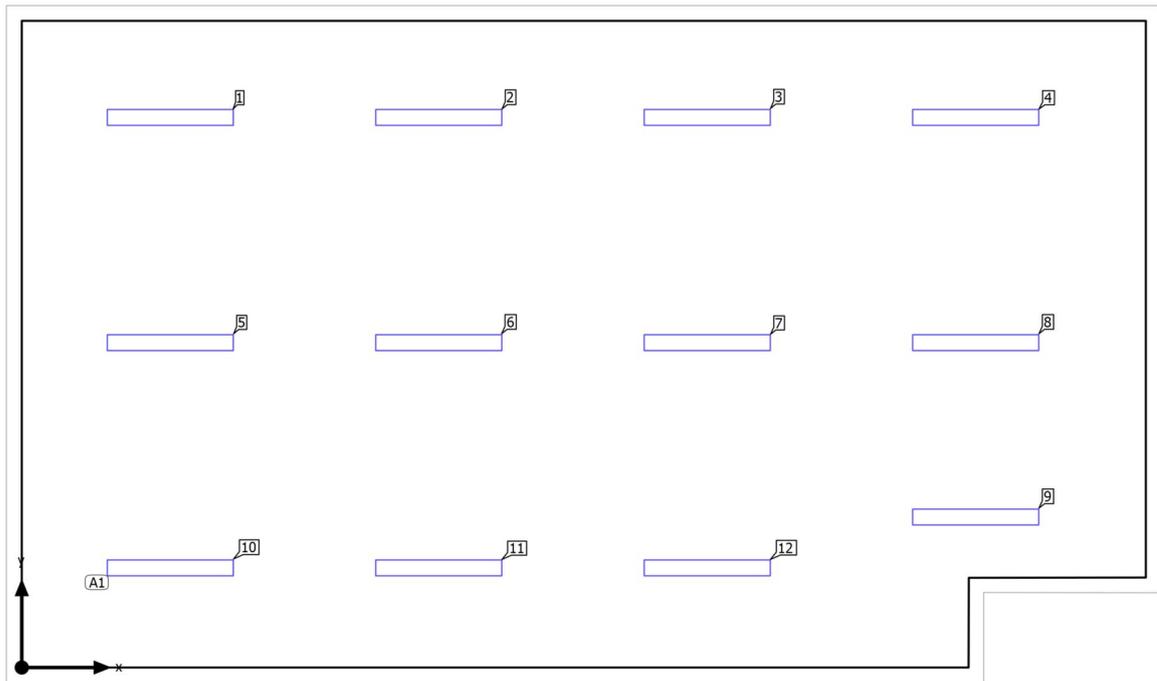
Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Lista de luminárias

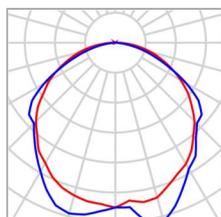
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	R _{UG}	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	-	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Esquema de posição de luminárias



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Esquema de posição de luminárias

Fabricante	Lumicenter Lighting	P	40.0 W
Nº do artigo	CAN16-S232	ΦLuminária	4566 lm
Nome do artigo	CAN16-S232		
Equipagem	2x		

12 x Lumicenter Lighting CAN16-S232

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	9.310 m / 5.410 m / 2.700 m	1.450 m	5.410 m	2.700 m	1
		4.070 m	5.410 m	2.700 m	2
direção X	4 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	6.690 m	5.410 m	2.700 m	3
		9.310 m	5.410 m	2.700 m	4
direção Y	3 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	1.450 m	3.195 m	2.700 m	5
		4.070 m	3.195 m	2.700 m	6
Distribuição	A1	6.690 m	3.195 m	2.700 m	7
		9.310 m	3.195 m	2.700 m	8
		9.310 m	1.480 m	2.700 m	9
		1.450 m	0.980 m	2.700 m	10
		4.070 m	0.980 m	2.700 m	11
		6.690 m	0.980 m	2.700 m	12

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Lista de luminárias Φ_{total}

54792 lm

 P_{total}

480.0 W

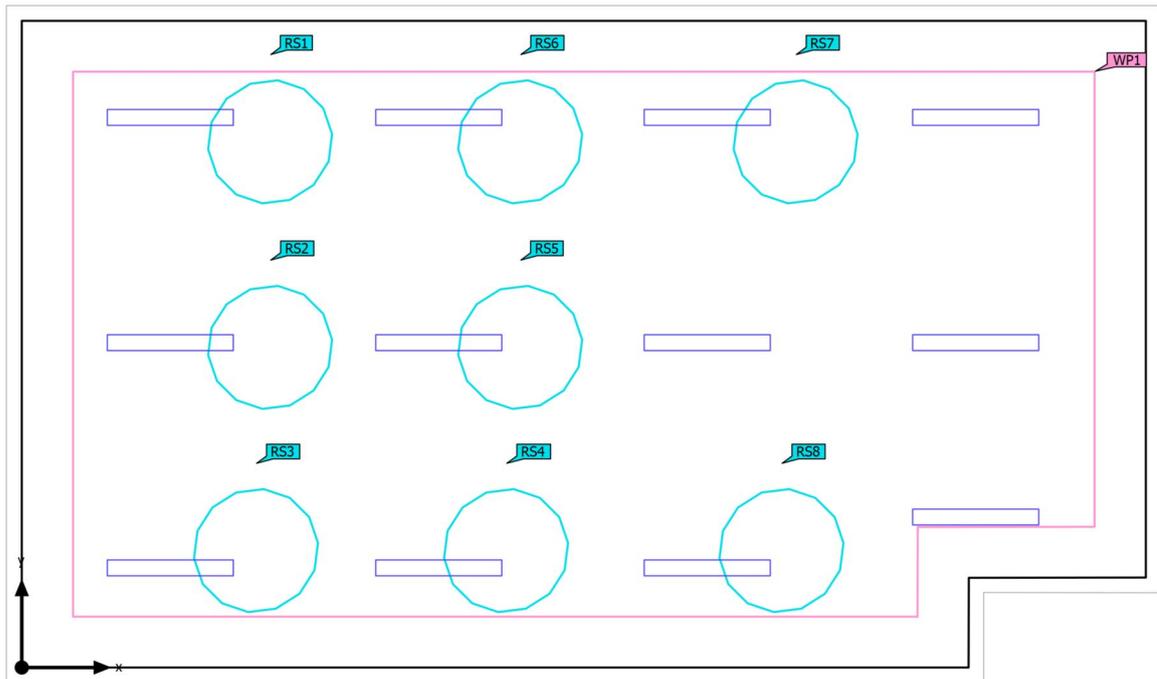
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	N° do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	567 lx (≥ 500 lx) ✓	352 lx	693 lx	0.62 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\emptyset	mín	máx	U_o (g_1)	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	538 lx	497 lx	573 lx	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	69.3 cd/m ²	64.1 cd/m ²	73.9 cd/m ²	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	605 lx	592 lx	626 lx	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	78.1 cd/m ²	76.3 cd/m ²	80.7 cd/m ²	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	549 lx	509 lx	585 lx	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	70.8 cd/m ²	65.7 cd/m ²	75.5 cd/m ²	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	589 lx	539 lx	635 lx	0.92	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	76.0 cd/m ²	69.5 cd/m ²	81.9 cd/m ²	0.91	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	645 lx	617 lx	674 lx	0.96	0.92	RS5

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

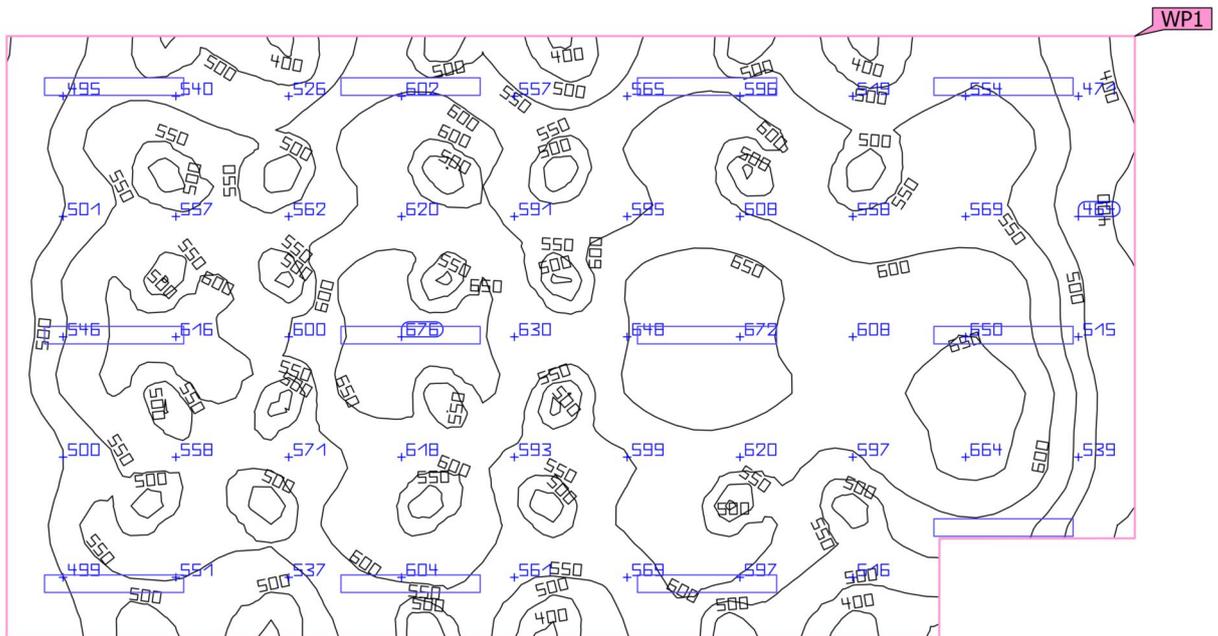
Objectos de cálculo

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	83.3 cd/m ²	79.7 cd/m ²	86.9 cd/m ²	0.96	0.92	RS5
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	576 lx	527 lx	626 lx	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	74.4 cd/m ²	68.0 cd/m ²	80.8 cd/m ²	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	559 lx	504 lx	614 lx	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	72.1 cd/m ²	65.0 cd/m ²	79.2 cd/m ²	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	569 lx	501 lx	623 lx	0.88	0.80	RS8
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	73.4 cd/m ²	64.6 cd/m ²	80.4 cd/m ²	0.88	0.80	RS8

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Plano de uso (Sala 104)

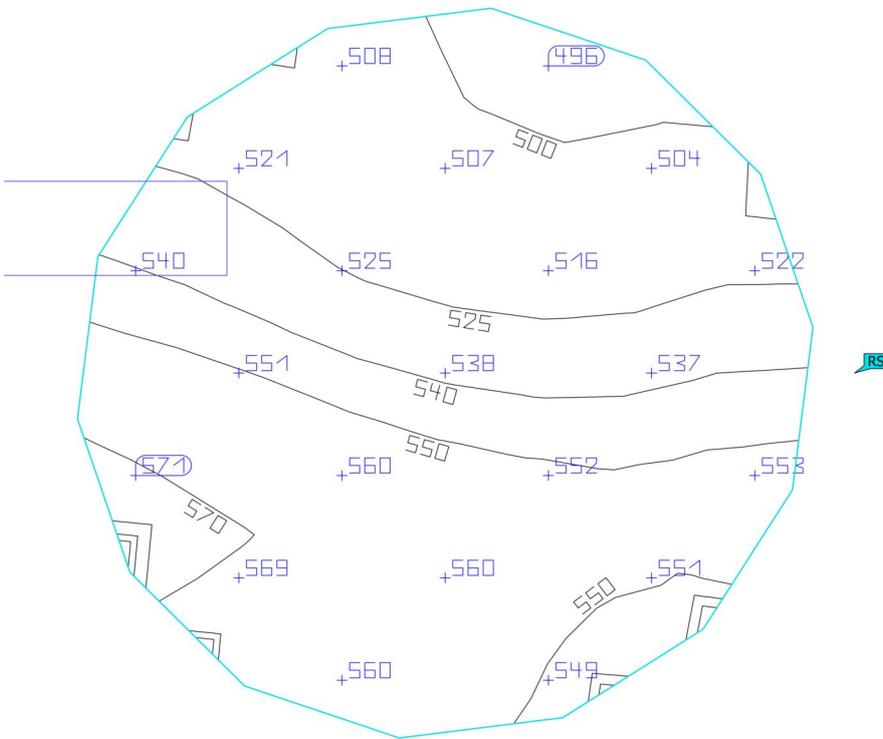
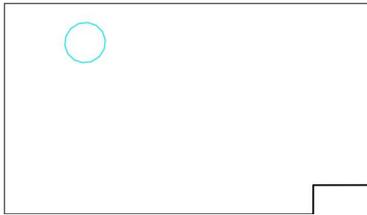


Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104)	567 lx	352 lx	693 lx	0.62	0.51	WP1
Potência luminosa perpendicular (adaptivo)	(≥ 500 lx)			(≥ 0.60)		
Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis)

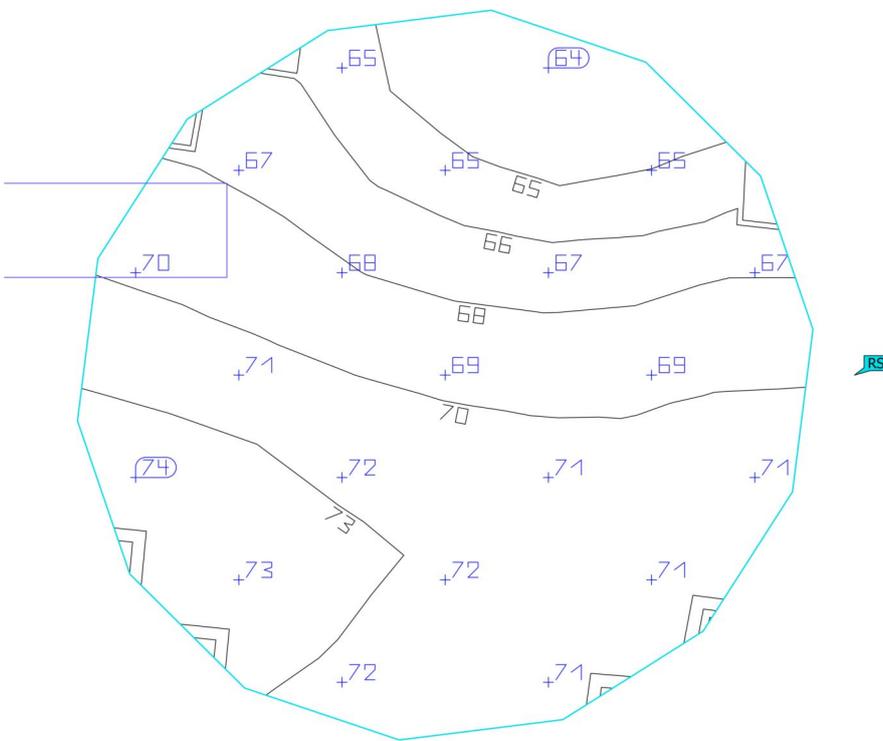
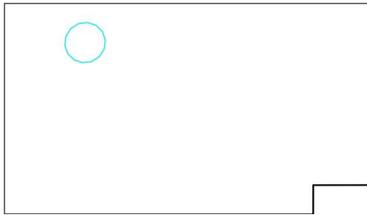


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	538 lx	497 lx	573 lx	0.92	0.87	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis)

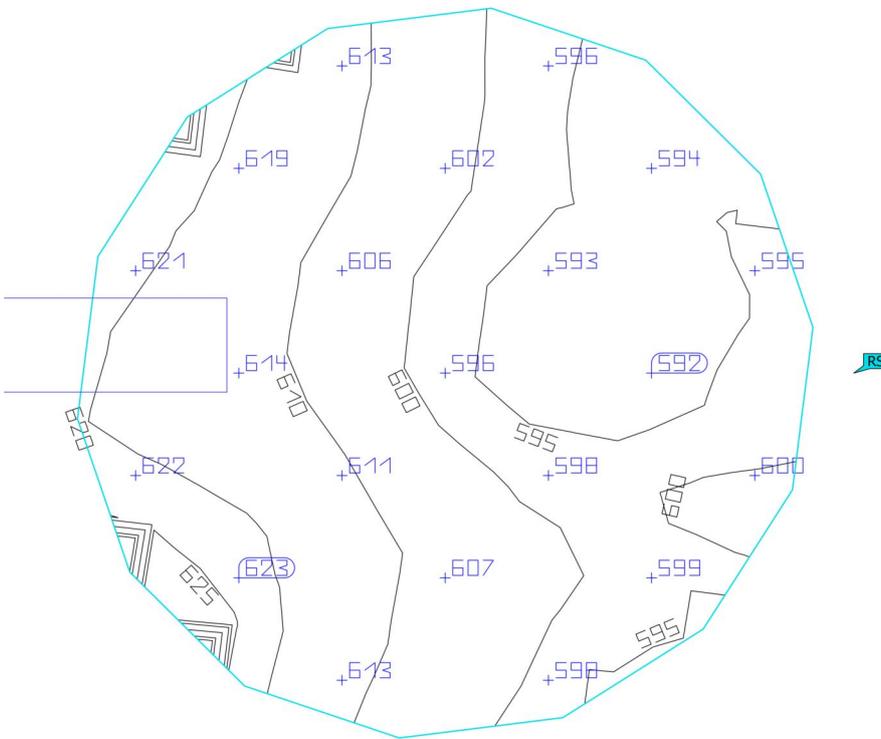
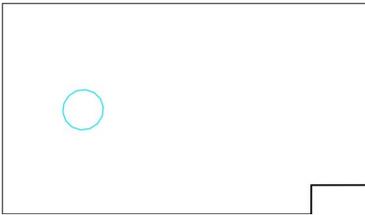


