



DEFINITIVO

isec

Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Eficiência Energética em Projetos de Iluminação – Utilização de Softwares Especializados

Autor

Rúben Miguel Marques Ladeira

Orientador

**Professor Doutor Manuel Maria Abranches Travassos
Valdez**

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, novembro 2020



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Eficiência Energética em Projetos de Iluminação – Utilização de Softwares Especializados

Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de
Energia

Autor

Rúben Miguel Marques Ladeira

Orientador

Professor Doutor Manuel Maria Abranches Travassos Valdez

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, novembro 2020

AGRADECIMENTOS

“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá acompanhado.” nunca um provérbio fez tanto sentido como neste ciclo da vida que agora se encerra.

Não teria chegado aqui se não fosse o núcleo da família, amigos e professores. A este núcleo deixo o meu mais sincero e profundo agradecimento, particularmente:

Aos meus pais, Rui e Helena, que são a peça fulcral neste desafio. Agradeço a educação, o tempo e a dedicação até hoje, durante o qual sempre me apoiaram e se esforçaram para que o meu percurso académico fosse possível.

À Carolina, companheira nas inúmeras batalhas da vida. Agradeço pela pessoa que é, por estar sempre presente, nos bons e nos maus momentos e por aquilo que representa para a minha vida.

Ao Professor Doutor Manuel Travassos Valdez. Agradeço todo apoio prestado, tempo, dedicação e ajuda, não só neste projeto, mas em todo o meu percurso académico.

À AE ISEC, casa e família que me acolheu desde o primeiro instante. Agradeço a melhor experiência académica. Uma experiência enriquecedora e com ensinamentos cívicos e sociais.

Rúben Miguel Marques Ladeira

RESUMO

Considerando a luz como um bem essencial para o ser humano, em todos os momentos das suas vidas, pode-se afirmar que é uma necessidade básica para proporcionar visibilidade, seja luz natural ou artificial. Este projeto pretende expor o facto de que uma iluminação adequada e apropriada, permite a realização de tarefas visuais com mais eficiência e precisão, garantindo um grau de visibilidade e conforto exigido numa ampla gama de locais de trabalho.

Em ambientes de escritório, a iluminação é extremamente importante. São locais onde geralmente se passa a maior parte das horas do dia. Uma iluminação cuidada e bem projetada, oferece benefícios para a saúde física, mental e social, desde logo o conforto visual, o conforto psicológico e o bom ambiente corporativo.

A realidade virtual (RV) com recurso a *softwares* especializados, usa uma tecnologia de interface entre um utilizador e um sistema, através de recursos gráficos 3D, cujo objetivo é criar a sensação de presença num ambiente virtual, sendo que a interação é realizada em tempo real. No presente projeto, pretende-se apresentar uma proposta de iluminação para ambientes de trabalho corporativo, utilizando diversos *softwares* de apoio ao projeto. Tendo como caso de estudo as instalações da AE ISEC – Associação de Estudantes do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, foi utilizado o *software SketchUp*, para a criação de um modelo 3D bastante realista, sendo que para apoio ao *SketchUp*, foi utilizado o *software AutoCAD*, com o objetivo de preparar a planta em 2D que foi utilizada na criação do modelo 3D.

Com recurso ao *software DIALux evo 9*, foram realizados os cálculos luminotécnicos para o caso de estudo, utilizando tecnologia LED, respeitando os níveis de iluminância recomendados pela Norma EN 12464-1 e os valores máximos admitidos pela Portaria N°346-D/2013 para os sistemas de iluminação de edifícios de comércio e serviços.

Como forma de reduzir os impactos económicos da iluminação e aumentar a eficiência energética das instalações do caso de estudo, foi realizado um projeto de implementação de painéis fotovoltaicos, com recurso ao *software Sunny Design*.

Palavra Chave: *AutoCAD*, *DIALux evo 9*, Eficiência Energética, Iluminação Artificial, Iluminação Interior, Iluminação natural, Luminotecnia, *SketchUp*, *Sunny Design*

ABSTRACT

Considering light as an essential good for the human being, at all moments of their lives, it can be stated that it is a basic need to provide visibility, whether it is natural or artificial light. This project intends to expose the fact that adequate and appropriate lighting allows visual tasks to be performed with greater efficiency and precision, ensuring a degree of visibility and comfort required in a wide range of workplaces.

In office environments, lighting is extremely important. These are places where most of the hours of the day are usually spent. A careful and well-designed lighting offers benefits for physical, mental and social health, from the visual comfort, psychological comfort and good corporate environment.

Virtual Reality (VR) using specialized software, uses an interface technology between a user and a system, through 3D graphic resources, whose objective is to create the sensation of presence in a virtual environment, and the interaction is performed in real time.

In this project, it is intended to present a lighting proposal for corporate work environments, using various software to support the project. Having as a case study the facilities of AE ISEC – Associação de Estudantes do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, the SketchUp software was used to create a very realistic 3D model, and to support the SketchUp, the AutoCAD software was used to prepare the 2D plant that was used in the creation of the 3D model.

Using the software DIALux evo 9, the luminotechnical calculations were made for the case study, using LED technology, respecting the illumination levels recommended by the Standard EN 12464-1 and the maximum values allowed by the Portaria N°346-D/2013 for the lighting systems of commerce and services buildings.

As a way to reduce the economic impacts of lighting and increase the energy efficiency of the installations of the case study, a project of implementation of photovoltaic panels was carried out, using the Sunny Design software.

Keywords: Artificial Lighting, AutoCAD, DIALux evo 9, Energy Efficiency, Indoor Lighting, Lighting design, Natural Lighting, SketchUp, Sunny Design

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIX
ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XXIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e Metodologia	3
1.3 Estrutura do Projeto.....	3
2 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E TECNOLÓGICO	7
2.1 Legislação Atual	7
2.1.1 Decreto-Lei n.º 118/2013.....	7
2.1.2 Portaria n.º 346-D/2013 – RECS – Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços.....	7
2.1.3 Norma EN 12464-1	8
2.2 Tecnologias Presentes em Sistemas de Iluminação de Interiores.....	10
2.2.1 Lâmpadas Incandescentes:.....	10
2.2.2 Lâmpadas de Descarga:	13
2.2.3 Lâmpadas em Estado Sólido:	19
2.3 Depreciação Luminosa em Lâmpadas LED	23
2.3.1 Terminologia.....	23
2.3.2 LM – 80	24
2.3.3 TM – 21	25
3 ILUMINAÇÃO DE INTERIORES	29
3.1 Classificação dos Sistemas de Iluminação de Interiores	29
3.1.1 Iluminação Direta	29
3.1.2 Iluminação Indireta.....	30
3.1.3 Uma Combinação de Iluminação Direta e Indireta	31
3.2 Eficiência dos Sistemas de Iluminação de Interiores	32
3.2.1 Potência Total Instalada.....	33
3.2.2 Densidade de Potência	33
3.2.3 Densidade de Potência Relativa	34
3.3 Sistemas de Iluminação de Interiores.....	34

3.3.1	Projeto do Espaço e Sua Utilização.....	34
3.3.2	Luz Natural	37
3.3.3	Luminárias	43
3.3.4	Fontes de Iluminação.....	48
3.3.5	Controlo da Iluminação	51
3.3.6	Resumo	52
4	CASO DE ESTUDO DAS INSTALAÇÕES DA AE ISEC.....	55
4.1	Introdução ao Edifício.....	55
4.1.1	Localização do Edifício	55
4.1.2	Caracterização do Edifício.....	55
4.1.3	Caracterização por Utilização de Espaço.....	57
4.2	Caracterização do Sistema de Iluminação Atual	64
5	INTRODUÇÃO AOS PROGRAMAS UTILIZADOS	69
5.1	AutoCAD 2020	69
5.1.1	Desenvolvimento do Trabalho em AutoCAD.....	69
5.2	SketchUp	71
5.2.1	Desenvolvimento do Trabalho em SketchUp	71
5.3	DIALux Evo 9.....	78
5.3.1	Desenvolvimento do Trabalho em DIALux evo 9.....	78
5.4	Sunny Design.....	82
5.4.1	Desenvolvimento do Trabalho em Sunny Design.....	83
6	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	87
6.1	Resultados e Simulação em DIALux evo 9.....	87
6.1.1	Análise dos Sistemas de Iluminação	87
6.1.2	Características das Luminárias Escolhidas	88
6.1.3	Simulação do Projeto em DIALux evo 9.....	99
6.2	Resultado e Simulação do Sistema Fotovoltaico	147
6.2.1	Sistema Isolado da Rede	147
6.2.2	Sistema Ligado à Rede	148
6.2.3	Decisão de Tipo de Sistema.....	150
6.3	Investimento Inicial Total.....	151
7	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	155
7.1	Conclusões.....	155
7.2	Desenvolvimentos Futuros	157
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
	Anexo A – Luminárias Testadas nas Simulações em DIALux evo 9.....	1
	Secretaria.....	1
	Sala de Estudo.....	2
	Gabinete da Presidência	2
	Sala de Reuniões.....	3
	Copa	3