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	69.3 cd/m ²	64.1 cd/m ²	73.9 cd/m ²	0.92	0.87	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis)

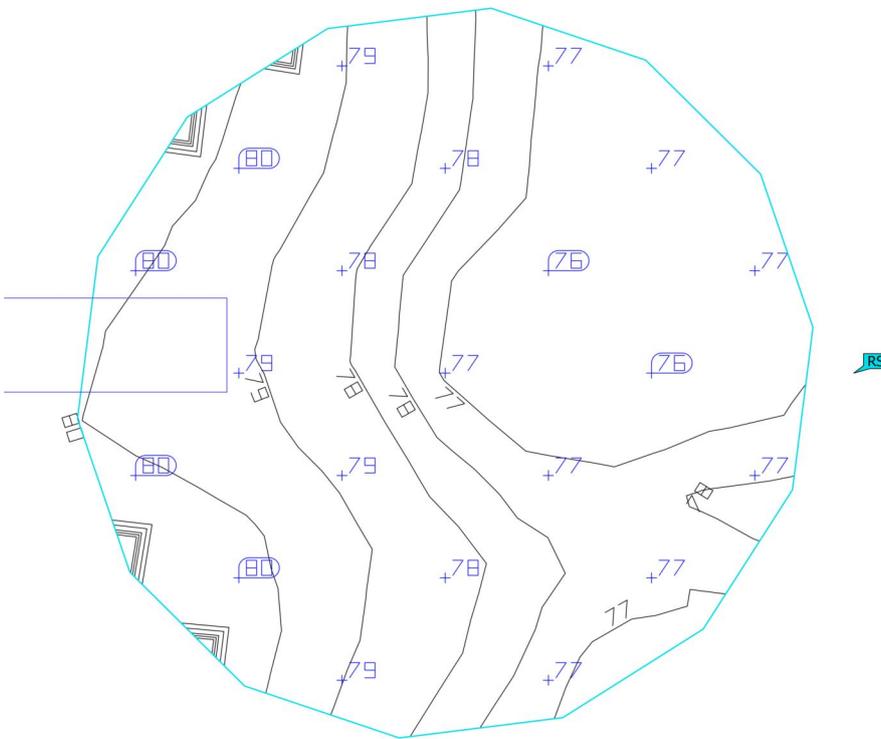
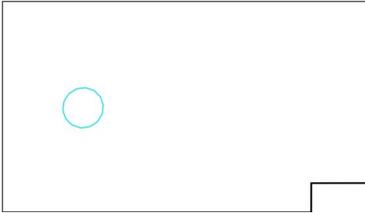


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	605 lx	592 lx	626 lx	0.98	0.95	RS2

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis)

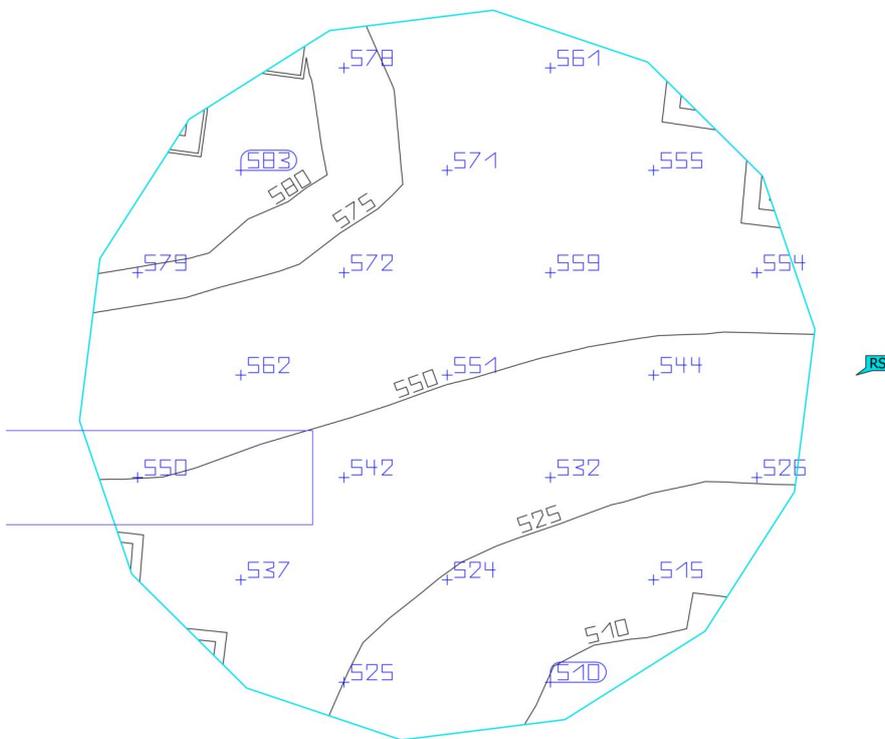


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	78.1 cd/m ²	76.3 cd/m ²	80.7 cd/m ²	0.98	0.95	RS2

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis)

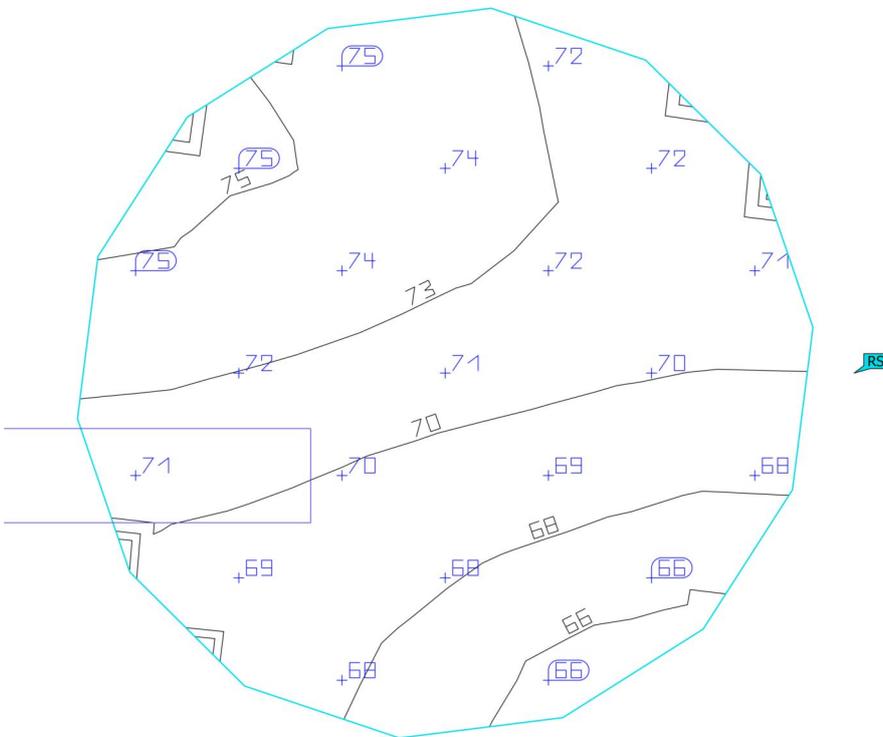


Propriedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	549 lx	509 lx	585 lx	0.93	0.87	RS3

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis)

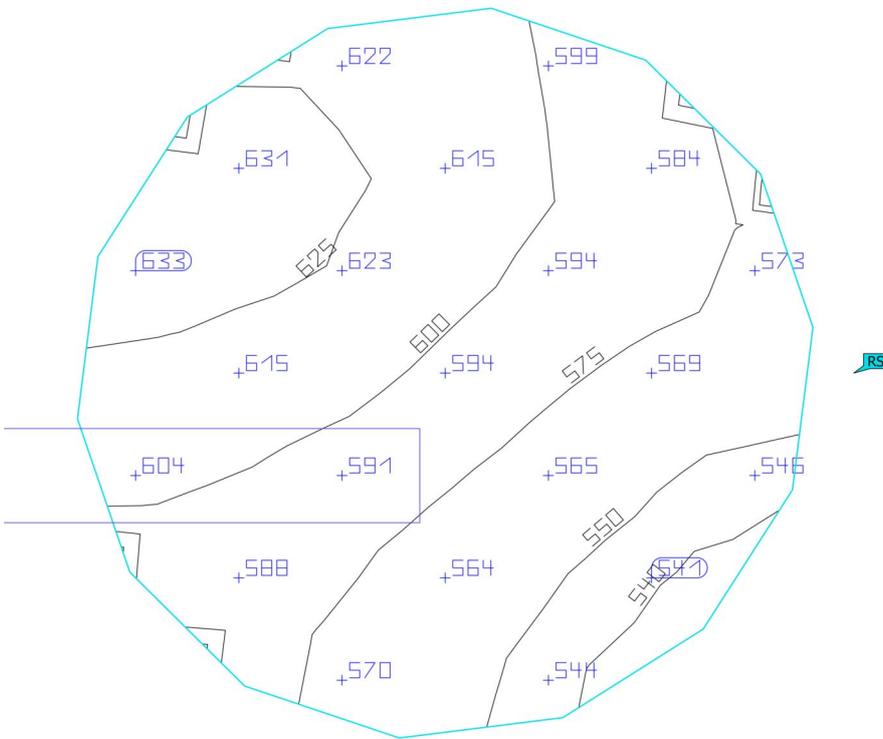
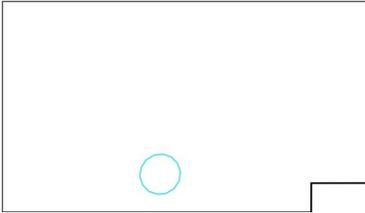


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	70.8 cd/m ²	65.7 cd/m ²	75.5 cd/m ²	0.93	0.87	RS3

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis)

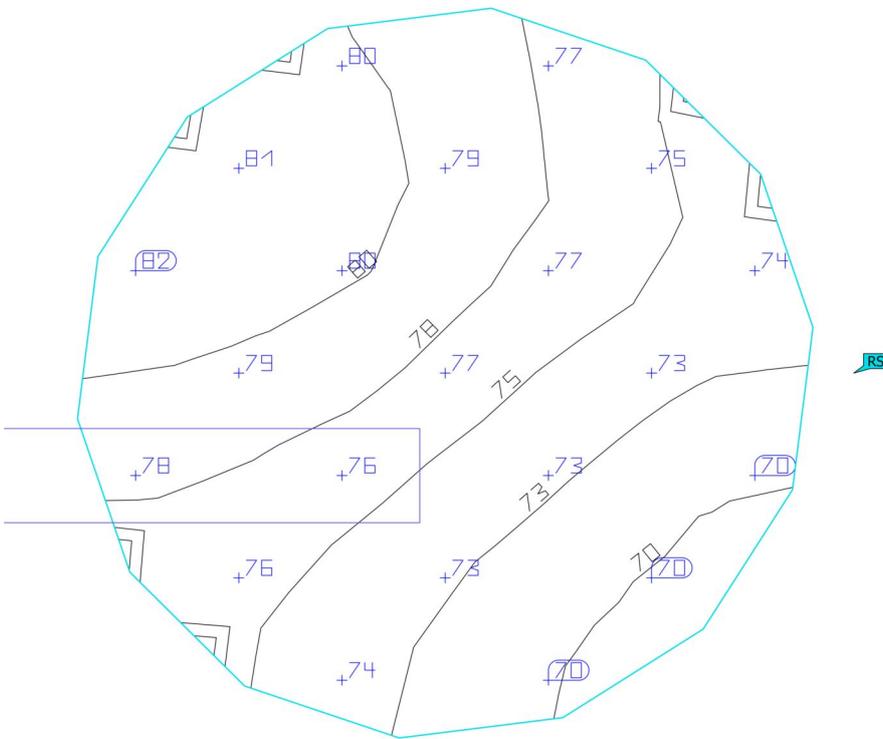
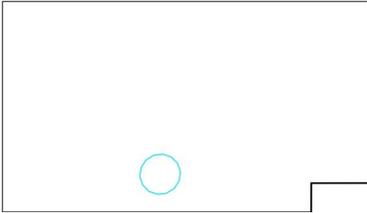


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	589 lx	539 lx	635 lx	0.92	0.85	RS4

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis)

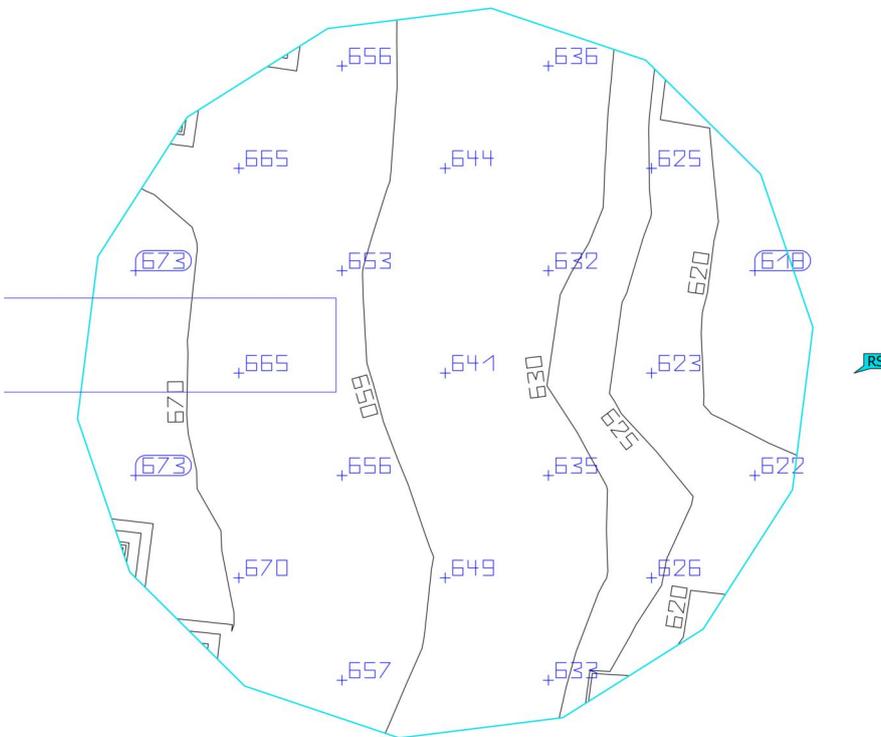
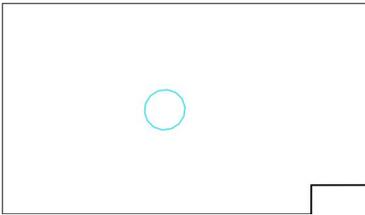


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	76.0 cd/m ²	69.5 cd/m ²	81.9 cd/m ²	0.91	0.85	RS4

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis)

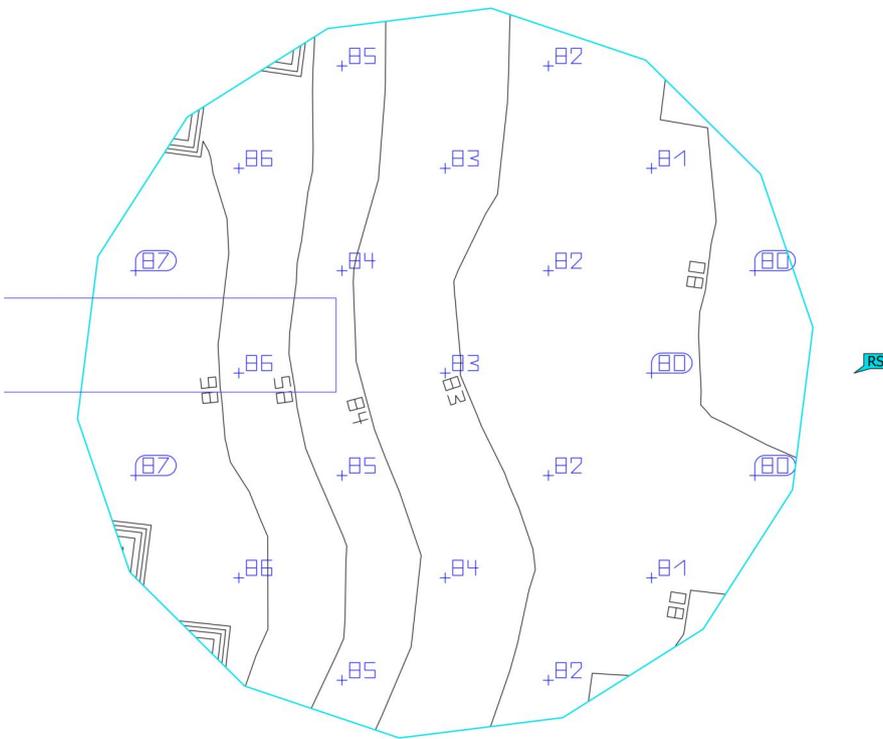
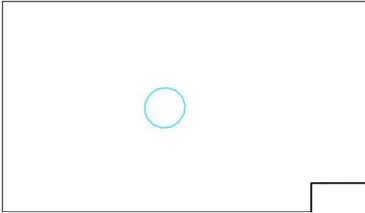