Casas de Banho – WC.....	4
Sala da Direção	6
Arquivo.....	7
Gabinete de Imagem e Comunicação.....	8
Gabinete de Emprego e Saídas Profissionais	8
Sala da Manutenção	9
Secção de Eventos.....	10
Sala da Discórdia	10
Sala da Secção Cultural.....	12
Zonas de Circulação	14
Anexo B – Resultados Das Simulações em DIALux evo 9	1
Secretaria	1
Sala de Estudo.....	1
Gabinete da Presidência	1
Sala de Reuniões	1
Copa	1
Casas de Banho – WC.....	2
Sala da Direção	2
Arquivo.....	2
Gabinete de Imagem e Comunicação.....	3
Gabinete de Emprego e Saídas Profissionais	3
Sala da Manutenção	3
Secção de Eventos.....	3
Sala da Discórdia	3
Sala da Secção Cultural.....	4
Zonas de Circulação	4
ANEXO C – Resultados das Simulações em Sunny Design.....	1
Sistema Isolado da Rede.....	1
Sistema Ligado à Rede	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama de softwares a utilizar. Autoria própria.	3
Figura 2.1 – Diagrama da tecnologia em iluminação de interiores. Adaptado de (Bommel, 2019).....	10
Figura 2.2 – Descrição dos componentes da tecnologia GLS. Adaptado de (<i>The Society of Light and Lighting</i> , 2009).....	12
Figura 2.3 – Diversos formatos da lâmpada de halogénio. Retirado de (<i>The Society of Light and Lighting</i> , 2009).	13
Figura 2.4 – Principais componentes de uma lâmpada de descarga fluorescente tubular. Adaptada de (Bommel, 2019). .	15
Figura 2.5 – Principais partes de uma lâmpada fluorescente compacta (versão com ponte soldada e starter embutido). Adaptado de (Bommel, 2019).	16
Figura 2.6 – Componentes de uma lâmpada de indução. Adaptado de (<i>The Society of Light and Lighting</i> , 2009).	17
Figura 2.7 – Principais componentes de uma lâmpada de iodetos metálicos compacta. Adaptado de (Bommel, 2019).....	19
Figura 2.8 – Princípio de funcionamento de uma fonte de luz de estado sólido. Retirado de (Bommel, 2019).	20
Figura 2.9 – Princípio de um módulo LED de fósforo. Adaptado de (Bommel, 2019)	20
Figura 2.10 – LEDs com a tecnologia de montagem COB e SMD. Adaptado de (LED BOX, 2016).	21
Figura 2.11 – Principais componentes e construção de um LED. Adaptado de (Bommel, 2019).	22
Figura 2.12 – Curvas interpoladas de manutenção de lúmen de acordo com TM-21, calculados a partir de pontos de medição obtidos a partir de testes baseados em LM-80. Adaptado de (Bommel, 2019).....	25
Figura 3.1 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação direta. Adaptado de (Bommel, 2019).	29
Figura 3.2 – Organização das luminárias lineares. Retirado de (Bommel, 2019).	30
Figura 3.3 – Efeito de silhueta. Retirado de (Bommel, 2019).	30
Figura 3.4 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação indireta. Adaptado de (Bommel, 2019).	31
Figura 3.5 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação combinado. Adaptado de (Bommel, 2019).....	32
Figura 3.6 – Processo de cálculo para obter a eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores. Adaptado de (OSRAM, 2010).	32
Figura 3.7 – As cinco fases de um projeto de iluminação. Adaptado de (Bommel, 2019).	35
Figura 3.8 – A iluminância num plano horizontal fornecida pela luz natural, varia com a época do ano e a hora do dia. Adaptado de (<i>The Society of Light and Lighting</i> , 2009).	37
Figura 3.9 – Exemplos de formas da luz natural entrar num edifício. Adaptado de (Moretti, 2019).	38
Figura 3.10 – Iluminância da luz natural horizontal relativa no plano de trabalho. Adaptado de (Bommel, 2019).	39
Figura 3.11 – Precianas, toldos e saliência na fachada, respetivamente. Retirada de (Gordon, 2003).	42
Figura 3.12 – Sol alto e ângulos baixos de sol nas persianas externas. Retirada de (Gordon, 2003).	43
Figura 3.13 – Grades verticais. Retirada de (Gordon, 2003).	43
Figura 3.14 – Distribuição de luz de uma luminária. Os comprimentos das setas representam as intensidades luminosas. Retirado de (Bommel, 2019).	44
Figura 3.15 – O sistema C- γ de coordenadas usado para especificar a distribuição de luz de uma luminária. Retirado de (Bommel, 2019).	44
Figura 3.16 – Distribuição da luz na forma de diagrama de intensidade luminosa de uma luminária. Retirado de (Bommel, 2019).....	45
Figura 3.17 – Sistema de classificação de luminárias para luminárias de iluminação de interiores. Adaptado de (Bommel, 2019).....	46
Figura 3.18 – Diferentes distribuições de intensidade luminosa para diferentes tipos de reflexão. Adaptado de (Bommel, 2019).....	47
Figura 3.19 – Luminária encastrada. Retirado de (BEGA, 2020).	48
Figura 3.20 – Luminária de montagem suspensa. Retirado de (BEGA, 2020).	49

Figura 3.21 – Luminária de montagem saliente. Retirado de (BEGA, 2020).	49
Figura 3.22 – Luminária de montagem saliente estanque. Retirado de (EEE, 2020).	50
Figura 3.23 – Luminárias <i>Downlight</i> . Retirado de (Philips, 2020).	50
Figura 3.24 – Luminária em calha eletrificada. Retirada de (Philips, 2020).	51
Figura 4.1 – Vista aérea, em 3D, do edifício onde se localiza a sede da AE ISEC. FONTE: Google Earth	55
Figura 4.2 – Planta em 2D do piso 0 das instalações da AE ISEC.	56
Figura 4.3 – Planta em 2D da secretaria da AE ISEC.	57
Figura 4.4 – Planta em 2D da sala de estudo da AE ISEC.	57
Figura 4.5 – Planta em 2D do gabinete da presidência da AE ISEC.	58
Figura 4.6 – Planta em 2D da sala de reuniões da AE ISEC.	58
Figura 4.7 – Planta em 2D da copa da AE ISEC.	59
Figura 4.8 – Planta em 2D das casas de banho da AE ISEC.	59
Figura 4.9 – Planta em 2D da sala da direção da AE ISEC.	60
Figura 4.10 – Planta em 2D do arquivo da AE ISEC.	60
Figura 4.11 – Planta em 2D do gabinete de imagem e comunicação da AE ISEC.	61
Figura 4.12 – Planta em 2D do gabinete de emprego e saídas profissionais da AE ISEC.	61
Figura 4.13 – Planta em 2D da sala de manutenção da AE ISEC.	62
Figura 4.14 – Planta em 2D da secção de eventos da AE ISEC.	62
Figura 4.15 – Planta em 2D da sala da discórdia da AE ISEC.	63
Figura 4.16 – Planta em 2D da secção cultural da AE ISEC.	63
Figura 4.17 – Planta em 2D das zonas de circulação da AE ISEC.	64
Figura 5.1 – Remoção das texturas existentes na planta original. Na figura à direita, visualiza-se a planta antes da intervenção. Na figura à esquerda, visualiza-se o final da intervenção.	70
Figura 5.2 – Pontos críticos na planta original (círculos vermelhos). Na imagem à direita visualiza-se o resultado após intervenção.	70
Figura 5.3 – Comparação entre a planta inicial (esquerda) e a planta final, após a intervenção (à direita).	71
Figura 5.4 – Importação da planta em 2D para o <i>SketchUp</i> .	72
Figura 5.5 – Irregularidades na planta 2D, detetadas com o <i>plugin Edge Tools</i> ² .	73
Figura 5.6 – Utilização da ferramenta <i>push/pull</i> para levantar as paredes do modelo 3D.	73
Figura 5.7 – Pormenores estruturais. a) A parede interior da casa de banho masculina é mais baixa que as restantes paredes. b) Criação dos parapeitos das janelas, bem como ajuste dos pilares estruturais. c) Recortes nas paredes. d) Criação das escadas de acesso ao piso 1.	74
Figura 5.8 – Criação de portas, janelas, chão e aplicação das respetivas texturas.	74
Figura 5.9 – Objetos criados em <i>SketchUp</i> com o conceito BIM. a) Estrutura metálica do arquivo. b) Estrutura envidraçada da secretaria. c) Portas de madeira, com e sem abertura e respetivas ombreiras. d) Caixilharia metálica de janelas. e) Maçanetas de portas. f) Estrutura metálica, com placas de madeira, da sala de estudo. g) Escadas de acesso ao primeiro piso. h) Vidro	75
Figura 5.10 – Aplicação de texturas. À esquerda, aplicação de vinis nos vidros das portas da fachada Este. À direita, aplicação de texturas nas paredes interiores do edifício.	76
Figura 5.11 – a) Vista fachada a Este. b) Vista da fachada a Norte. c) Vista da fachada a Oeste. d) Vista da fachada a Sul. Modelo 3D finalizado, criado através do <i>software SketchUp</i> .	78
Figura 5.12 – Resultado após importação para <i>DIALux evo</i> , do modelo criado em <i>SketchUp</i> .	79
Figura 5.13 – Definição da área da secretaria e plano de trabalho (esquerda), e respetiva definição de parâmetros de acordo com a norma EN 12464-1 (direita).	80
Figura 5.14 – Definição da área do gabinete de emprego e saídas profissionais e plano de trabalho (esquerda), e respetiva definição de parâmetros de acordo com a norma EN 12464-1 (direita).	80
Figura 5.15 – Comparação da iluminância média numa sala, sem objetos (esquerda) e com objetos (direita).	81
Figura 5.16 – Comparação do modelo 3D, com uma imagem real da secretaria.	81
Figura 5.17 – Comparação do modelo 3D, com uma imagem real do gabinete de emprego e saídas profissionais.	81
Figura 5.18 – Definição dos parâmetros para a criação do cenário de cálculo.	82

Figura 5.19 – Configuração dos painéis solares para as diversas simulações. a) Simulação com 6 painéis. b) Simulação com 8 painéis. c) Simulação com 12 painéis. d) Simulação com 16 painéis.	84
Figura 6.1 – Luminária <i>Morus</i> . Retirada de (Auralight, 2020).	88
Figura 6.2 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>Morus</i> . Retirado de (Auralight, 2020).	89
Figura 6.3 – Luminária <i>Viva LED</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	89
Figura 6.4 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>Viva LED</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	90
Figura 6.5 – Curva da depreciação luminosa da luminária <i>Viva LED</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	90
Figura 6.6 – Luminária <i>Radiance LED Surface</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	91
Figura 6.7 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>Radiance LED Surface</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	92
Figura 6.8 – Curva da depreciação luminosa da luminária <i>Radiance LED Surface</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	92
Figura 6.9 – Lâmpada <i>Master LEDtubo InstantFit</i> . Retirado de (Philips, 2020).	93
Figura 6.10 – Diagrama de intensidade luminosa da lâmpada <i>Master LEDtubo InstantFit</i> . Retirado de (Philips, 2020). ..	94
Figura 6.11 – Curva da depreciação luminosa da lâmpada <i>Master LEDtubo InstantFit</i> . Retirado de (Philips, 2020).	94
Figura 6.12 – Luminária <i>G4 Surface</i> . Adaptado de (Thorlux, 2020).	94
Figura 6.13 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>G4 Surface</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	95
Figura 6.14 – Curva da depreciação luminosa da luminária <i>G4 Surface</i> . Retirado de (Thorlux, 2020).	96
Figura 6.15 – Luminária <i>CoreLine Calha</i> . Retirado de (Philips, 2020).	96
Figura 6.16 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>CoreLine Calha</i> . Retirado de (Philips, 2020).	97
Figura 6.17 – Luminária <i>PlainView</i> . Retirado de (Philips, 2020).	97
Figura 6.18 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária <i>PlainView</i> . Retirado de (Philips, 2020).	98
Figura 6.19 – Posicionamento das luminárias na sala secretaria.	99
Figura 6.20 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na secretaria.	99
Figura 6.21 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da secretaria.	100
Figura 6.22 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na secretaria.	100
Figura 6.23 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na secretaria.	101
Figura 6.24 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 1 da secretaria.	101
Figura 6.25 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 2 da secretaria.	101
Figura 6.26 – Posicionamento das luminárias na sala de estudo.	102
Figura 6.27 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala de estudo.	102
Figura 6.28 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de estudo.	102
Figura 6.29 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala de estudo.	103
Figura 6.30 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de estudo.	104
Figura 6.31 – Resultados do cálculo UGR para a mesa S42.	104
Figura 6.32 – Posicionamento das luminárias no gabinete da presidência.	105
Figura 6.33 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR no gabinete da presidência.	105
Figura 6.34 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete da presidência.	105
Figura 6.35 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete da presidência.	106
Figura 6.36 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete da presidência.	106
Figura 6.37 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 1 do gabinete da presidência.	106
Figura 6.38 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 2 do gabinete da presidência.	106
Figura 6.39 – Posicionamento das luminárias na sala de reuniões.	107
Figura 6.40 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala de reuniões.	107
Figura 6.41 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de reuniões.	107
Figura 6.42 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala de reuniões.	108
Figura 6.43 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de reuniões.	108
Figura 6.44 – Resultados do cálculo UGR para a mesa oval, da sala de reuniões.	109
Figura 6.45 – Posicionamento da luminária na copa.	109
Figura 6.46 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da copa.	110
Figura 6.47 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na copa.	111
Figura 6.48 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na copa.	111

Figura 6.49 – Posicionamento da luminária no <i>hall</i> do WC.....	111
Figura 6.50 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do <i>hall</i> do WC.	112
Figura 6.51 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no <i>hall</i> do WC.....	113
Figura 6.52 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no <i>hall</i> do WC.....	113
Figura 6.53 – Posicionamento da luminária no WC feminino.....	113
Figura 6.54 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do WC feminino.	114
Figura 6.55 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no WC feminino.	115
Figura 6.56 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no WC feminino.....	115
Figura 6.57 – Posicionamento das luminárias no WC masculino.....	115
Figura 6.58 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do WC masculino.	116
Figura 6.59 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no WC masculino.	117
Figura 6.60 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no WC masculino.	117
Figura 6.61 – Posicionamento das luminárias na sala da direção.	117
Figura 6.62 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala da direção.	117
Figura 6.63 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala da direção.....	118
Figura 6.64 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala da direção.	119
Figura 6.65 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala da direção.	119
Figura 6.66 – Resultados do cálculo UGR para a mesa da sala da direção.	119
Figura 6.67 – Posicionamento da luminária no arquivo.....	120
Figura 6.68 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do arquivo.	120
Figura 6.69 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no arquivo.	121
Figura 6.70 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no arquivo.	121
Figura 6.71 – Posicionamento das luminárias no gabinete de imagem e comunicação.	122
Figura 6.72 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete de imagem e comunicação.....	122
Figura 6.73 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete de imagem e comunicação.	123
Figura 6.74 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete de imagem e comunicação.	123
Figura 6.75 – Posicionamento das luminárias no gabinete de emprego e saídas profissionais.....	124
Figura 6.76 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR no gabinete de emprego e saídas profissionais.	124
Figura 6.77 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete de emprego e saídas profissionais.	124
Figura 6.78 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete de emprego e saídas profissionais.	125
Figura 6.79 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete de emprego e saídas profissionais.....	125
Figura 6.80 – Resultados do cálculo UGR para a mesa do gabinete de emprego e saídas profissionais.....	125
Figura 6.81 – Posicionamento da luminária na manutenção.	126
Figura 6.82 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da manutenção.....	126
Figura 6.83 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na manutenção.....	127
Figura 6.84 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na manutenção.	127
Figura 6.85 – Posicionamento da luminária na secção de eventos.	128
Figura 6.86 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da secção de eventos.....	128
Figura 6.87 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na secção de eventos.....	129
Figura 6.88 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na secção de eventos.....	129
Figura 6.89 – Posicionamento da luminária no <i>hall</i> de entrada da discórdia.	130
Figura 6.90 – Ponto de cálculo para o UGR no <i>hall</i> de entrada da discórdia.	130
Figura 6.91 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do <i>hall</i> de entrada da discórdia.....	130
Figura 6.92 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no <i>hall</i> de entrada da discórdia...	131
Figura 6.93 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no <i>hall</i> de entrada da discórdia.....	131
Figura 6.94 – Posicionamento da luminária no salão de jogos discórdia.	132
Figura 6.95 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do salão de jogos discórdia.....	133
Figura 6.96 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no salão de jogos discórdia.	134