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	645 lx	617 lx	674 lx	0.96	0.92	RSS

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis)

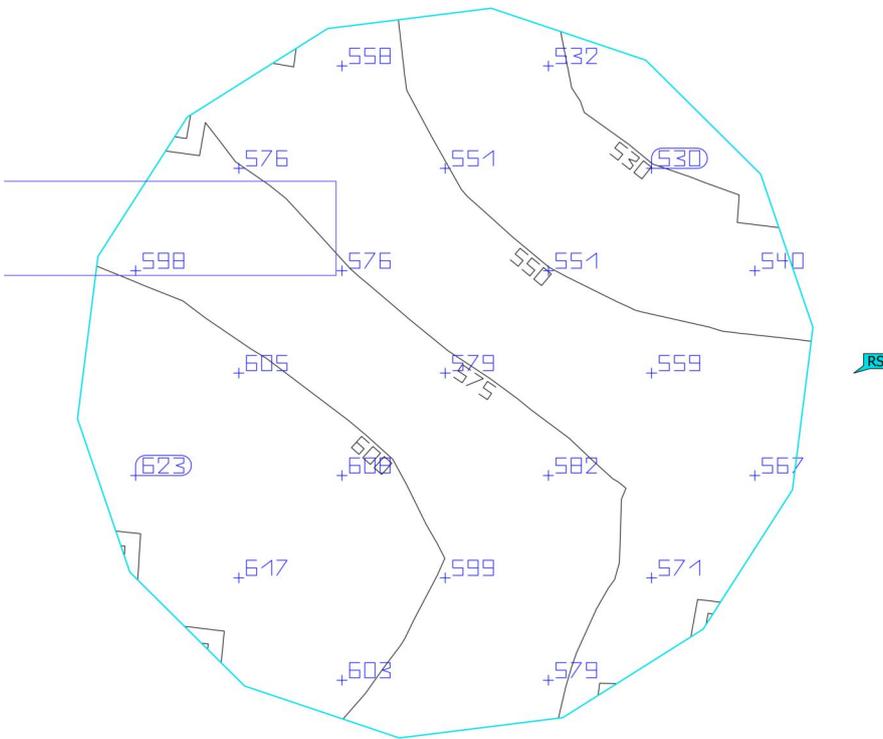
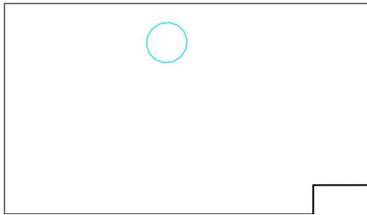


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	83.3 cd/m ²	79.7 cd/m ²	86.9 cd/m ²	0.96	0.92	RSS

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis)

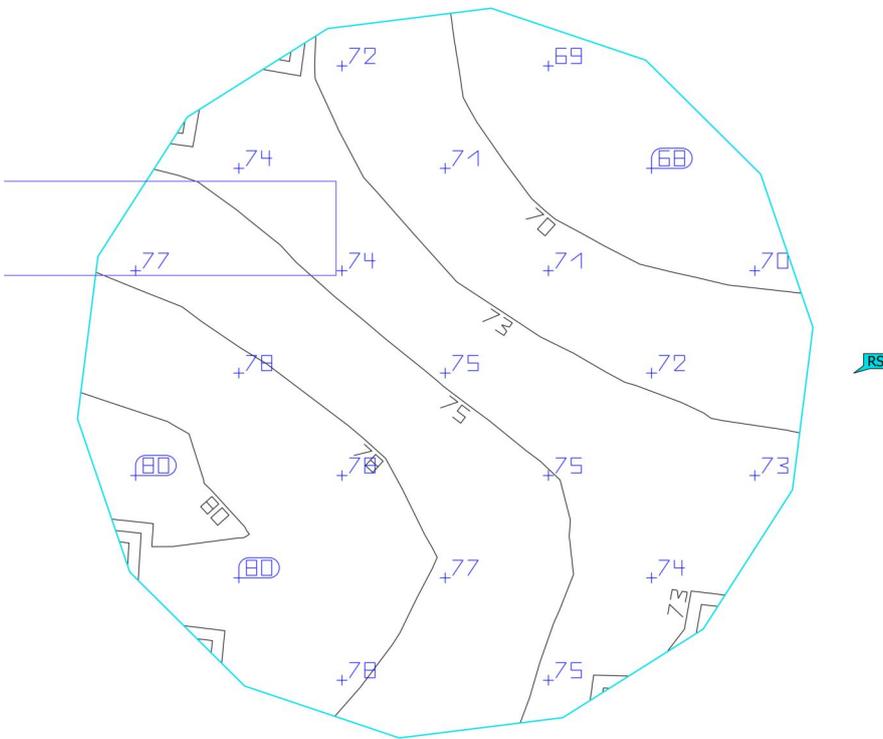
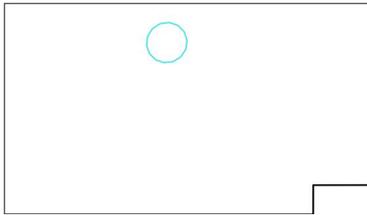


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	576 lx	527 lx	626 lx	0.91	0.84	RS6

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis)

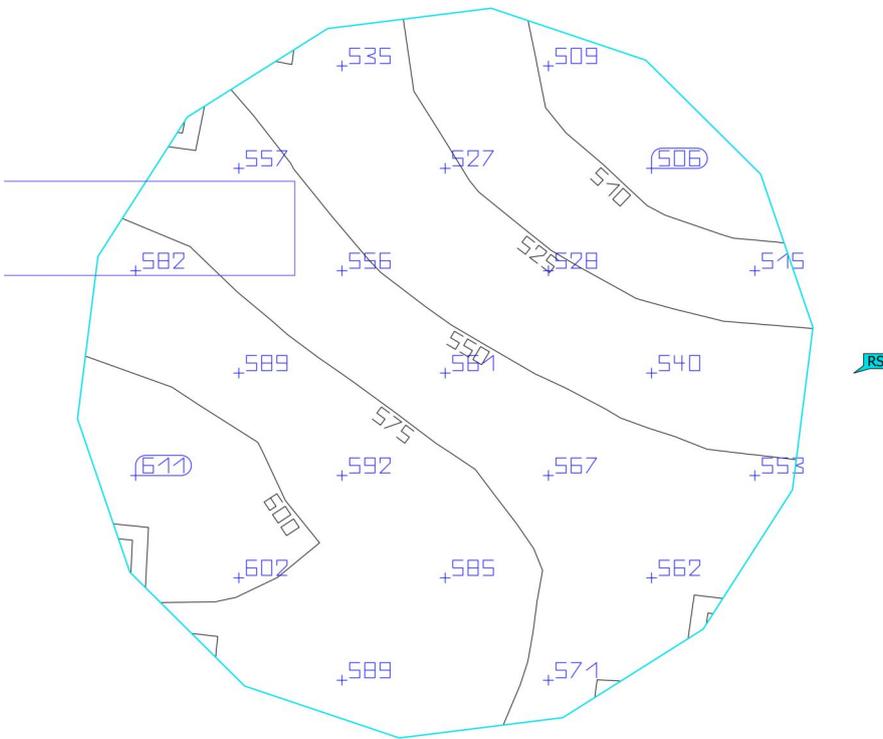
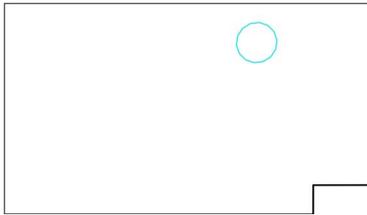


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	74.4 cd/m ²	68.0 cd/m ²	80.8 cd/m ²	0.91	0.84	RS6

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis)

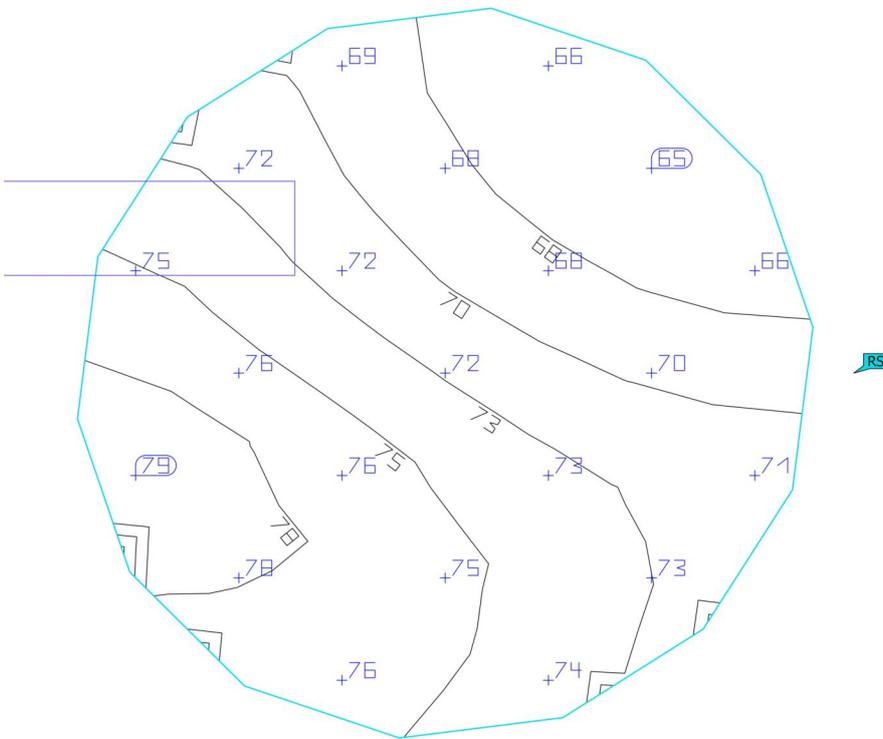
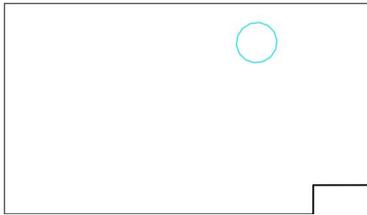


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	559 lx	504 lx	614 lx	0.90	0.82	RS7

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis)

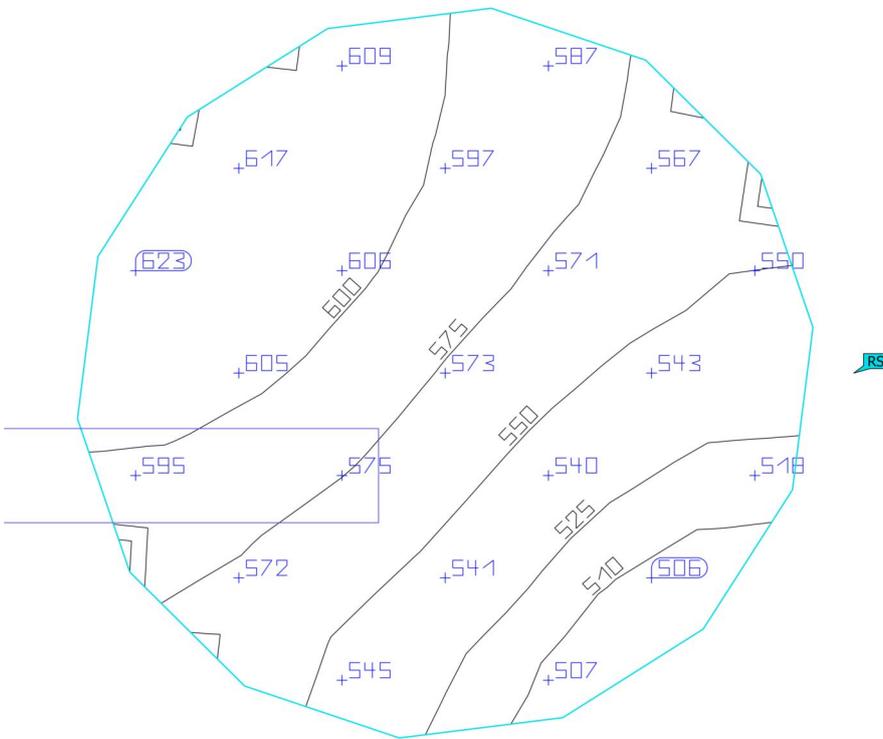
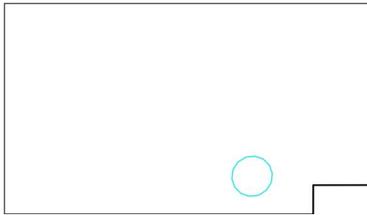


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	72.1 cd/m ²	65.0 cd/m ²	79.2 cd/m ²	0.90	0.82	RS7

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis)



Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	569 lx	501 lx	623 lx	0.88	0.80	RS8

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)



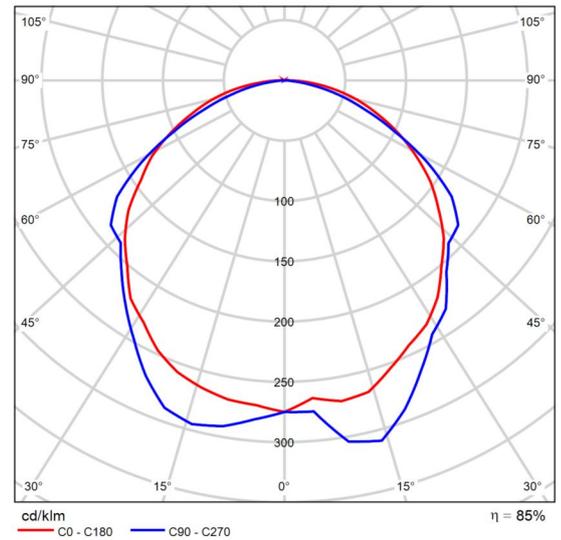
Projecto Sala 104 sem fator de manutenção

Folha de dados do produto

Lumicenter Lighting - CAN16-S232



Nº do artigo	CAN16-S232
P	40.0 W
$\Phi_{\text{Lâmpada}}$	5400 lm
$\Phi_{\text{Luminária}}$	4566 lm
η	84.56 %
Rendimento luminoso	114.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



CDL polar

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Sala 104

P_{total} 480.0 W	A_{Sala} 68.24 m ²	Potência de ligação específica 7.03 W/m ² = 0.99 W/m ² /100 lx (Sala) 9.25 W/m ² = 1.30 W/m ² /100 lx (Plano de uso)	E_{vertical} (Plano de uso) 709 lx
-------------------------------------	---	---	--

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm

Edifício 1 · Andar 1

Lista de luminárias Φ_{total}

54792 lm

 P_{total}

480.0 W

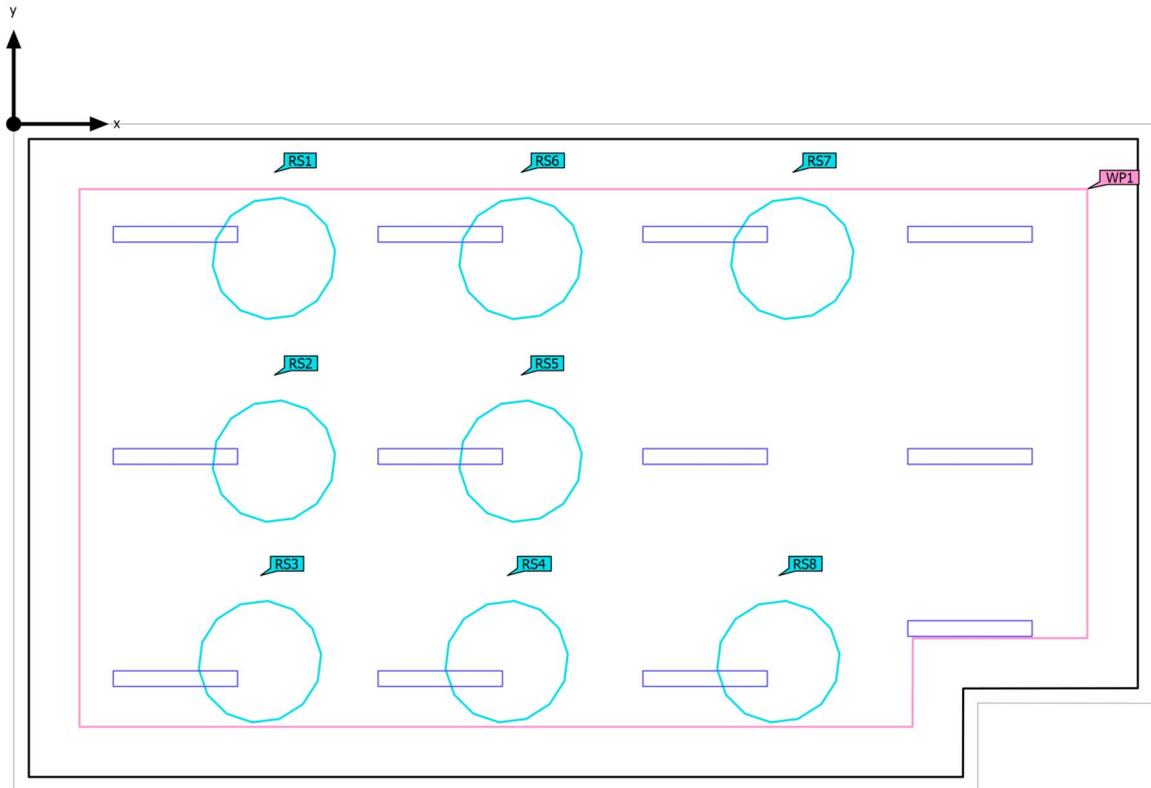
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	709 lx (≥ 500 lx) ✓	441 lx	866 lx	0.62 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\bar{E}	mín	máx	U_o (g_1)	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	672 lx	621 lx	716 lx	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	86.7 cd/m ²	80.1 cd/m ²	92.3 cd/m ²	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	757 lx	740 lx	782 lx	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	97.6 cd/m ²	95.4 cd/m ²	101 cd/m ²	0.98	0.94	RS2
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	686 lx	636 lx	732 lx	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	88.5 cd/m ²	82.1 cd/m ²	94.4 cd/m ²	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	736 lx	674 lx	793 lx	0.92	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	95.0 cd/m ²	86.9 cd/m ²	102 cd/m ²	0.91	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	807 lx	772 lx	842 lx	0.96	0.92	RS5