Figura 6.97 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no salão de jogos discórdia.	134
Figura 6.98 – Posicionamento da luminária na sala de apoio à cultural.....	134
Figura 6.99 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de apoio à cultural.	135
Figura 6.100 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala de apoio à cultural.	136
Figura 6.101 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de apoio à cultural.	136
Figura 6.102 – Posicionamento das luminárias na sala principal da secção cultural.	136
Figura 6.103 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala principal da secção cultural.	136
Figura 6.104 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala principal da secção cultural.	137
Figura 6.105 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala principal da secção cultural.	138
Figura 6.106 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala principal da secção cultural.	138
Figura 6.107 – Resultados do cálculo UGR para a secretária da sala principal da secção cultural.....	138
Figura 6.108 – Posicionamento das luminárias e do sensor de movimento no corredor 1.	139
Figura 6.109 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 1.	139
Figura 6.110 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 1	140
Figura 6.111 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 1.....	140
Figura 6.112 – Posicionamento das luminárias e do sensor de movimento no corredor 2.	141
Figura 6.113 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 2.	141
Figura 6.114 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 2.	142
Figura 6.115 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 2.	142
Figura 6.116 – Posicionamento das luminárias no corredor 3.....	143
Figura 6.117 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 3.	143
Figura 6.118 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 3.	144
Figura 6.119 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 3.....	144
Figura 6.120 – Posicionamento das luminárias no corredor 4.....	145
Figura 6.121 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 4.	145
Figura 6.122 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 4.	146
Figura 6.123 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 4.....	146
Figura 6.124 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 6 painéis fotovoltaicos.....	147
Figura 6.125 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 16 painéis fotovoltaicos.....	147
Figura 6.126 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 6 painéis fotovoltaicos.	148
Figura 6.127 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 8 painéis fotovoltaicos.	149
Figura 6.128 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 12 painéis fotovoltaicos.	149

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI). Adaptado de Portaria n.º 349-D/2013.	7
Tabela 2.2 – Requisitos de iluminação para áreas interiores, tarefas e atividades. Adaptado da norma EN 12464-1.	9
Tabela 2.3 – Especificações técnicas para as lâmpadas incandescentes GLS. Adaptado de (Bommel, 2019).	11
Tabela 2.4 – Especificações técnicas para as lâmpadas de halogénio. Adaptado de (Bommel, 2019).	13
Tabela 2.5 – Especificações técnicas para a tecnologia de fluorescentes tubulares. Adaptado de (Bommel, 2019).	14
Tabela 2.6 – Especificações técnicas para as lâmpadas fluorescentes compactas. Adaptado de (Bommel, 2019).	15
Tabela 2.7 – Especificações técnicas para as lâmpadas de indução. Adaptado de (Bommel, 2019).	17
Tabela 2.8 – Especificações técnicas para as lâmpadas fluorescentes compactas. Adaptado de (Bommel, 2019).	18
Tabela 2.9 – Especificações técnicas para as lâmpadas de estado sólido LED. Adaptado de (Bommel, 2019).	22
Tabela 2.10 – Especificações técnicas para as lâmpadas de estado sólido OLED. Adaptado de (Bommel, 2019).	23
Tabela 3.1 – Descrição dos resultados para o fator de luz natural. Adaptado de (Tregenza & Wilson, 2011).	40
Tabela 5.1 – Descrição das simulações realizadas no <i>Sunny Design</i>	83
Tabela 6.1 – Característica da luminária <i>Morus</i> . Adaptado de (Auralight, 2020).	88
Tabela 6.2 – Característica da luminária <i>Viva LED</i> . Adaptado de (Thorlux, 2020).	89
Tabela 6.3 – Característica da luminária <i>Radiance LED Surface</i> . Adaptado de (Thorlux, 2020).	91
Tabela 6.4 – Característica da lâmpada <i>Master LEDtubo InstantFit</i> de 14 W, 20 W e 24 W. Adaptado de (Philips, 2020)	93
Tabela 6.5 – Característica da luminária <i>G4 Surface</i> de 12 W e 26 W. Adaptado de (Thorlux, 2020).	95
Tabela 6.6 – Característica da luminária <i>CoreLine Calha</i> . Adaptado de (Philips, 2020).	96
Tabela 6.7 – Característica da luminária <i>PlainView</i> . Adaptado de (Philips, 2020)	98
Tabela 6.8 – Resultados obtidos para a secretaria, através de simulação em DIALux evo 9.	100
Tabela 6.9 – Resultados obtidos para a sala de estudo, através de simulação em DIALux evo 9.	103
Tabela 6.10 – Resultados obtidos para o gabinete da presidência, através de simulação em DIALux evo 9.	105
Tabela 6.11 – Resultados obtidos para a sala de reuniões, através de simulação em DIALux evo 9.	108
Tabela 6.12 – Resultados obtidos para a copa, através de simulação em DIALux evo 9.	110
Tabela 6.13 – Resultados obtidos para o <i>hall</i> do WC, através de simulação em DIALux evo 9.	112
Tabela 6.14 – Resultados obtidos para o WC feminino, através de simulação em DIALux evo 9.	114
Tabela 6.15 – Resultados obtidos para o WC masculino, através de simulação em DIALux evo 9.	116
Tabela 6.16 – Resultados obtidos para a sala de direção, através de simulação em DIALux evo 9.	118
Tabela 6.17 – Resultados obtidos para o arquivo, através de simulação em DIALux evo 9.	120
Tabela 6.18 – Resultados obtidos para o gabinete de imagem e comunicação, através de simulação em DIALux evo 9.	122
Tabela 6.19 – Resultados obtidos para o gabinete de emprego e saídas profissionais, através de simulação em DIALux evo 9.	124
Tabela 6.20 – Resultados obtidos para a manutenção, através de simulação em DIALux evo 9.	127
Tabela 6.21 – Resultados obtidos para a secção de eventos, através de simulação em DIALux evo 9.	128
Tabela 6.22 – Resultados obtidos para o <i>hall</i> de entrada da discórdia, através de simulação em DIALux evo 9.	130
Tabela 6.23 – Resultados obtidos para o salão de jogos discórdia, através de simulação em DIALux evo 9.	133
Tabela 6.24 – Resultados obtidos para a sala de apoio à cultural, através de simulação em DIALux evo 9.	135
Tabela 6.25 – Resultados obtidos para a sala principal da secção cultural, através de simulação em DIALux evo 9.	137
Tabela 6.26 – Resultados obtidos para o corredor 1, através de simulação em DIALux evo 9.	140
Tabela 6.27 – Resultados obtidos para o corredor 2, através de simulação em DIALux evo 9.	142
Tabela 6.28 – Resultados obtidos para o corredor 3, através de simulação em DIALux evo 9.	144
Tabela 6.29 – Resultados obtidos para o corredor 4, através de simulação em DIALux evo 9.	146
Tabela 6.30 – Comparação de parâmetros entre as três simulações de sistemas ligados à rede.	149
Tabela 6.31 – Orçamento para o investimento inicial na aplicação das medidas apresentadas no presente relatório.	151

Tabela 9.1 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a secretaria.	1
Tabela 9.2 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de estudo.	2
Tabela 9.3 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete da presidência.	2
Tabela 9.4 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de reuniões.	3
Tabela 9.5 – Simulação realizada em DIALux evo 9 para a Copa.	3
Tabela 9.6 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o <i>hall</i> do WC.	4
Tabela 9.7 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o WC feminino.	4
Tabela 9.8 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o WC masculino.	5
Tabela 9.9 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala da direção.	6
Tabela 9.10 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o arquivo.	7
Tabela 9.11 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete de imagem e comunicação.	8
Tabela 9.12 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete de emprego e saídas profissionais.	8
Tabela 9.13 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala da manutenção.	9
Tabela 9.14 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a secção de eventos.	10
Tabela 9.15 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o <i>hall</i> de entrada da discórdia.	10
Tabela 9.16 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o salão de jogos da discórdia.	11
Tabela 9.17 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de apoio à cultural.	12
Tabela 9.18 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala principal da secção cultural.	13
Tabela 9.19 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 1.	14
Tabela 9.20 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 2.	14
Tabela 9.21 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 3.	15
Tabela 9.22 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 4.	15

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 – Consumo residencial de eletricidade por utilização final em 2014. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).....	2
Gráfico 1.2 – Consumo residencial de eletricidade por utilização final em 2040. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).....	2
Gráfico 1.3 – Consumo comercial de eletricidade por utilização final em 2014. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).....	2
Gráfico 1.4 – Consumo comercial de eletricidade por utilização final em 2040. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).....	2

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 3.1.....33

Equação 3.2.....33

Equação 3.3.....34

Equação 3.4.....40

LISTA DE ABREVIATURAS

Simbologia

€ – Euro

Cd – Candela

Cd/m² – Candela por metro quadrado

Em – Iluminância média

h – horas

K – Kelvin

kVA – kilovolt-ampere

kW – kilowatt

kWh – kilowatt-hora

kWh/a – kilowatt-hora por ano

lm – Lúmen

lm/m² – Lúmen por metro quadrado

lm/W – Lúmen por watt

lx – Lux

m – metro

m² – Metro Quadrado

mm – milímetro

Ra - Índice de reprodução de cores

T – Temperatura

U_o – Uniformidade mínima de iluminância

W – watt

Wh – watt-hora

Φ – Fluxo luminoso

Abreviaturas

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

AE ISEC – Associação de Estudantes do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

BIM – Building Information Modeling

c/IVA – com IVA

CDL – Curva de distribuição de luz

CE – Comissão Europeia

CEN - Comité Européu de Normalização

CFL – Lâmpada fluorescente compacta

CIE – Commission Internationale de l'Éclairage / Comissão Internacional de Iluminação

COB – Chip On Board

DPI – Densidade de Potência De Iluminação

DSE – Display Screen Equipment / Equipamento de tela de exibição

EN – Norma Europeia

FENGE – Feira de Engenharia de Coimbra

GESP – Gabinete de Emprego e Saídas Profissionais

GLS - General Lighting Service / Iluminação de Serviço Geral

IEA – International Energy Agency / Agência Internacional de Energia

IFC – Industry Foundation Classes

IRC – Índice de reprodução de cores

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

LED – Light Emitting Diode / Díodo Emissor de Luz

OLED – Organic Light-Emitting Diode / Díodo Orgânico Emissor de Luz

PWM – Modulação por Largura de Pulso

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RV – Realidade Virtual

s/IVA – Valor sem IVA

SCE – Sistema de Certificação Energético em Edifícios

SMD – Surface Mounted Device / Dispositivo Montado em Superfície

UE – União Europeia

UGR – Índice de encadeamento

UV – Ultravioleta

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado um enquadramento do tema, os principais objetivos do trabalho e a sua estrutura.

1 INTRODUÇÃO

Podemos definir a Realidade Virtual (RV) como um ambiente simulado por computador, que permite uma interação de forma realista no ambiente. A modelagem 3D interativa é um exemplo de realidade virtual, que permite manipular um modelo para experimentar o efeito das mudanças antes de concretizá-las no mundo real.

O recurso a *softwares* especializados, são uma vantagem: pela simplificação de trabalho, pois ao facultar uma simulação de realidade virtual em tempo real do projeto, fornece uma visão atualizada das condições em que esse mesmo projeto pode ser desenvolvido; reduzem os custos do trabalho, ao permitir a realização de tarefas que poderiam exigir mão de obra qualificada; resolvem problemas de forma mais rápida e aumentam a qualidade.

A tecnologia de realidade virtual, permite a atualização em tempo real de modelos 3D para que os gestores do projeto possam ver as condições, à medida que modificam ou alteram elementos, e se adaptarem a elas quase instantaneamente. A logística e a gestão de equipamentos é simplificada e, por isso, mais precisa.

Em engenharia é fundamental aplicar conhecimentos científicos e empíricos na construção de estruturas, equipamentos e dispositivos que se baseiam na compreensão de conceitos ou processos. A engenharia beneficia muito com a RV pois ajuda no processo de aprendizagem dos alunos, com recurso à construção de protótipos.

1.1 ENQUADRAMENTO

A iluminação é um dos principais fatores de consumo de energia elétrica em todo o mundo. Analisando os gráficos 1.1 e 1.3, o consumo de energia elétrica em iluminação, em 2014, corresponde a cerca de 11% em residências e 19% em zonas comerciais e escritórios. Em 2040 é espectável uma diminuição no consumo de eletricidade em iluminação, para valores que rondarão cerca de 4% em residências e 13% em zonas comerciais e escritórios, como pode ser observado nos gráficos 1.2 e 1.4 (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).

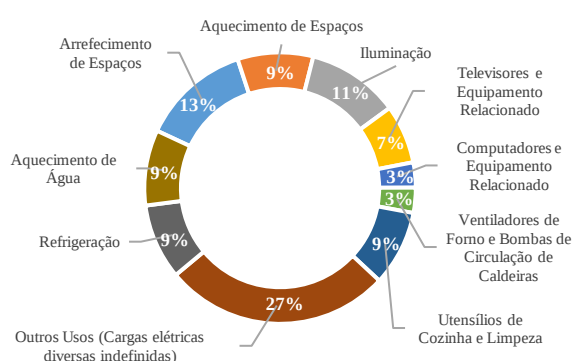


Gráfico 1.1 – Consumo residencial de eletricidade por utilização final em 2014. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017)

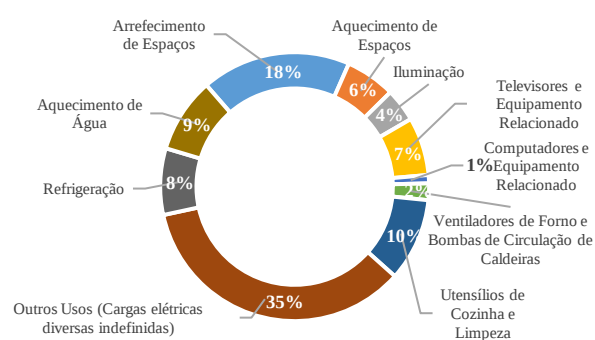


Gráfico 1.2 – Consumo residencial de eletricidade por utilização final em 2040. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).

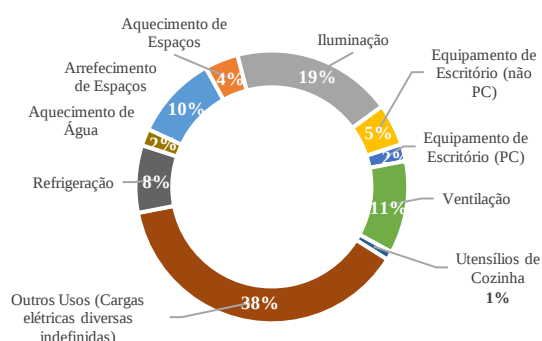


Gráfico 1.3 – Consumo comercial de eletricidade por utilização final em 2014. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).

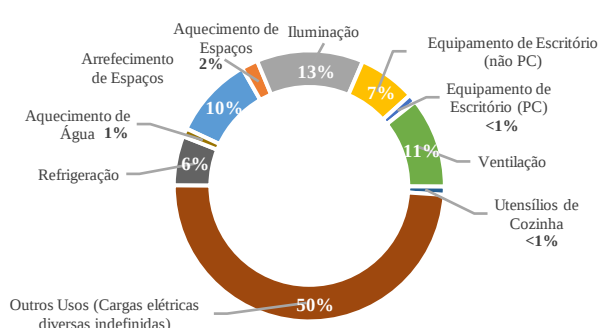


Gráfico 1.4 – Consumo comercial de eletricidade por utilização final em 2040. Adaptado de (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017).

Para que se consiga atingir uma redução de 7% em residências e de 6% em zonas comerciais e escritórios, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica em iluminação, é essencial que se utilizem cada vez mais tecnologias eficientes, como a tecnologia LED.

Segundo a IEA, em 2019, as vendas de LED atingiram um número recorde de vendas, com mais de 10 bilhões de unidades vendidas, incluindo fontes de luz (lâmpadas, tubos, módulos) e luminárias. A implementação de LEDs, em residências e em edifícios comerciais e escritórios, tem vindo a crescer, sendo que as vendas de LEDs já excedem as vendas de lâmpadas fluorescentes. É espetável que em 2030 a tecnologia LED represente 90% das vendas de fontes de luz (IEA, 2020).

Como incentivo a esta redução, em 2018, os estados-membros da União Europeia, votaram a eliminação progressiva das lâmpadas halógenas ineficientes e das lâmpadas fluorescentes compactas em 2021, ao mesmo tempo que introduziam padrões mínimos de desempenho e qualidade para lâmpadas e luminárias LED (IEA, 2020).