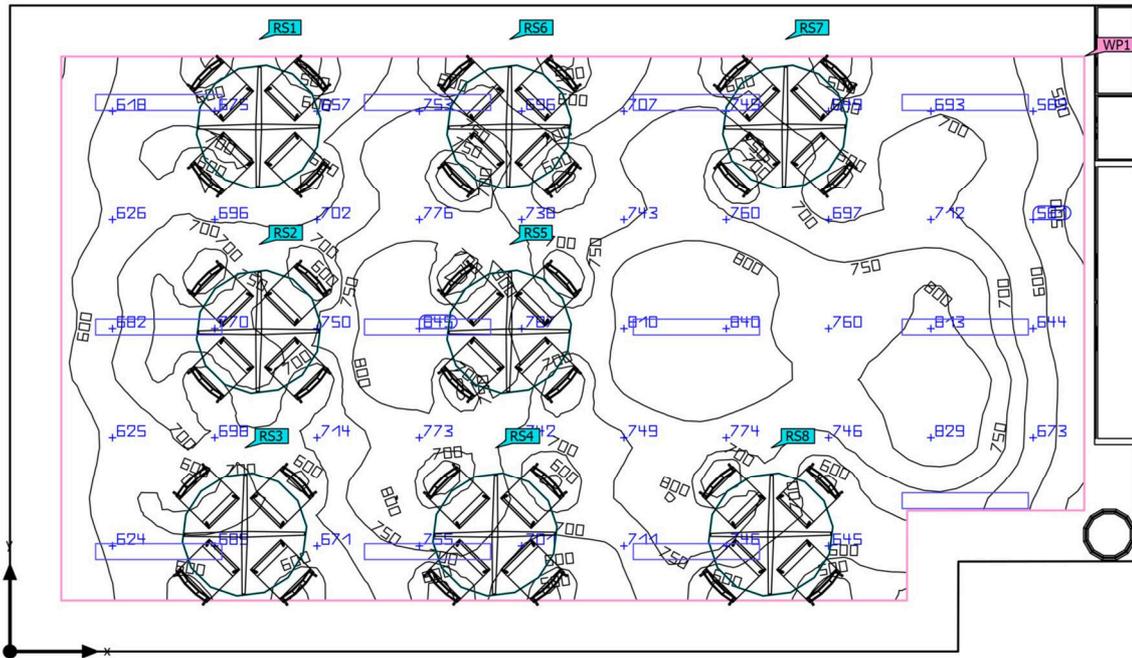
Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	104 cd/m ²	99.6 cd/m ²	109 cd/m ²	0.96	0.91	RS5
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	721 lx	659 lx	783 lx	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	92.9 cd/m ²	85.0 cd/m ²	101 cd/m ²	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	699 lx	630 lx	768 lx	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	90.1 cd/m ²	81.3 cd/m ²	99.0 cd/m ²	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	712 lx	626 lx	779 lx	0.88	0.80	RS8
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	91.8 cd/m ²	80.8 cd/m ²	101 cd/m ²	0.88	0.80	RS8

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Resumo



Superfície básica	68.24 m ²	Pé direito livre	3.000 m
Grau de reflexão	Tecto: 70.0 %, Paredes: 40.1 %, Solo: 15.2 %	Altura de montagem	2.700 m
Factor de manutenção	1.00 (Valor fixo)	Altura <small>plano de uso</small>	0.750 m
		Zona marginal <small>plano de uso</small>	0.500 m

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Plano de uso	$\bar{E}_{vertical}$	709 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	$U_o (g_1)$	0.62	≥ 0.60	✓	WP1
	Potência de ligação específica	9.25 W/m ²	-		
		1.30 W/m ² /100 lx	-		
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	[39.55 - 64.80] kWh/a	máx. 2400 kWh/a	✓	
Sala	Potência de ligação específica	7.03 W/m ²	-		
		0.99 W/m ² /100 lx	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 10.970 m x 6.360 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado com DIN:18599-4.

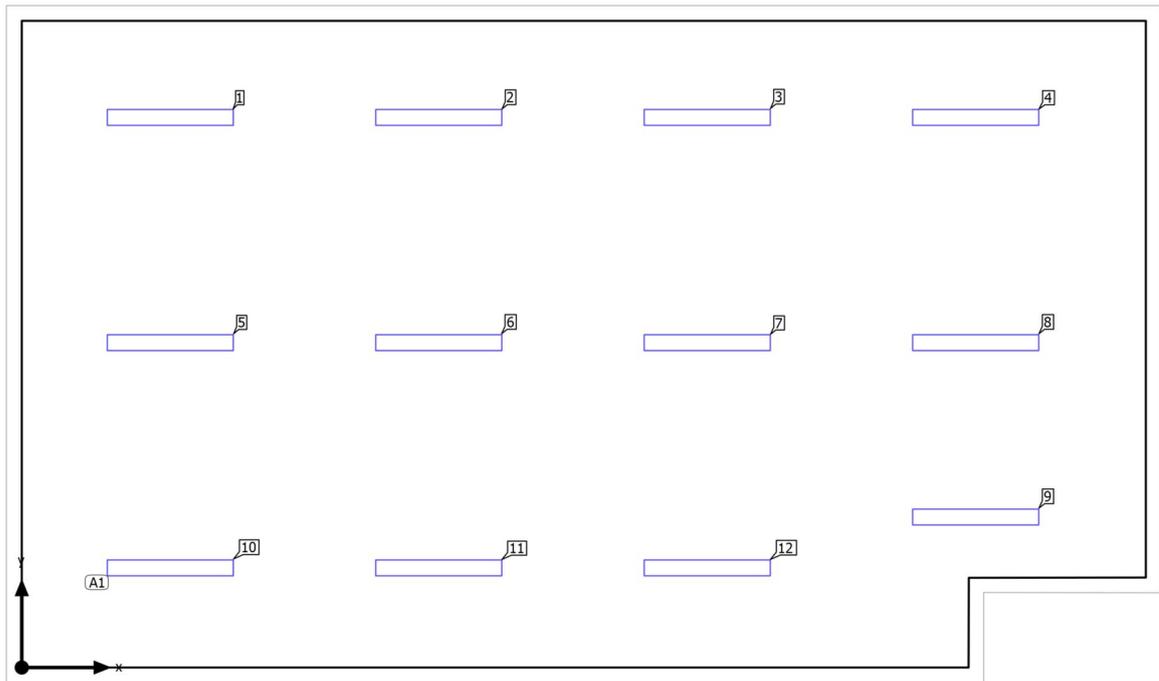
Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Lista de luminárias

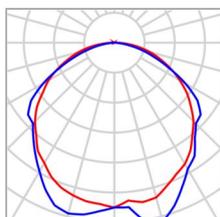
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	R _{UG}	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	-	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Esquema de posição de luminárias



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Esquema de posição de luminárias

Fabricante	Lumicenter Lighting	P	40.0 W
Nº do artigo	CAN16-S232	ΦLuminária	4566 lm
Nome do artigo	CAN16-S232		
Equipagem	2x		

12 x Lumicenter Lighting CAN16-S232

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	9.310 m / 5.410 m / 2.700 m	1.450 m	5.410 m	2.700 m	1
		4.070 m	5.410 m	2.700 m	2
direção X	4 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	6.690 m	5.410 m	2.700 m	3
		9.310 m	5.410 m	2.700 m	4
direção Y	3 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	1.450 m	3.195 m	2.700 m	5
		4.070 m	3.195 m	2.700 m	6
Distribuição	A1	6.690 m	3.195 m	2.700 m	7
		9.310 m	3.195 m	2.700 m	8
		9.310 m	1.480 m	2.700 m	9
		1.450 m	0.980 m	2.700 m	10
		4.070 m	0.980 m	2.700 m	11
		6.690 m	0.980 m	2.700 m	12

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104

Lista de luminárias Φ_{total}

54792 lm

 P_{total}

480.0 W

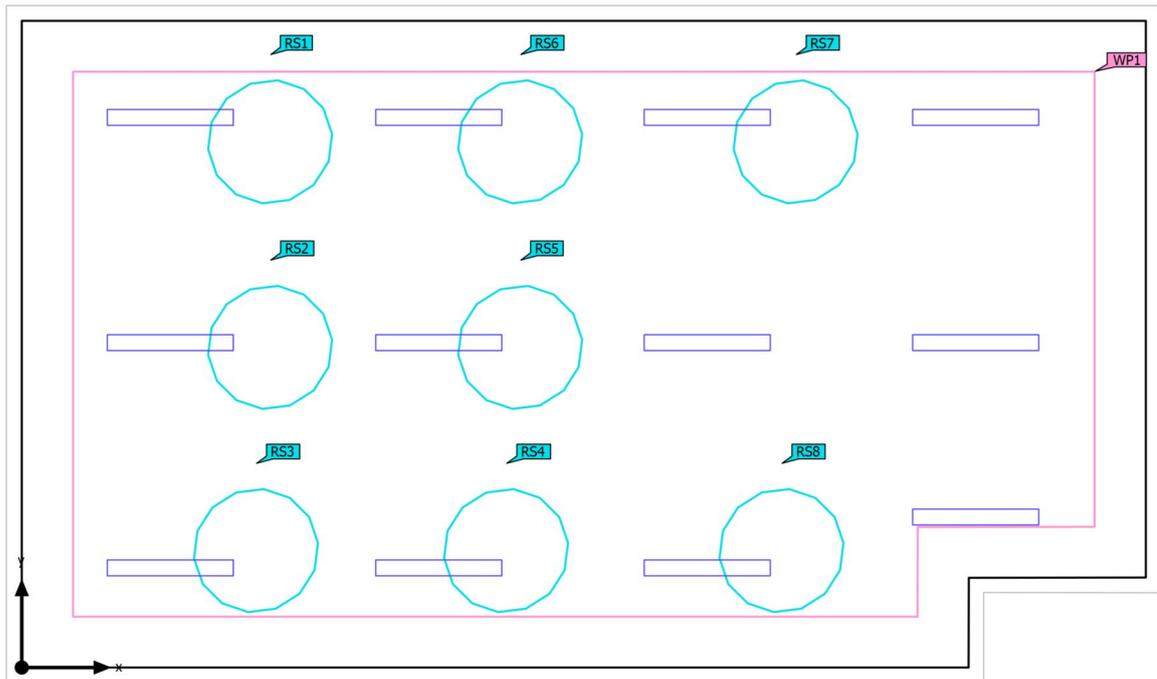
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	N° do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
12	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	709 lx (≥ 500 lx) ✓	441 lx	866 lx	0.62 (≥ 0.60) ✓	0.51	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\bar{E}	mín	máx	U_o (g_1)	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	672 lx	621 lx	716 lx	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	86.7 cd/m ²	80.1 cd/m ²	92.3 cd/m ²	0.92	0.87	RS1
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	757 lx	740 lx	782 lx	0.98	0.95	RS2
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	97.6 cd/m ²	95.4 cd/m ²	101 cd/m ²	0.98	0.94	RS2
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	686 lx	636 lx	732 lx	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	88.5 cd/m ²	82.1 cd/m ²	94.4 cd/m ²	0.93	0.87	RS3
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	736 lx	674 lx	793 lx	0.92	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	95.0 cd/m ²	86.9 cd/m ²	102 cd/m ²	0.91	0.85	RS4
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	807 lx	772 lx	842 lx	0.96	0.92	RS5

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

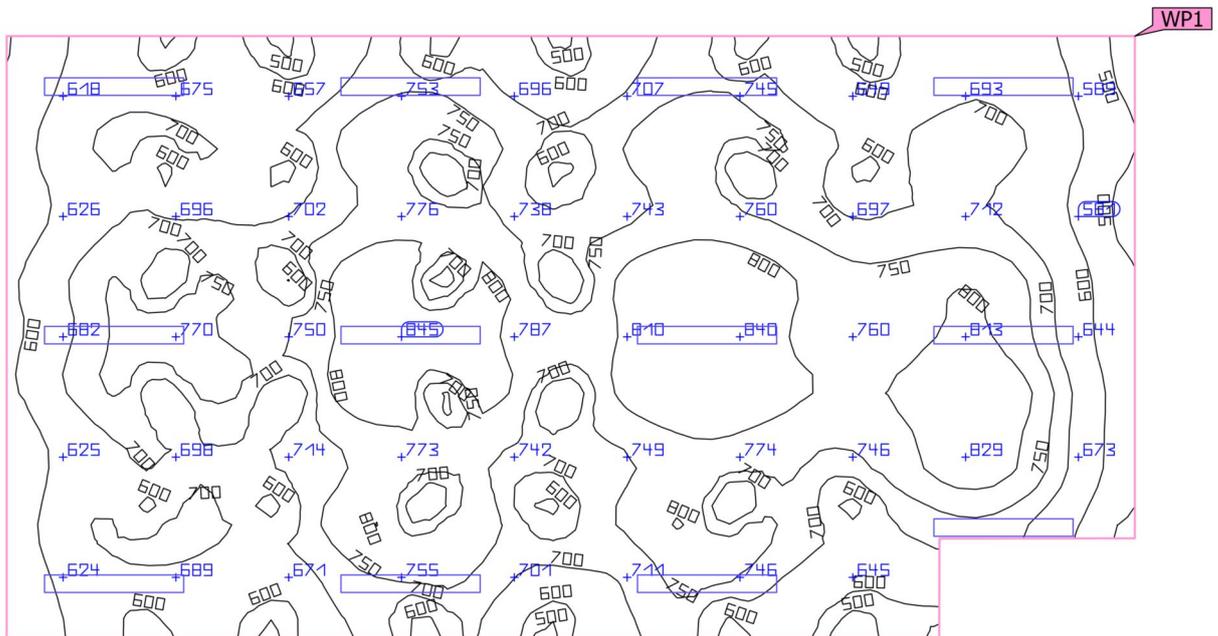
Objectos de cálculo

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	104 cd/m ²	99.6 cd/m ²	109 cd/m ²	0.96	0.91	RS5
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	721 lx	659 lx	783 lx	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	92.9 cd/m ²	85.0 cd/m ²	101 cd/m ²	0.91	0.84	RS6
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	699 lx	630 lx	768 lx	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	90.1 cd/m ²	81.3 cd/m ²	99.0 cd/m ²	0.90	0.82	RS7
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	712 lx	626 lx	779 lx	0.88	0.80	RS8
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	91.8 cd/m ²	80.8 cd/m ²	101 cd/m ²	0.88	0.80	RS8

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Plano de uso (Sala 104)

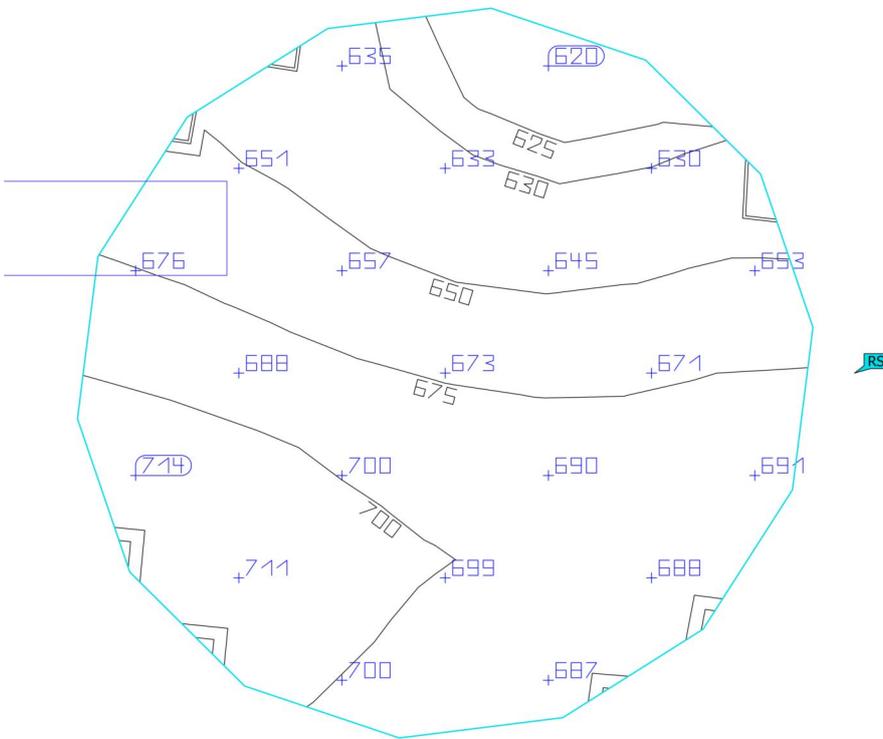
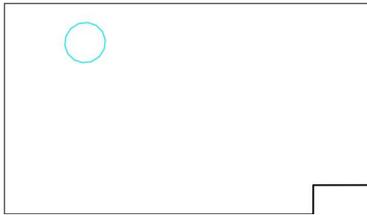


Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 104)	709 lx	441 lx	866 lx	0.62	0.51	WP1
Potência luminosa perpendicular (adaptivo)	≥ 500 lx			≥ 0.60		
Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis)

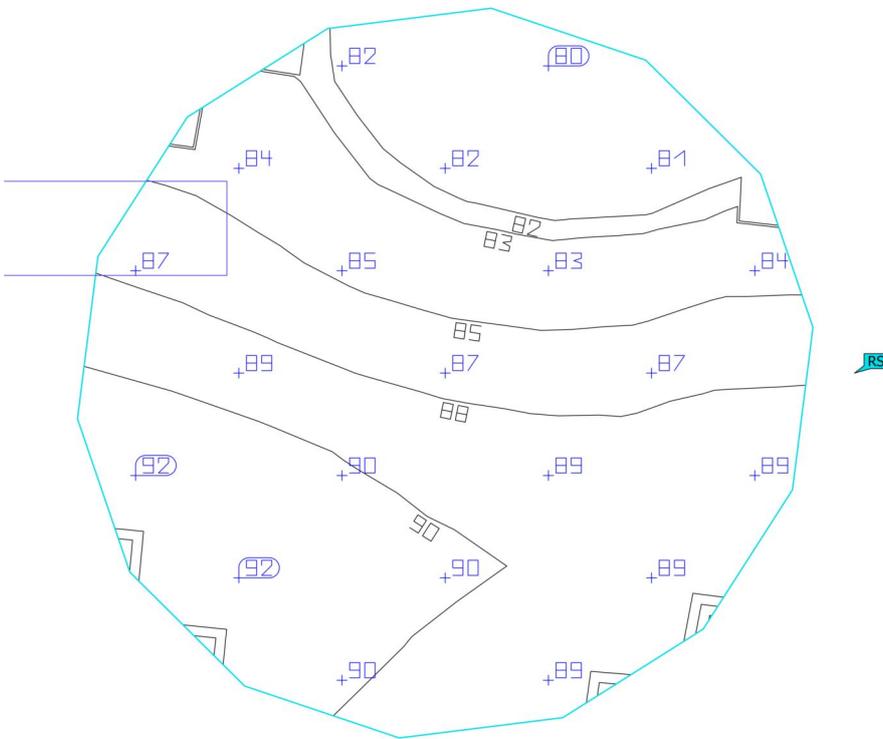
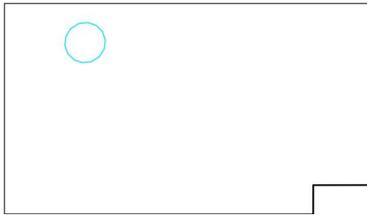


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	672 lx	621 lx	716 lx	0.92	0.87	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis)

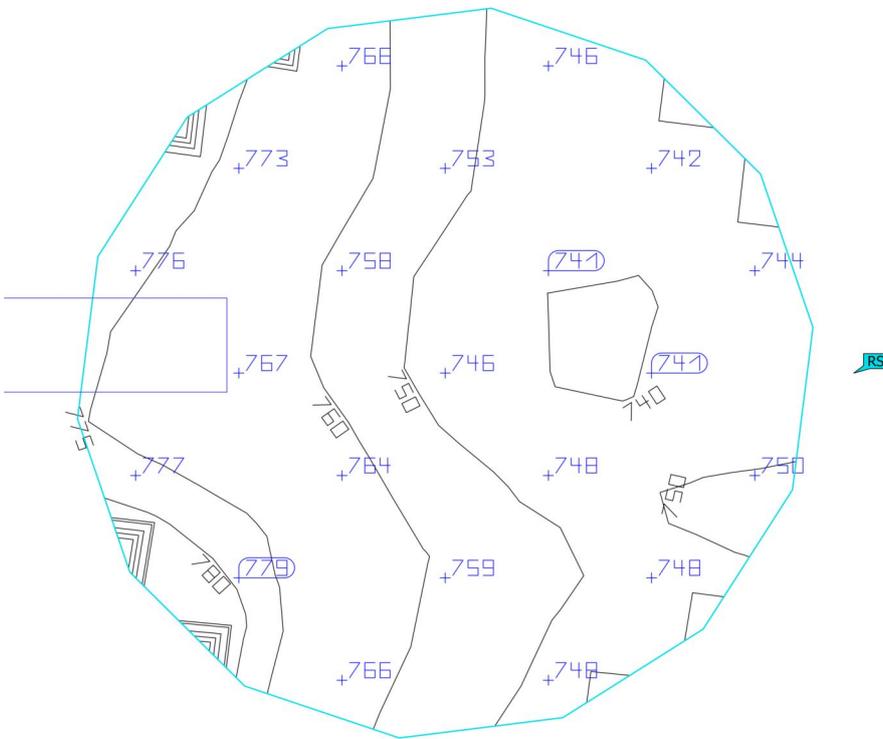
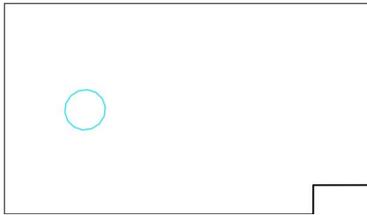


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 3 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	86.7 cd/m ²	80.1 cd/m ²	92.3 cd/m ²	0.92	0.87	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis)

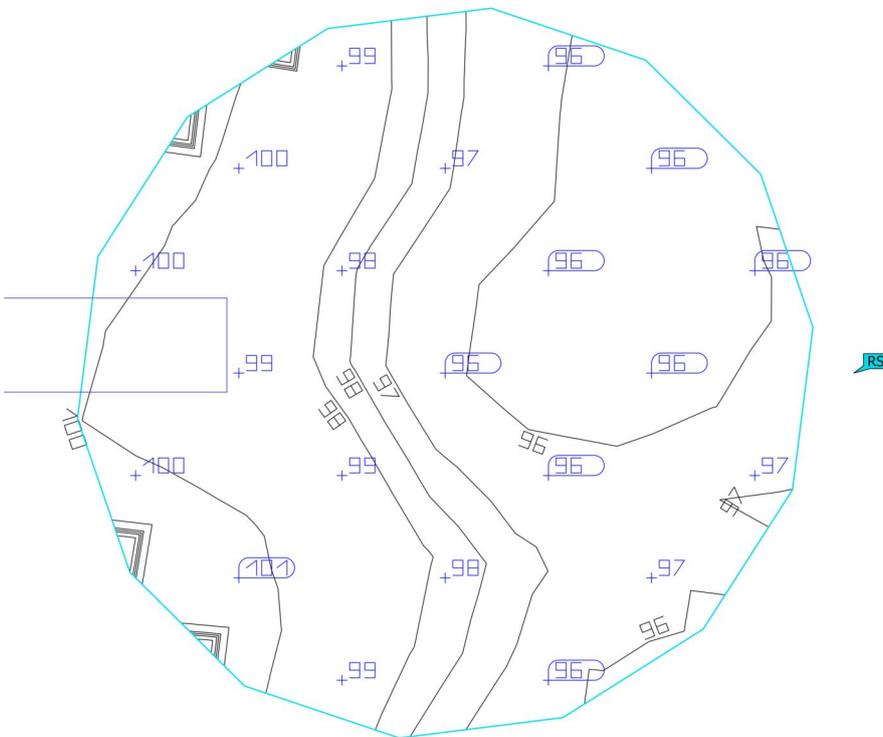
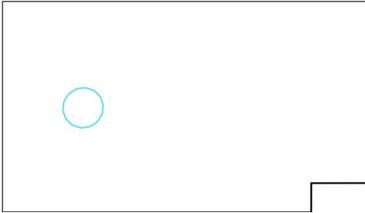


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	757 lx	740 lx	782 lx	0.98	0.95	RS2

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis)

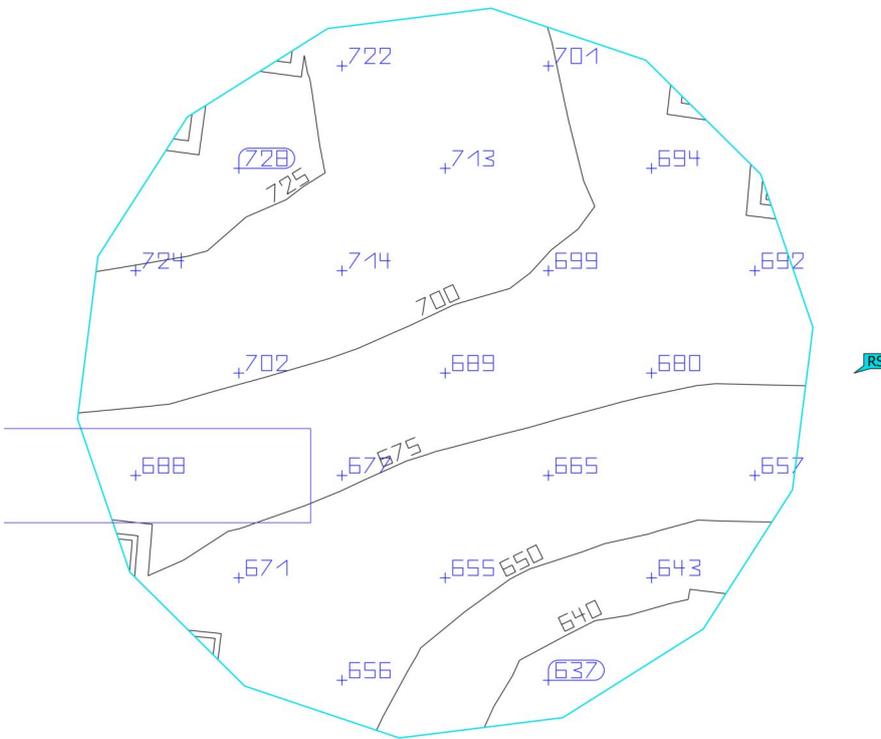


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 4 (Móveis)	97.6 cd/m ²	95.4 cd/m ²	101 cd/m ²	0.98	0.94	RS2
Densidade de luminância						
Altura: 0.750 m						

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis)

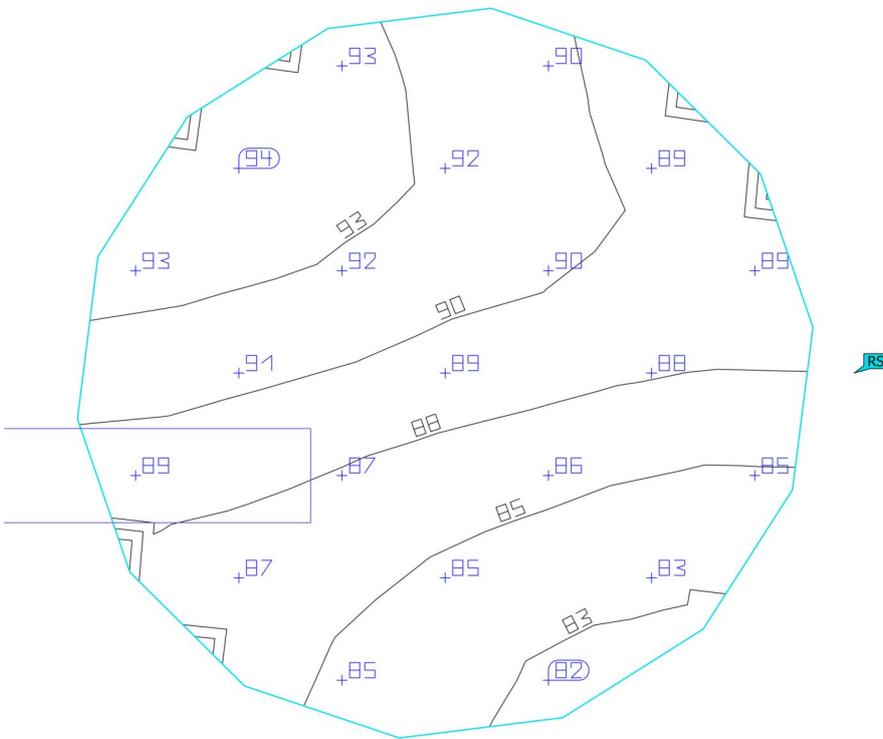


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	686 lx	636 lx	732 lx	0.93	0.87	RS3

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis)

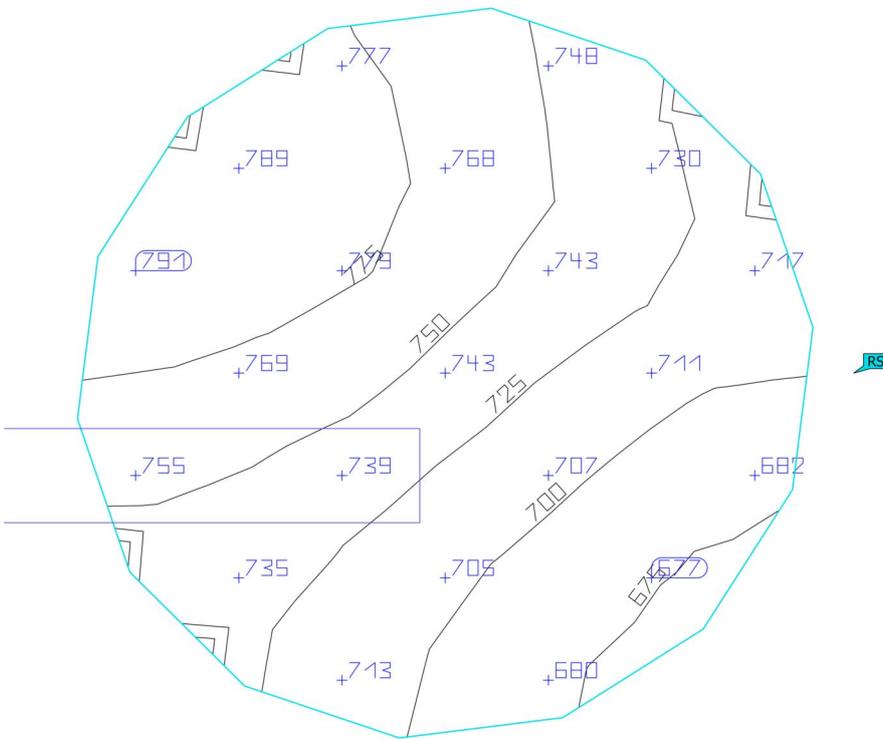
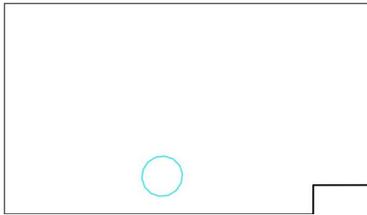


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 5 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	88.5 cd/m ²	82.1 cd/m ²	94.4 cd/m ²	0.93	0.87	RS3

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis)

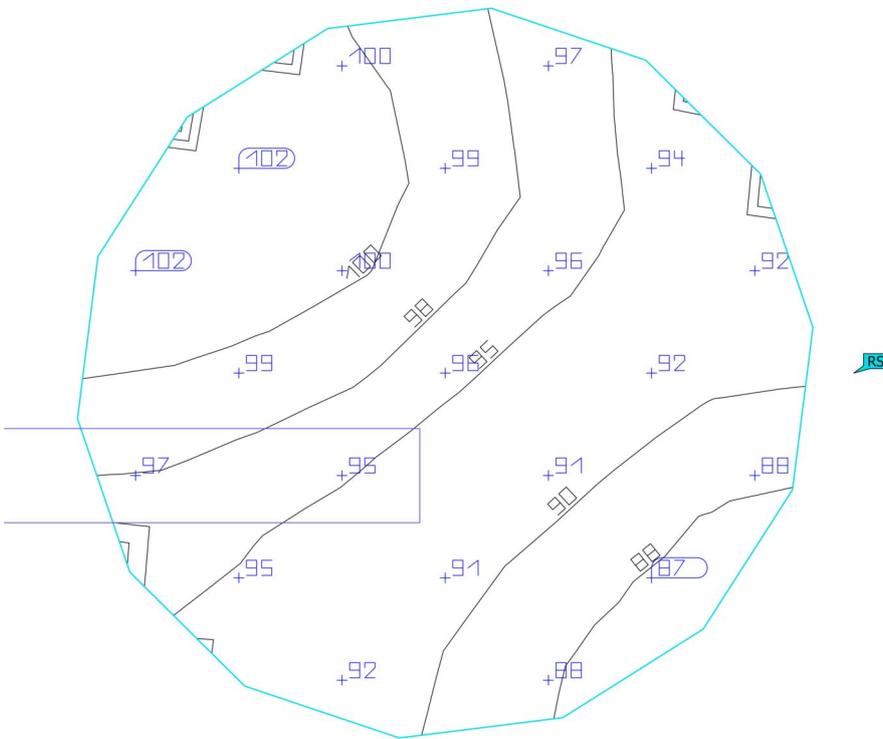
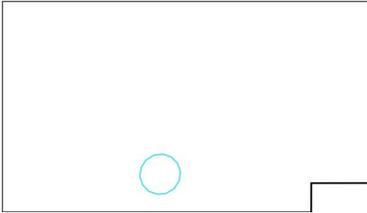