1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O objetivo deste projeto é estudar a viabilidade de *softwares* especializados, que sirvam de apoio a um projeto de sistemas de iluminação eficientes.

Num projeto luminotécnico, é essencial que o modelo 3D do edifício ou salas a projetar seja o mais aproximado da realidade. A utilização do *software SketchUp*, para a criação de um modelo 3D realista, é um dos objetivos deste projeto. Sendo que para apoio ao *SketchUp*, será utilizado o *software AutoCAD*, com o objetivo de preparar a planta em 2D que irá ser utilizada na criação do respetivo modelo 3D.

Será utilizado o *software DIALux evo 9* para os cálculos luminotécnicos do caso de estudo. O modelo em 3D, criado no *SketchUp*, será exportado para *DIALux evo 9*.

Como forma de reduzir os impactos económicos da iluminação e aumentar a eficiência energética do edifício do caso de estudo, pretende-se realizar um projeto de implementação de painéis fotovoltaicos, com recurso ao *software Sunny Design*.

Na figura 1.1 pode-se visualizar o processo de utilização de *softwares* de apoio ao projeto.



Figura 1.1 – Diagrama de softwares a utilizar. Autoria própria.

1.3 ESTRUTURA DO PROJETO

Este relatório de projeto encontra-se dividida em 7 capítulos. Neste primeiro capítulo é apresentado o tema e são descritos os objetivos do projeto desenvolvido.

No capítulo 2 e no capítulo 3 é realizada uma revisão bibliográfica. No **capítulo 2 – Enquadramento Legislativo e Tecnológico**, é realizado um enquadramento a nível da legislação atual, utilizada neste projeto, bem como uma apresentação das tecnologias existentes em termos de iluminação. No **capítulo 3 – Iluminação de Interiores**, é realizada uma abordagem aos sistemas de iluminação interiores, a sua classificação e eficiência. É também abordado o seu dimensionamento, bem como os componentes que o constituem.

No **capítulo 4 – Caso de Estudo das Instalações da AEISEC**, é apresentado o caso de estudo deste projeto. É realizada uma caracterização do edifício e descrita o seu sistema de iluminação atual.

No **capítulo 5 – Introdução aos Programas Utilizados**, são apresentados os *softwares* utilizados para o desenvolvimento deste projeto, bem como o desenvolvimento de trabalho em cada um deles.

No **capítulo 6 – Apresentação de Resultados**, são apresentados os resultados obtidos, desenvolvidos através de simulações realizadas nos *softwares* especializados.

No **capítulo 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros**, é realizada uma análise ao trabalho desenvolvido neste projeto onde são abordados os objetivos alcançados e possíveis melhorias futuras.

Capítulo

2

ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E TECNOLÓGICO

Neste capítulo é realizado um enquadramento a nível da legislação atual, utilizada neste projeto, bem como uma apresentação das tecnologias existentes, em termos de iluminação.

2 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E TECNOLÓGICO

2.1 LEGISLAÇÃO ATUAL

2.1.1 DECRETO-LEI N.º 118/2013

Este decreto lei é transporte através da Diretiva n.º 2010/31/UE, do parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativo ao desempenho energético dos edifícios. Tem como objetivo assegurar uma revisão da legislação nacional, onde se pretende uma melhoria ao nível da sistematização e aplicação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)

2.1.2 PORTARIA N.º 346-D/2013 – RECS – REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS.

A Portaria n.º 346-D/2013 estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios. Complementa o Decreto - Lei n.º 118/2013.

No que diz respeito a este estudo, é dado ênfase ao ponto 9 – Sistemas de Iluminação, da respetiva Portaria, mais concretamente ao ponto 9.3 – Densidade de Potência, onde esta Portaria obriga a que as potências dos sistemas de iluminação a instalar nos edifícios de comércio e serviços não excedam os valores indicados pela tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI). Adaptado de Portaria n.º 349-D/2013.

Tipos de Espaço segundo a função	DPI
	[(W/m ²)/100lux]
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	2.1
Escritório individual 1-6 pessoas	2.4
Show room e salas de exposição, museus	2.4
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios	2.4
Laboratórios, salas de exames/tratamento ⁽¹⁾ , blocos operatórios ⁽¹⁾	2.4

Salas de pré e pós-operatório,	3.4
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares ⁽²⁾ , salas técnicas (centros de dados, fotocópias e similares), parques de estacionamento interiores	3.4
Plataformas de transportes e similares	3.4
Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral - zona de público, espaços fabris em geral	3.4
Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais ⁽³⁾ , salas de refeições (exceto restaurantes)	3.8

Notas:

(1) O valor do DPI/100lux pode ser ajustado de acordo com necessidades especiais.

(2) Excluem-se recintos desportivos em regime de alta competição

(3) Inclui a instalação de iluminação interior do quarto/enfermaria e WC, formada por iluminação geral, iluminação de leitura e iluminação para exames

2.1.3 NORMA EN 12464-1

A norma EN 12464-1, estabelece os níveis de iluminância¹ recomendáveis para pessoas nos locais de trabalho em interiores. Dá resposta às necessidades de conforto visual e desempenho de pessoas com capacidade oftálmica (visual) normal. Todas as tarefas visuais usuais são consideradas, incluindo o equipamento de tela de exibição (DSE).

Especifica soluções de iluminação para a maioria dos locais de trabalho em interiores e áreas associadas em termos de quantidade e qualidade da iluminação. Além disso, são dadas recomendações para boas práticas de iluminação.

Esta norma europeia foi aprovada pelo CEN em 14 de abril de 2011.

No que ao estudo luminotécnico diz respeito, foram seguidas as recomendações da tabela 2.2.

1 – A iluminância é um termo que descreve a medição da quantidade de fluxo luminoso que é espalhado sobre uma determinada área.

Tabela 2.2 – Requisitos de iluminação para áreas interiores, tarefas e atividades. Adaptado da norma EN 12464-1.

Tipo de área, tarefa ou atividade	E_m	UGR	U_o	R_a
Datilografia, máquinas de escrever, leitura, processamento de dados	500	19	0.60	80
Ambientes comunitários para alunos e estudantes, ambientes de reunião	200	22	0.40	80
Ambientes de Conferência e Reunião	500	19	0.60	80
Ambientes de depósito e armazenamento	100	25	0.40	60
Vestiários, Lavabos, Casas de banho e toaletes	200	25	0.40	80
Arquivos	200	25	0.40	80
Áreas de circulação e corredores	100	28	0.40	40
Sala Didática	300	19	0.60	80
Ambientes para ensaios musicais	300	19	0.60	80
Halls de Entrada	100	22	0.40	80

2.2 TECNOLOGIAS PRESENTES EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES



Figura 2.1 – Diagrama da tecnologia em iluminação de interiores. Adaptado de (Bommel, 2019).

2.2.1 LÂMPADAS INCANDESCENTES:

2.2.1.1 LÂMPADAS GLS (*GENERAL LIGHTING SERVICE*)

As lâmpadas incandescentes de serviço comum são geralmente utilizadas para a iluminação geral (Bommel, 2019). A sua baixa eficiência e uma vida útil reduzida, fizeram com que esta tecnologia se tornasse obsoleta, tendo sido substituída por tecnologias mais atuais.

Por razões de sustentabilidade, esta tecnologia foi proibida em alguns países do mundo. No caso de Portugal, esta proibição começou em 2009, seguindo uma diretiva da União Europeia – Diretiva 2005/32/EC (Quercus, 2009).

O princípio de funcionamento desta tecnologia baseia-se na passagem de uma corrente elétrica num filamento de elevada resistência. Esta passagem de corrente aquece o filamento a altas

temperaturas, o que resulta na obtenção de radiação visível. A temperatura a que o filamento é sujeito, está compreendida entre os 2 700 K – 2 800 K, o que corresponde a uma emissão de luz quente.

Este filamento é geralmente feito de tungsténio. Este material apresenta um elevado ponto de fusão e combinado com a baixa pressão existente no interior da lâmpada, cria uma vida útil ao filamento aceitável. Este filamento pode ser construído em forma de espiral única ou em espiral dupla (Bommel, 2019).

O gás presente no interior da lâmpada tem como objetivo principal reduzir a taxa de evaporação do tungsténio, para que as lâmpadas durem mais tempo. Para minimizar as perdas de calor dos gases nobres do filamento, são utilizados gases primários. A maioria das lâmpadas possui no seu interior, Árgon, mas algumas lâmpadas de alto desempenho usam Criptón. Ainda pode ser adicionada uma pequena percentagem de Nitrogénio para ajudar a suprimir os arcos elétricos no final da vida útil (The Society of Light and Lighting, 2009).