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	736 lx	674 lx	793 lx	0.92	0.85	RS4

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis)

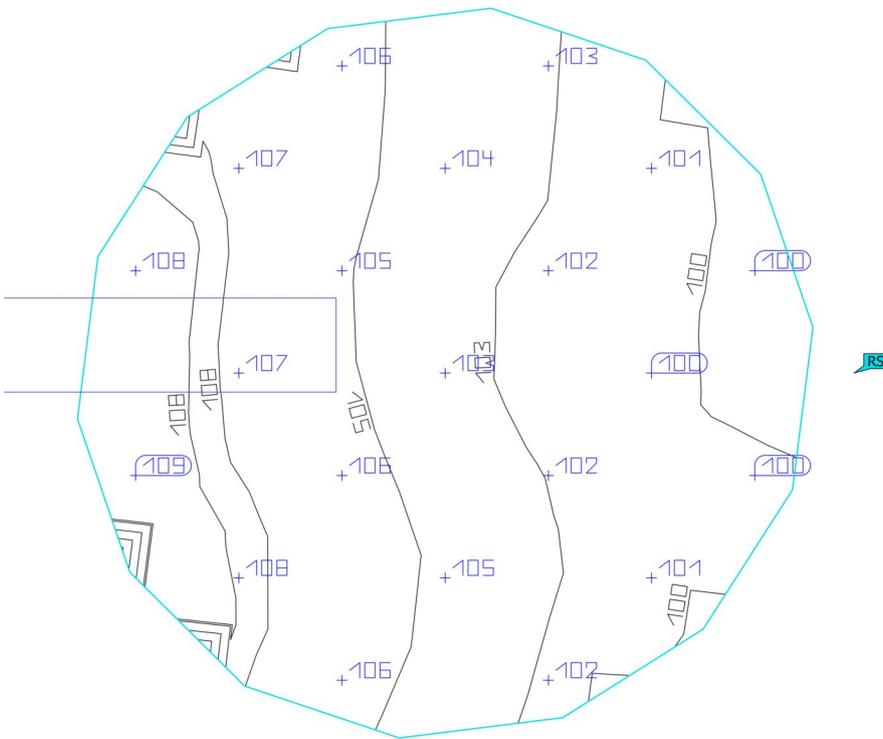
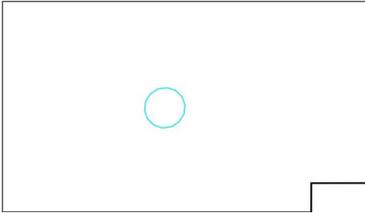


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 6 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	95.0 cd/m ²	86.9 cd/m ²	102 cd/m ²	0.91	0.85	RS4

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis)

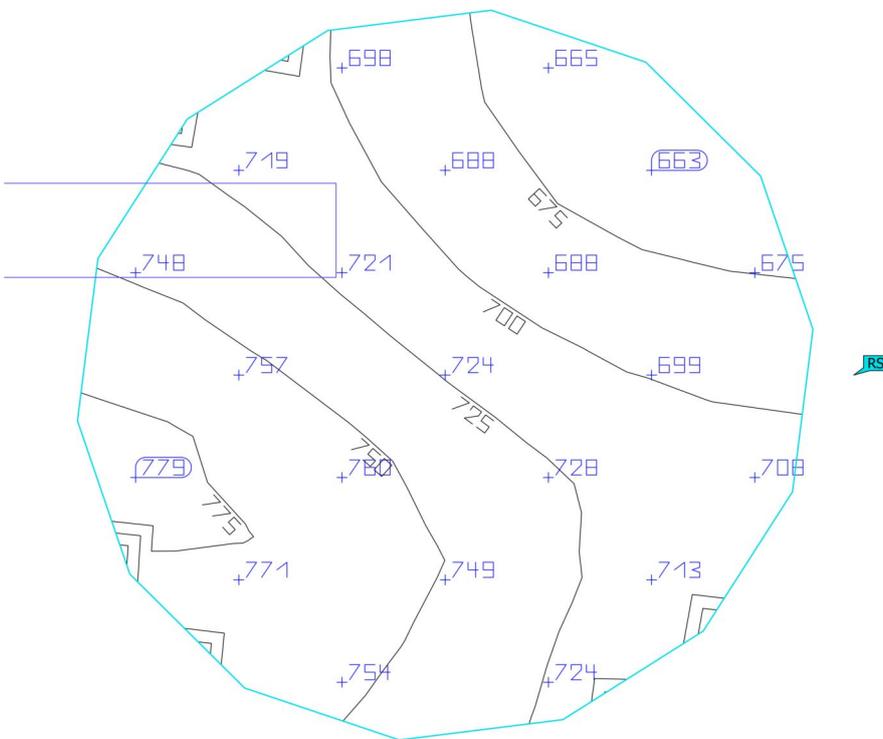
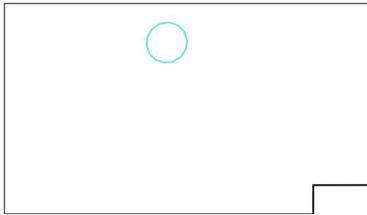


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 7 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	104 cd/m ²	99.6 cd/m ²	109 cd/m ²	0.96	0.91	RSS

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis)

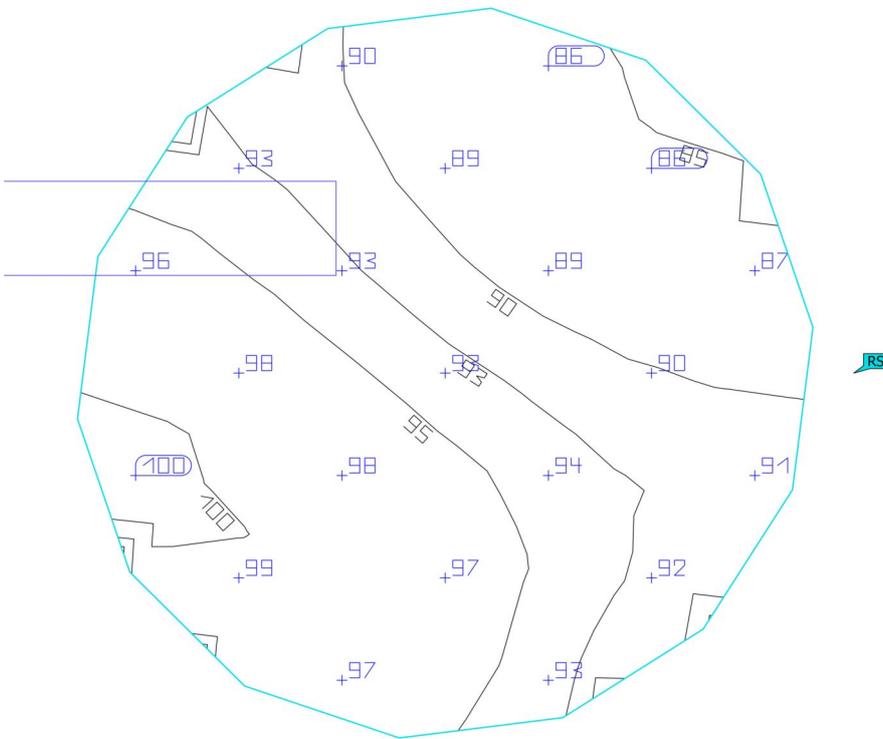
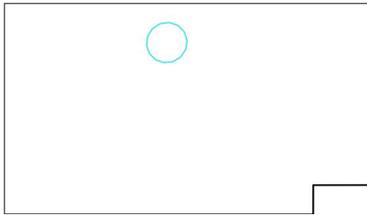


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	721 lx	659 lx	783 lx	0.91	0.84	RS6

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis)

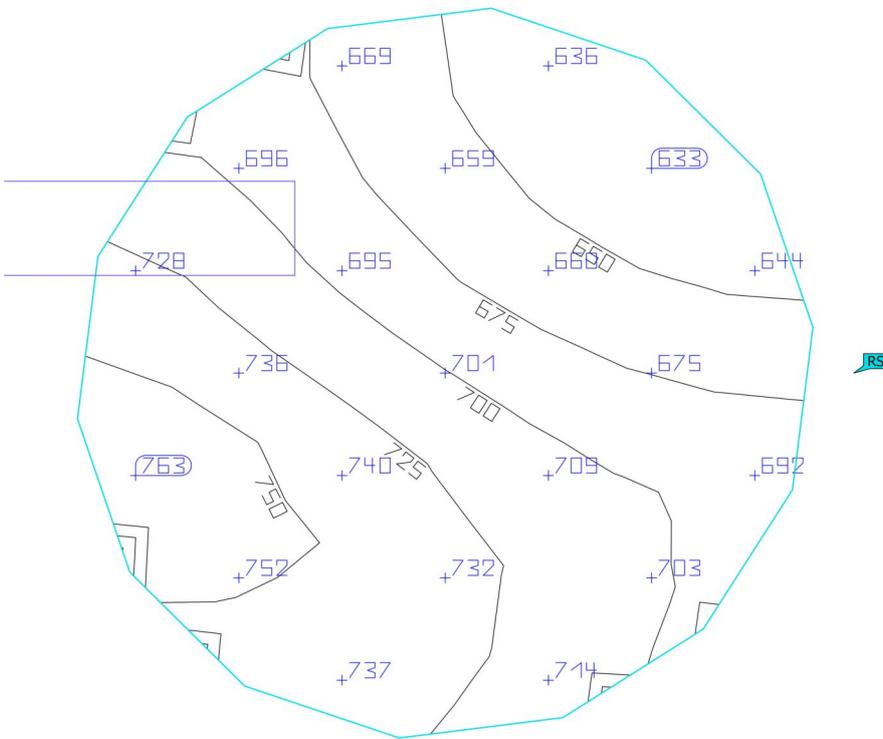
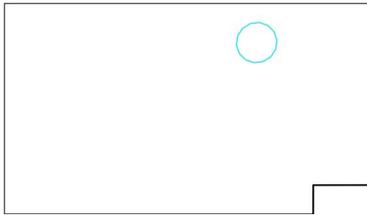


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 8 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	92.9 cd/m ²	85.0 cd/m ²	101 cd/m ²	0.91	0.84	RS6

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis)

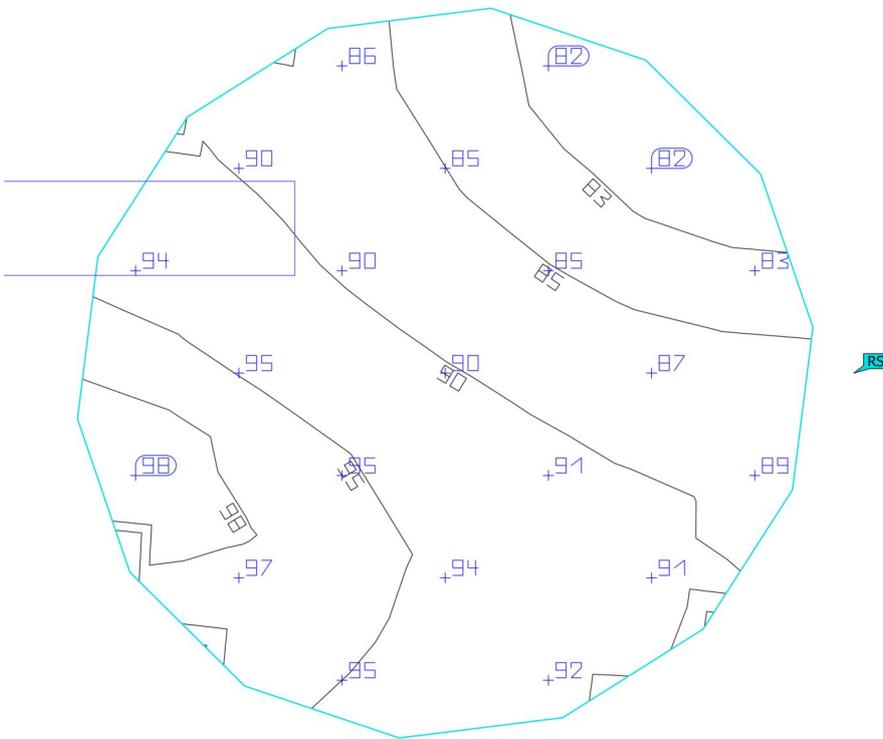
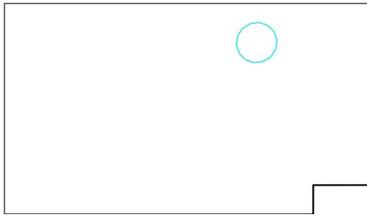


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis)	699 lx	630 lx	768 lx	0.90	0.82	RS7
Potência luminosa perpendicular (adaptivo)						
Altura: 0.750 m						

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis)

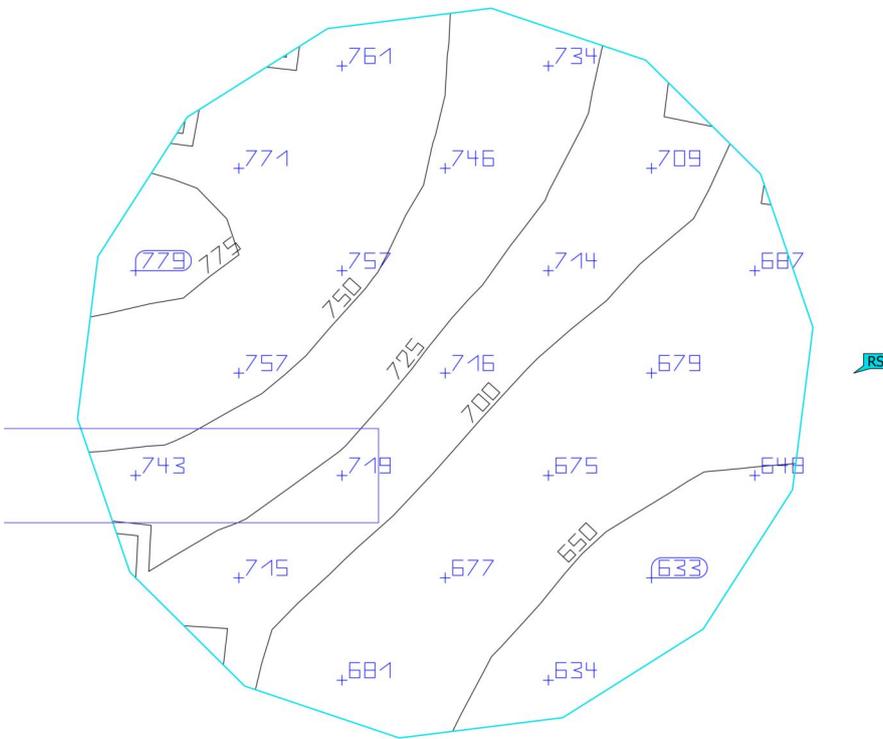
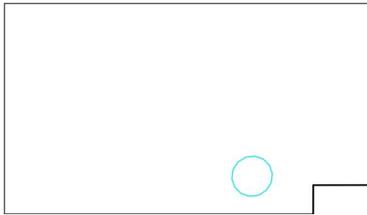


Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 9 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	90.1 cd/m ²	81.3 cd/m ²	99.0 cd/m ²	0.90	0.82	RS7

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis)

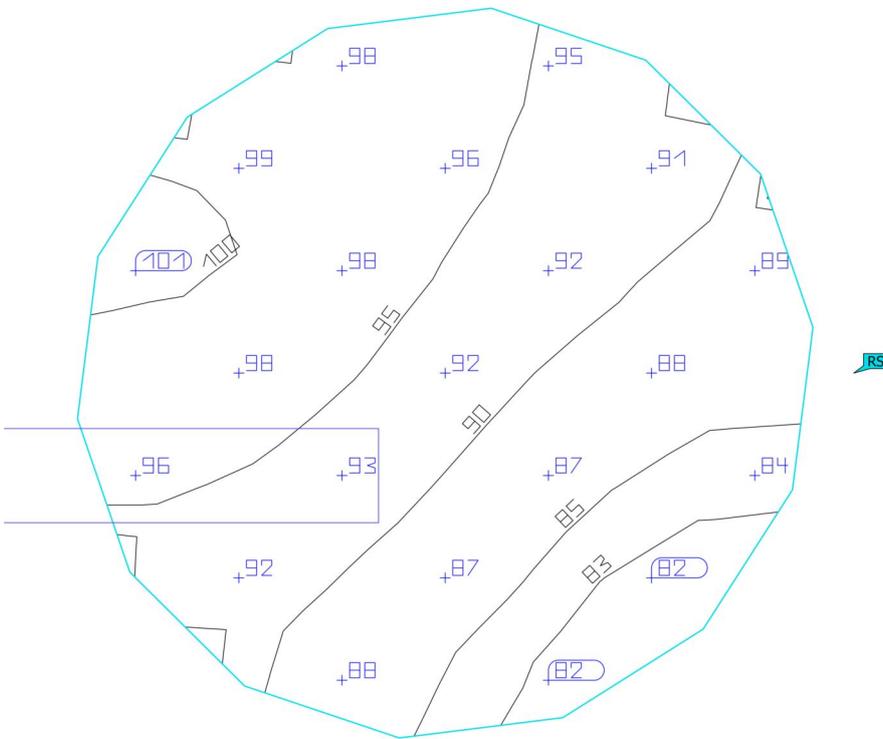
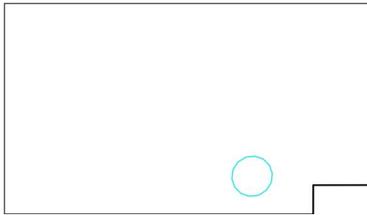