Na tabela 2.3 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.2 podem ser visualizados os vários componentes que constituem a lâmpada.

Tabela 2.3 – Especificações técnicas para as lâmpadas incandescentes GLS. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	100
Temperatura de Cor	2 700 K a 2 800 K
Potência	15 W a 20 W
Fluxo Luminoso	100 lm a 1 500 lm
Eficiência Luminosa	8 a 15 lm/W
Vida Útil	1 000 h
Depreciação	>25%
Tempo de Irrupção	Imediatamente após ser ligado
Dimming	Sim

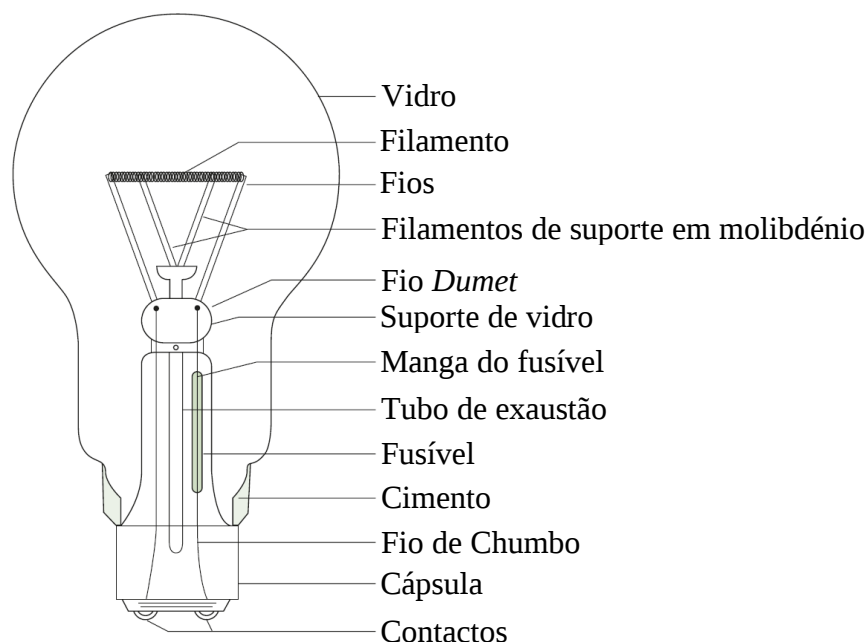


Figura 2.2 – Descrição dos componentes da tecnologia GLS. Adaptado de (The Society of Light and Lighting, 2009).

2.2.1.2 LÂMPADAS DE HALOGÉNIO

As lâmpadas de halogénio, são lâmpadas incandescentes, mas de pequena dimensão. Este tipo de lâmpada é bastante utilizado para iluminação de acentuação ou realce. À semelhança das lâmpadas incandescentes de uso geral, têm vindo a ser proibidas em muitos países do mundo, também por razões de sustentabilidade (Bommel, 2019).

A utilização das lâmpadas incandescentes de uso geral, são limitadas pelo seu tamanho e eficiência luminosa. Ao aumentar a temperatura do filamento para aumentar a potência luminosa, surge o aumento da taxa de escurecimento do vidro, escurecimento que resulta da evaporação do tungsténio do filamento (The Society of Light and Lighting, 2009). Para combater esse aumento da taxa de escurecimento, é adicionado uma pequena quantidade de Bromo ou Iodo ao interior da lâmpada, gases pertencentes ao grupo dos halogénios (Bommel, 2019). Ocorre uma reação química que permite que o tungsténio se regenere, isto permite a redução da taxa de escurecimento da lâmpada. Assim é possível reduzir o seu tamanho e limitar a degradação do filamento de tungsténio (The Society of Light and Lighting, 2009).

Na tabela 2.4 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.3 podem ser visualizados os vários formatos de lâmpadas de halogénio.

Tabela 2.4 – Especificações técnicas para as lâmpadas de halogénio. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	100
Temperatura de Cor	2 800 K a 3 000 K
Potência	5 W a 100 W
Fluxo Luminoso	50 lm a 2 000 lm
Eficiência Luminosa	15 a 25 lm/W
Vida Útil	2 000 h
Depreciação	Mínimo, devido ao ciclo regenerativo
Tempo de Irrupção	Imediatamente após ser ligado
Dimming	Sim

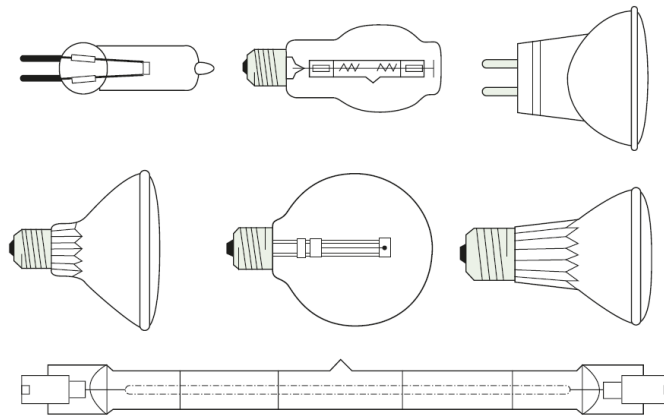


Figura 2.3 – Diversos formatos da lâmpada de halogénio. Retirado de (The Society of Light and Lighting, 2009).

2.2.2 LÂMPADAS DE DESCARGA:

2.2.2.1 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES

As lâmpadas fluorescentes tubulares, são a tecnologia mais comum em lâmpadas de descarga. Devido ao elevado rendimento, elevada taxa de vida útil, enorme variedade de formas e tamanhos, permitem criar diversos sistemas de iluminação eficientes (The Society of Light and Lighting, 2009).

Este tipo de lâmpada é composto por um tubo transparente ou translúcido que é preenchido com um gás de mercúrio e um gás inerte. O gás inerte tem três funções, facilitar a ignição,

especialmente a temperaturas mais baixas, controlar a velocidade dos elétrons livres e prolongar a vida útil dos elétrodos, reduzindo a evaporação do material dos elétrodos. O gás inerte geralmente é constituído por uma mistura de Árgon e Néon, embora por vezes o Crióton também seja usado.

Os elétrodos têm como função fornecer elétrons livres, necessários para iniciar e manter a descarga. O eléctrodo consiste num filamento de tungstênio que é revestido com o chamado material emissor para facilitar a emissão de elétrons.

Quando é aplicada uma diferença potencial, nos elétrodos, entre cada extremidade da lâmpada, resulta um fluxo de elétrons livres de uma extremidade da lâmpada para a outra. Durante este fluxo, os elétrons interagem com o gás, produzindo radiação ultravioleta. O interior do tubo é composto por uma substância fluorescente, com o objetivo de transformar a radiação ultravioleta em luz visível. O tipo e composição dessa substância fluorescente é o fator mais importante, pois determina as características da lâmpada, tais como a temperatura de cor, o índice de restituição cromática e, em grande parte, a eficiência luminosa. As lâmpadas fluorescentes costumam usar uma mistura de três pós fluorescentes, cada um com uma faixa de espectro muito estreita em vermelho, verde e azul (Bommel, 2019).

Na tabela 2.5 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.4 podem ser visualizados os vários componentes que constituem a lâmpada.

Tabela 2.5 – Especificações técnicas para a tecnologia de fluorescentes tubulares. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	80-90
Temperatura de Cor	2 700 K a 6 500 K
Potência	8 W a 80 W
Fluxo Luminoso	500 lm a 6 000 lm
Eficiência Luminosa	50 a 105 lm/W
Vida Útil	15 000 a 20 000 h
Depreciação	10 %
Tempo de Irrupção	Máx 1 min.
Dimming	3% da luminosidade nominal

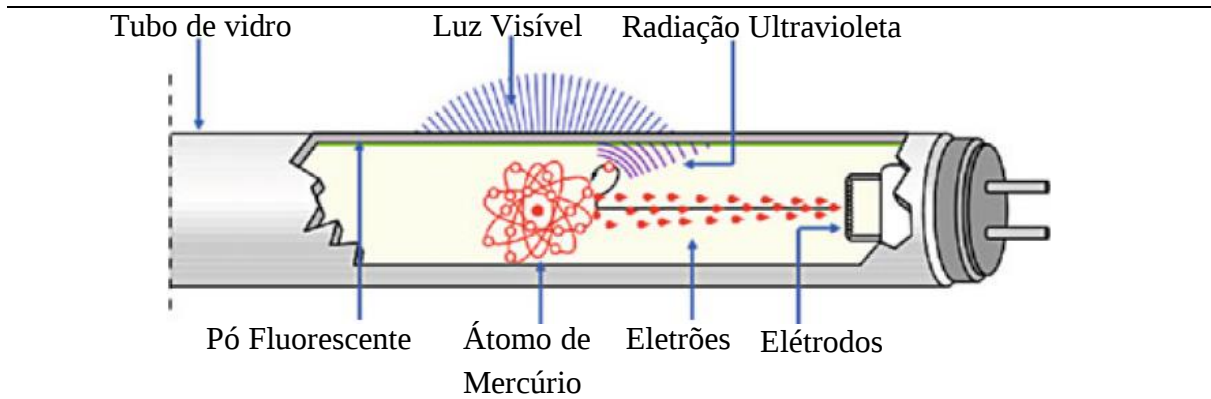


Figura 2.4 – Principais componentes de uma lâmpada de descarga fluorescente tubular. Adaptada de (Bommel, 2019).