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m	712 lx	626 lx	779 lx	0.88	0.80	RS8

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 104 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis)



Propriedades	Ø	mín	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 11 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 0.750 m	91.8 cd/m ²	80.8 cd/m ²	101 cd/m ²	0.88	0.80	RS8

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)



Projecto Salas 205/305 com fator de manutenção

Lista de luminárias

 Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

Rendimento luminoso

114.2 lm/W

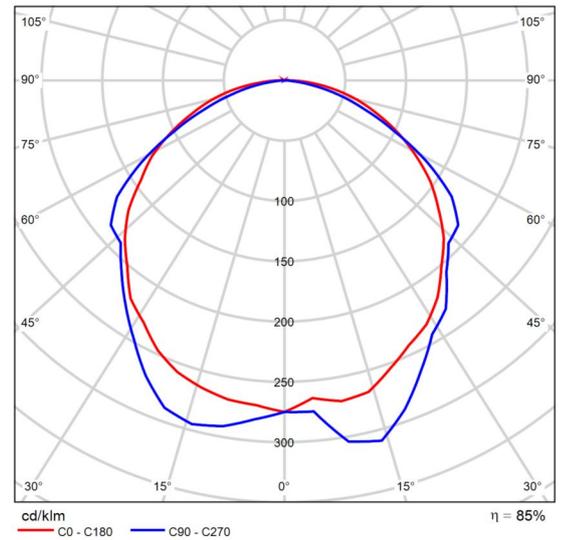
Un.	Fabricante	N° do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Folha de dados do produto

Lumicenter Lighting - CAN16-S232



Nº do artigo	CAN16-S232
P	40.0 W
$\Phi_{\text{Lâmpada}}$	5400 lm
$\Phi_{\text{Luminária}}$	4566 lm
η	84.56 %
Rendimento luminoso	114.2 lm/W
CCT	3991 K
CRI	84



CDL polar

Edifício 1

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Sala 205/305

P_{total} 680.0 W	A_{Sala} 98.52 m ²	Potência de ligação específica 6.90 W/m ² = 1.12 W/m ² /100 lx (Sala) 8.78 W/m ² = 1.43 W/m ² /100 lx (Plano de uso)	E_{vertical} (Plano de uso) 615 lx
-------------------------------------	---	---	--

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm

Edifício 1 · Andar 1

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

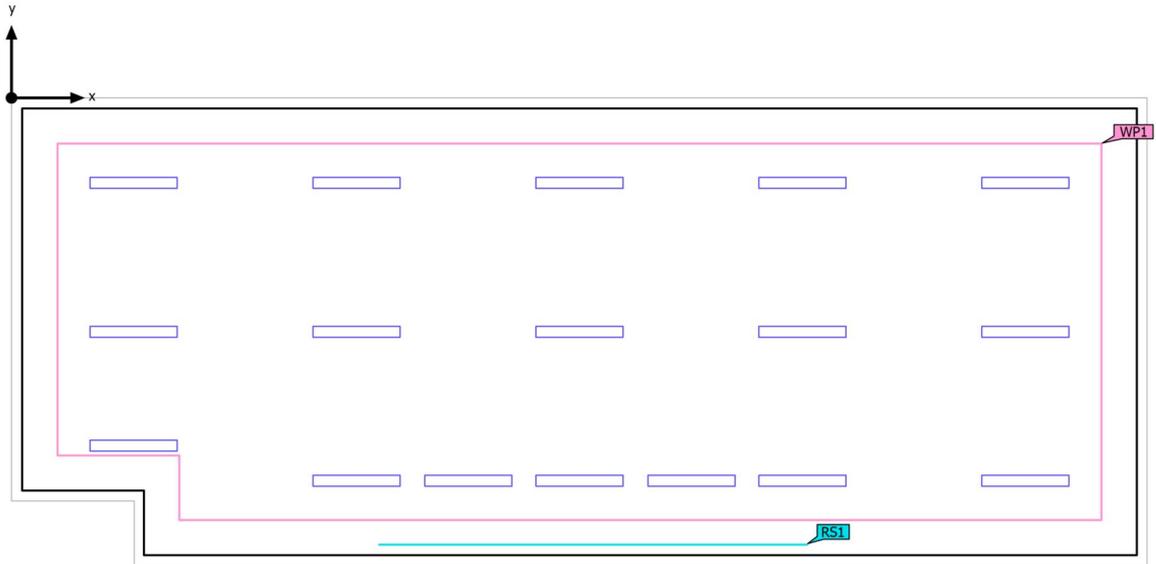
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

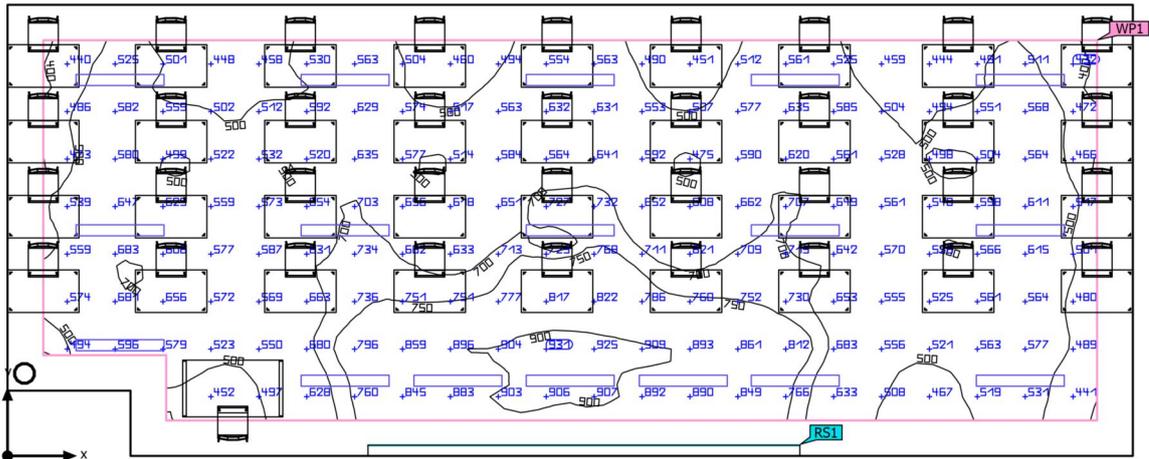
Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	$U_o (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	615 lx (≥ 500 lx) ✓	389 lx	929 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.42	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\emptyset	mín	máx	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	548 lx	416 lx	660 lx	0.76	0.63	RS1
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	157 cd/m ²	119 cd/m ²	189 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Resumo



Superfície básica	98.52 m ²	Pé direito livre	3.000 m
Grau de reflexão	Tecto: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Solo: 15.2 %	Altura de montagem	2.700 m
Factor de manutenção	0.80 (Valor fixo)	Altura Plano de uso	0.750 m
		Zona marginal Plano de uso	0.500 m

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Plano de uso	$\bar{E}_{vertical}$	615 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	$U_o (g_1)$	0.63	≥ 0.60	✓	WP1
	Potência de ligação específica	8.78 W/m ²	-		
		1.43 W/m ² /100 lx	-		
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	[56.03 - 91.80] kWh/a	máx. 3450 kWh/a	✓	
Sala	Potência de ligação específica	6.90 W/m ²	-		
		1.12 W/m ² /100 lx	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 6.360 m x 15.740 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado com DIN:18599-4.

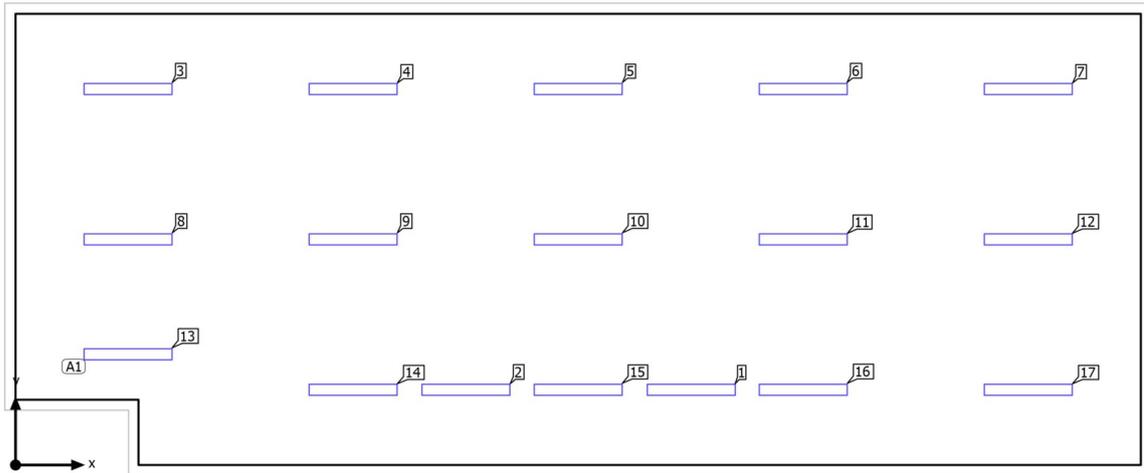
Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Lista de luminárias

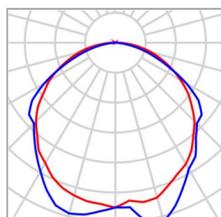
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	R _{UG}	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	-	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias

Fabricante	Lumicenter Lighting	P	40.0 W
Nº do artigo	CAN16-S232	ΦLuminária	4566 lm
Nome do artigo	CAN16-S232		
Equipagem	2x		

15 x Lumicenter Lighting CAN16-S232

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	4.722 m / 1.060 m / 2.700 m	1.574 m	5.300 m	2.700 m	3
		4.722 m	5.300 m	2.700 m	4
direção X	5 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	7.870 m	5.300 m	2.700 m	5
		11.018 m	5.300 m	2.700 m	6
		14.166 m	5.300 m	2.700 m	7
direção Y	3 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	1.574 m	3.180 m	2.700 m	8
		4.722 m	3.180 m	2.700 m	9
		7.870 m	3.180 m	2.700 m	10
Distribuição	A1	11.018 m	3.180 m	2.700 m	11
		14.166 m	3.180 m	2.700 m	12
		1.574 m	1.560 m	2.700 m	13
		4.722 m	1.060 m	2.700 m	14
		7.870 m	1.060 m	2.700 m	15

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias

X	Y	Altura de montagem	Luminária
11.018 m	1.060 m	2.700 m	16
14.166 m	1.060 m	2.700 m	17

Luminárias isoladas

X	Y	Altura de montagem	Luminária
9.452 m	1.060 m	2.700 m	1
6.300 m	1.060 m	2.700 m	2

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

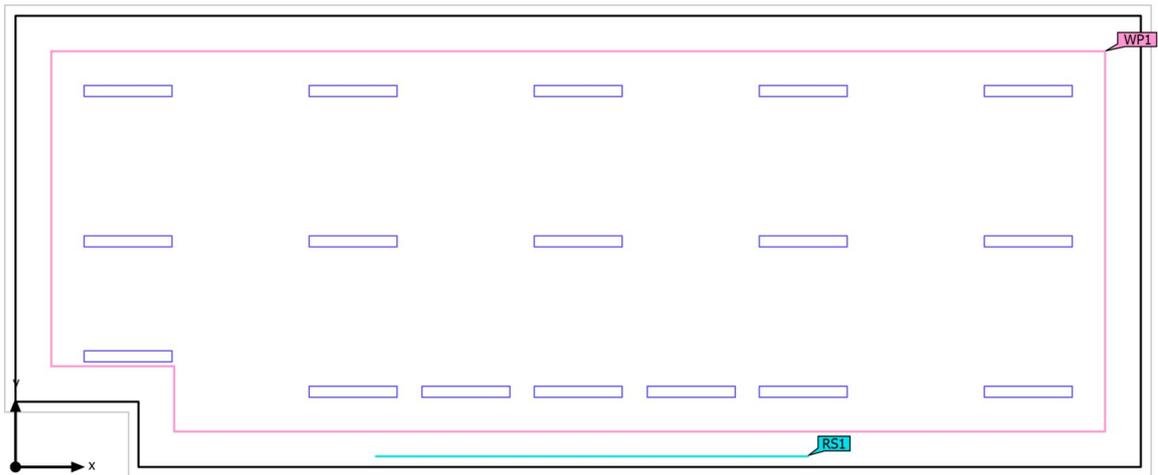
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	$U_o (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	615 lx (≥ 500 lx) ✓	389 lx	929 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.42	WP1

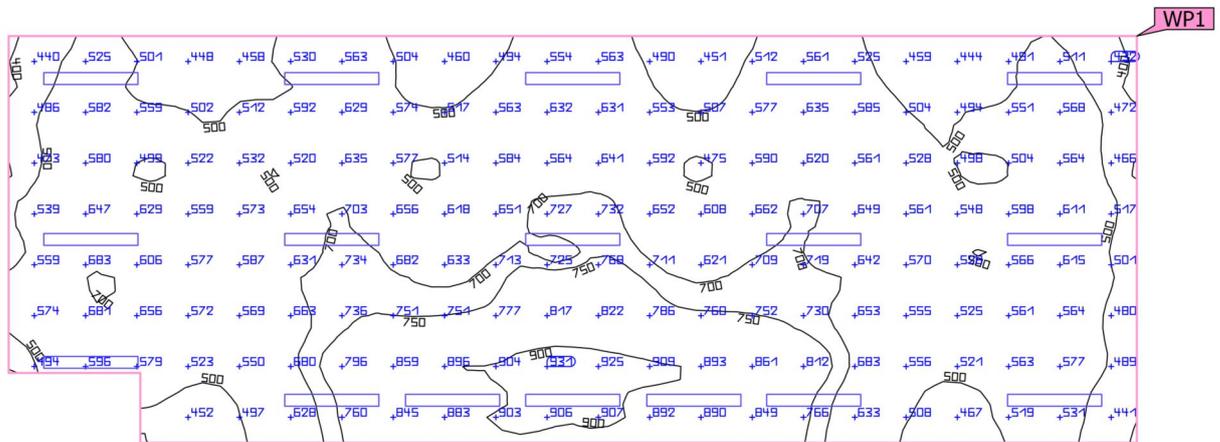
Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\emptyset	mín	máx	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	548 lx	416 lx	660 lx	0.76	0.63	RS1
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	157 cd/m ²	119 cd/m ²	189 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Plano de uso (Sala 205/305)

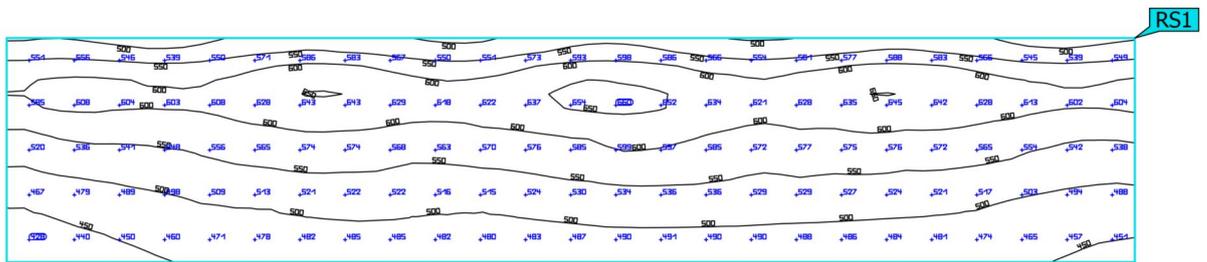


Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305)	615 lx	389 lx	929 lx	0.63	0.42	WP1
Potência luminosa perpendicular (adaptivo)	(≥ 500 lx)			(≥ 0.60)		
Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis)

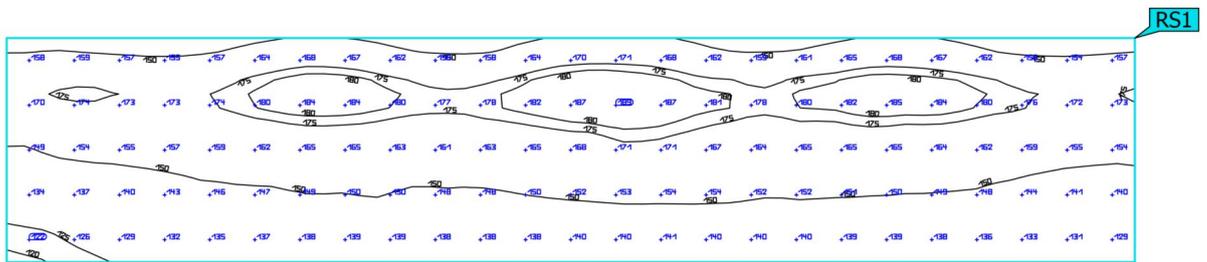


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	548 lx	416 lx	660 lx	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis)



Propriedades	Ø	mín	máx	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	157 cd/m ²	119 cd/m ²	189 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)



Projecto Salas 205/305 sem fator de manutenção

Lista de luminárias

 Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

Rendimento luminoso

114.2 lm/W

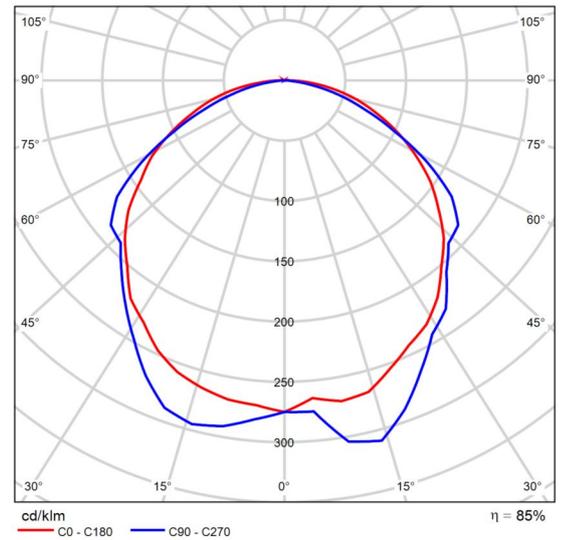
Un.	Fabricante	N° do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Folha de dados do produto

Lumicenter Lighting - CAN16-S232



Nº do artigo	CAN16-S232
P	40.0 W
$\Phi_{\text{Lâmpada}}$	5400 lm
$\Phi_{\text{Luminária}}$	4566 lm
η	84.56 %
Rendimento luminoso	114.2 lm/W
CCT	3991 K
CRI	84



CDL polar

Edifício 1

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Sala 205/305

P_{total} 680.0 W	A_{Sala} 98.52 m ²	Potência de ligação específica 6.90 W/m ² = 0.90 W/m ² /100 lx (Sala) 8.78 W/m ² = 1.14 W/m ² /100 lx (Plano de uso)	E_{vertical} (Plano de uso) 768 lx
-------------------------------------	---	---	--

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm

Edifício 1 · Andar 1

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

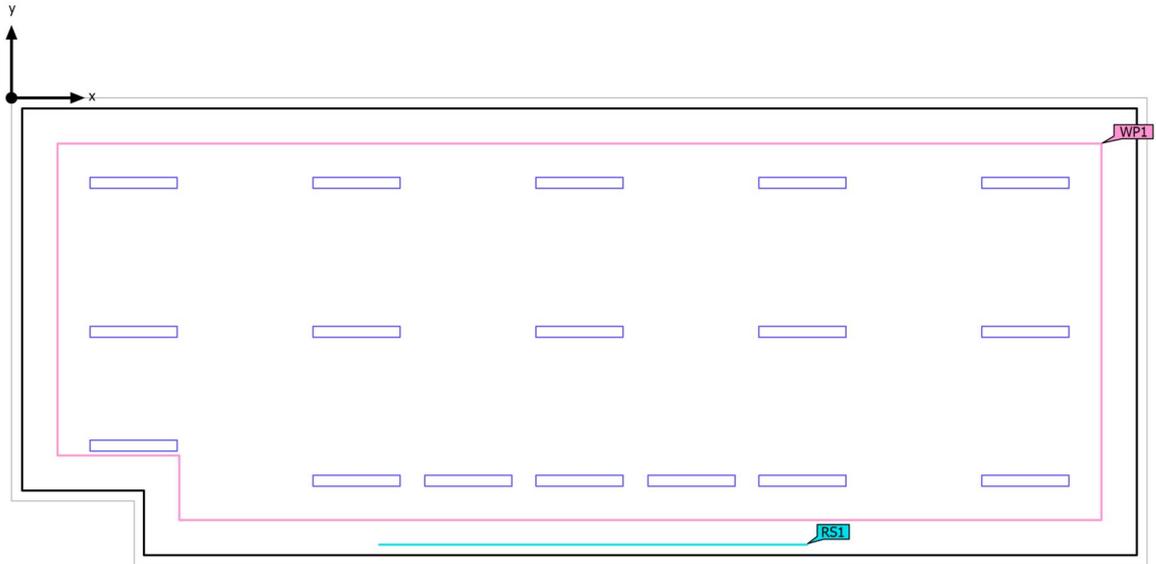
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

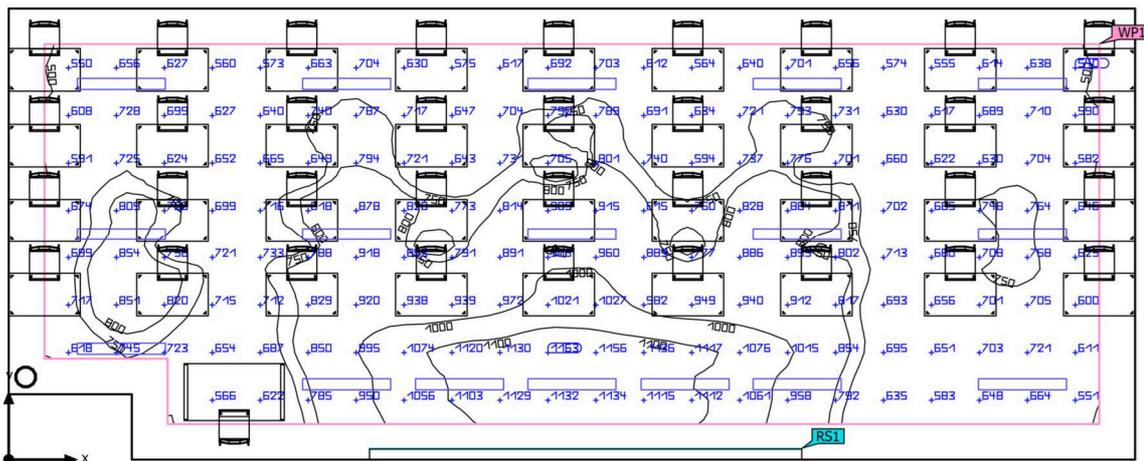
Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	$U_o (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	768 lx (≥ 500 lx) ✓	486 lx	1161 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.42	WP1

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\varnothing	mín	máx	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	685 lx	519 lx	826 lx	0.76	0.63	RS1
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	196 cd/m ²	149 cd/m ²	237 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Resumo



Superfície básica	98.52 m ²	Pé direito livre	3.000 m
Grau de reflexão	Tecto: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Solo: 15.2 %	Altura de montagem	2.700 m
Factor de manutenção	1.00 (Valor fixo)	Altura Plano de uso	0.750 m
		Zona marginal Plano de uso	0.500 m

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Plano de uso	$\bar{E}_{vertical}$	768 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	$U_o (g_1)$	0.63	≥ 0.60	✓	WP1
	Potência de ligação específica	8.78 W/m ²	-		
		1.14 W/m ² /100 lx	-		
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	[56.03 - 91.80] kWh/a	máx. 3450 kWh/a	✓	
Sala	Potência de ligação específica	6.90 W/m ²	-		
		0.90 W/m ² /100 lx	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 6.360 m x 15.740 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado com DIN:18599-4.

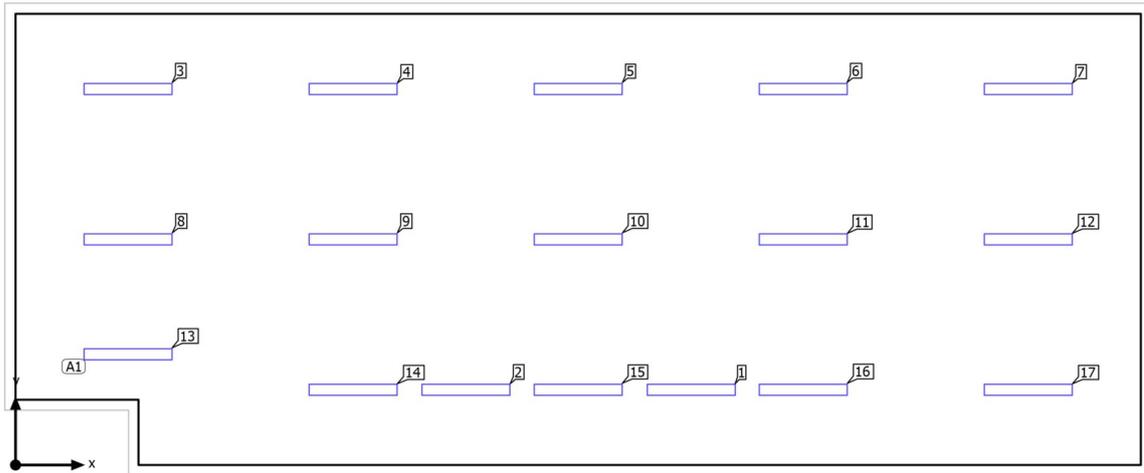
Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Lista de luminárias

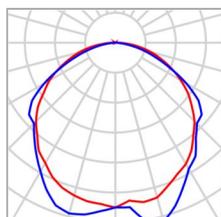
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	R _{UG}	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	-	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias

Fabricante	Lumicenter Lighting	P	40.0 W
Nº do artigo	CAN16-S232	ΦLuminária	4566 lm
Nome do artigo	CAN16-S232		
Equipagem	2x		

15 x Lumicenter Lighting CAN16-S232

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	4.722 m / 1.060 m / 2.700 m	1.574 m	5.300 m	2.700 m	3
		4.722 m	5.300 m	2.700 m	4
direção X	5 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	7.870 m	5.300 m	2.700 m	5
		11.018 m	5.300 m	2.700 m	6
		14.166 m	5.300 m	2.700 m	7
direção Y	3 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	1.574 m	3.180 m	2.700 m	8
		4.722 m	3.180 m	2.700 m	9
		7.870 m	3.180 m	2.700 m	10
Distribuição	A1	11.018 m	3.180 m	2.700 m	11
		14.166 m	3.180 m	2.700 m	12
		1.574 m	1.560 m	2.700 m	13
		4.722 m	1.060 m	2.700 m	14
		7.870 m	1.060 m	2.700 m	15

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Esquema de posição de luminárias

X	Y	Altura de montagem	Luminária
11.018 m	1.060 m	2.700 m	16
14.166 m	1.060 m	2.700 m	17

Luminárias isoladas

X	Y	Altura de montagem	Luminária
9.452 m	1.060 m	2.700 m	1
6.300 m	1.060 m	2.700 m	2

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305

Lista de luminárias Φ_{total}

77622 lm

 P_{total}

680.0 W

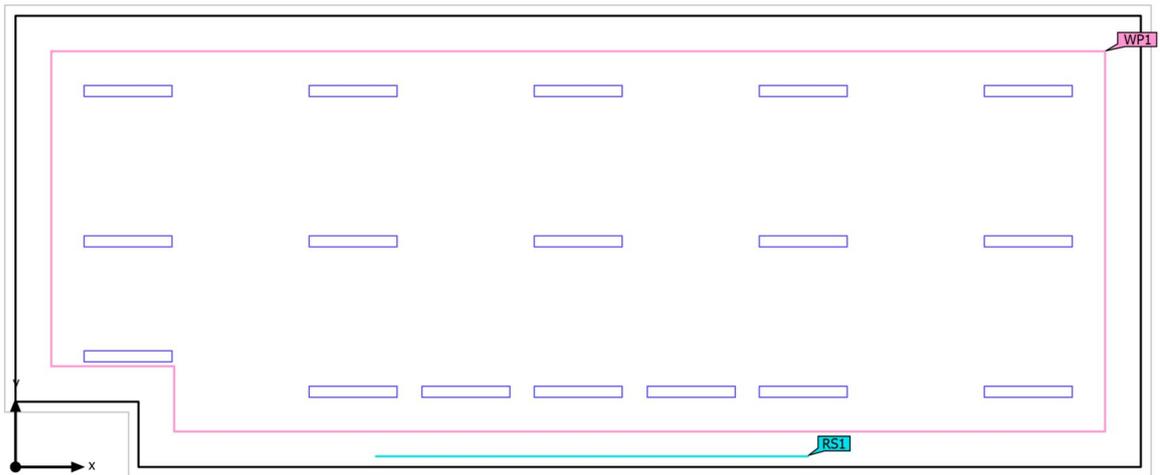
Rendimento luminoso

114.2 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
17	Lumicenter Lighting	CAN16-S232	CAN16-S232	40.0 W	4566 lm	114.2 lm/W

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Níveis de uso

Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	$U_o (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	768 lx (≥ 500 lx) ✓	486 lx	1161 lx	0.63 (≥ 0.60) ✓	0.42	WP1

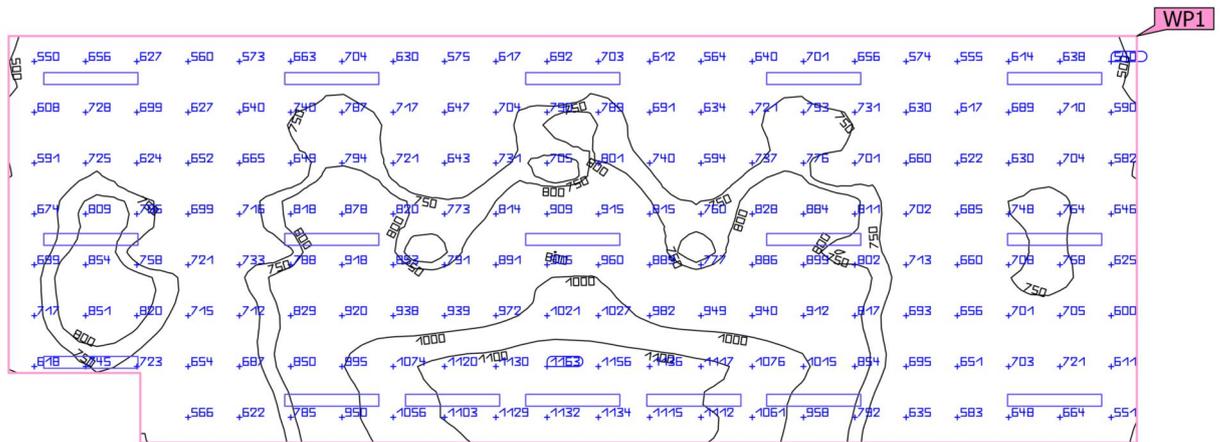
Objetos de resultado de superfície

Propriedades	\emptyset	mín	máx	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	685 lx	519 lx	826 lx	0.76	0.63	RS1
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	196 cd/m ²	149 cd/m ²	237 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Plano de uso (Sala 205/305)

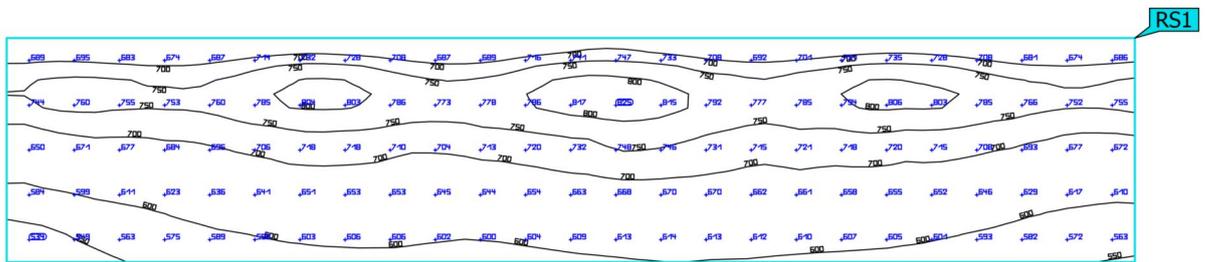


Propriedades	\bar{E} (Nominal)	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano de uso (Sala 205/305)	768 lx	486 lx	1161 lx	0.63	0.42	WP1
Potência luminosa perpendicular (adaptivo)	≥ 500 lx			≥ 0.60		
Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis)

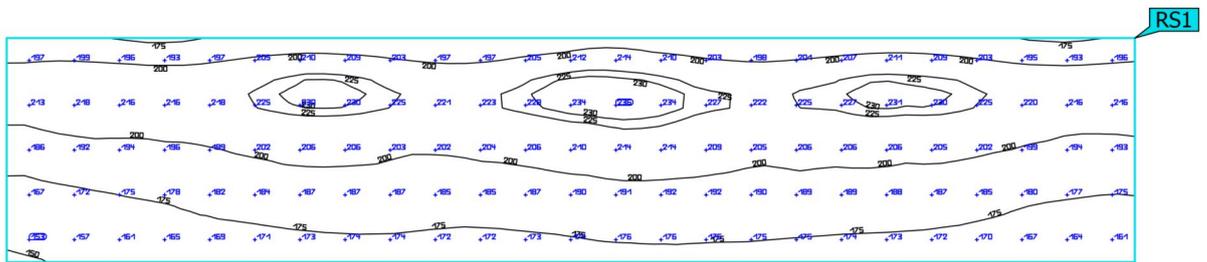


Propriedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.615 m	685 lx	519 lx	826 lx	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)

Edifício 1 · Andar 1 · Sala 205/305 (Cenário de Luz 1)

Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis)



Propriedades	Ø	mín	máx	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
Objecto de resultado de superfície 1 (Móveis) Densidade de luminância Altura: 1.615 m	196 cd/m ²	149 cd/m ²	237 cd/m ²	0.76	0.63	RS1

Perfil de utilização: Escritórios (34.1 Depósito, cópias, etc.)