2.2.2.2 LÂMPADAS FLUORESCENTE COMPACTA

As lâmpadas fluorescentes compactas (CFLs) começaram a ser desenvolvidas na década de 80. Está prevista a sua proibição na Europa a partir deste ano de 2020.

O princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes compactas é igual às lâmpadas fluorescentes tubulares, tal como o tipo de material na sua construção (Bommel, 2019).

Por norma, este tipo de lâmpadas é menos eficiente que as fluorescentes tubulares, mas devido ao seu tamanho reduzido, são utilizadas em diversas aplicações onde é necessária uma lâmpada menor. Têm o equipamento de controlo embutido e podem ser aplicadas diretamente no casquilho das lâmpadas incandescentes – GLS (The Society of Light and Lighting, 2009).

A redução de tamanho é conseguida através de um tubo mais reduzido, tanto em tamanho como em diâmetro, em relação às lâmpadas fluorescentes tubulares. Este tubo é dobrado em forma de U e adicionado a dois ou mais tubos em paralelo, sendo utilizada uma solda entre eles, com uma pequena abertura na solda, como pode ser visualizado na figura 2.5. Esta abertura tem como objetivo ser um caminho livre para os elétrons livres circularem entre um eletrodo e outro (Bommel, 2019).

Na tabela 2.6 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.5 podem ser visualizados os vários componentes que constituem a lâmpada.

Tabela 2.6 – Especificações técnicas para as lâmpadas fluorescentes compactas. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	80-90
Temperatura de Cor	2 700 K a 6 500 K
Potência	5 W a 80 W

Fluxo Luminoso	250 lm a 6 000 lm
Eficiência Luminosa	45 a 70 lm/W
Vida Útil	7 000 a 20 000 h
Depreciação	10 %
Tempo de Irrupção	Máx 1 min.
Dimming	Maioria das versões não pode ser escurecida.

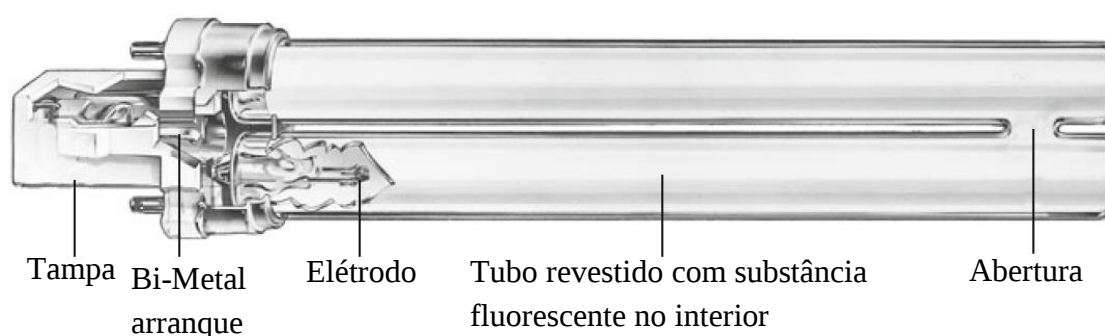


Figura 2.5 – Principais partes de uma lâmpada fluorescente compacta (versão com ponte soldada e starter embutido). Adaptado de (Bommel, 2019).

2.2.2.3 LÂMPADAS DE INDUÇÃO

As lâmpadas de indução, pertencem à família das lâmpadas de descarga. Este tipo de lâmpada, ao contrário das lâmpadas fluorescentes, não possui eletrodos. O campo magnético na lâmpada é induzido através de uma bobina de indução de alta frequência (The Society of Light and Lighting, 2009). A grande vantagem de não ter eletrodos é uma vida útil bastante elevada, o que permite que a sua principal função seja em aplicações onde a substituição da lâmpada seja bastante difícil ou demasiado cara (Bommel, 2019).

Um circuito eletrónico gera a corrente de alta frequência na bobina de indução. Essa bobina atua como um enrolamento primário num transformador. O tubo de descarga contém gás de mercúrio, este atua como bobina secundária. À semelhança das lâmpadas fluorescentes, os eletrões livres excitam os átomos de mercúrio, o que resulta na libertação de radiação. O interior do tubo ou lâmpada contém o mesmo pó fluorescente, o que resulta na emissão de luz visível (Bommel, 2019).

Na tabela 2.7 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.6 podem ser visualizados os vários componentes que constituem a lâmpada.

Tabela 2.7 – Especificações técnicas para as lâmpadas de indução. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	80-90
Temperatura de Cor	2 700 K a 6 500 K
Potência	55 W a 165 W
Fluxo Luminoso	3 500 lm a 12 000 lm
Eficiência Luminosa	65 a 70 lm/W
Vida Útil	80 000 h
Depreciação	30 %
Tempo de Irrupção	Máx 10 min.
Dimming	50 %

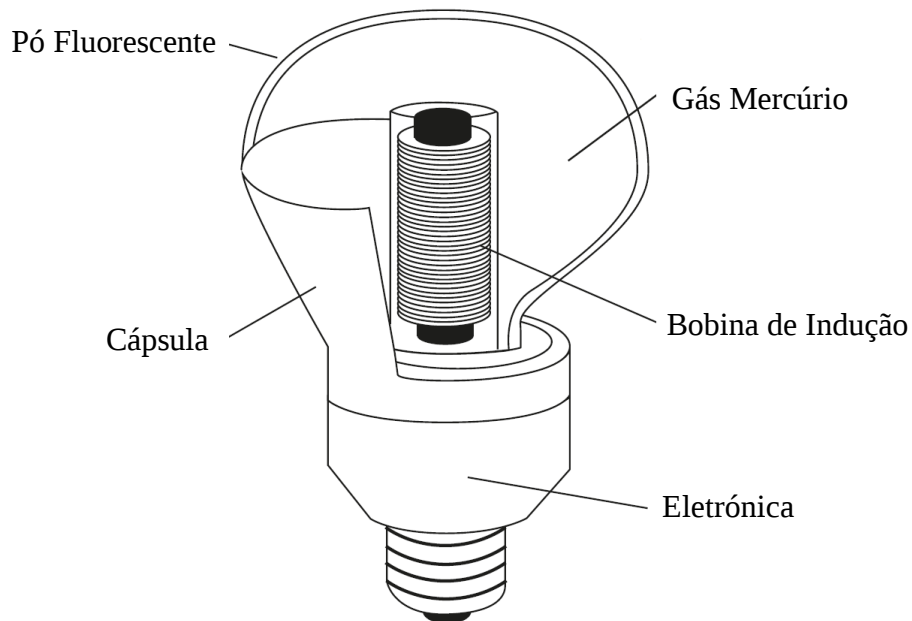


Figura 2.6 – Componentes de uma lâmpada de indução. Adaptado de (The Society of Light and Lighting, 2009).

2.2.2.4 LÂMPADAS DE IODETOS METÁLICOS COMPACTAS

As lâmpadas de iodetos metálicos foram desenvolvidas por forma a melhorar o desempenho das lâmpadas de mercúrio de alta pressão em termos de aparência de cores e emissão de luz (The Society of Light and Lighting, 2009). Foram introduzidas na década de 1960, como lâmpadas de elevado fluxo luminoso, podendo chegar aos 200 000 lumens, para aplicações em

estádios desportivos. Na década de 1990, são introduzidas lâmpadas de iodetos metálicos compactas, para iluminação de realce em espaços interiores (Bommel, 2019).

As lâmpadas de iodetos metálicos são lâmpadas de mercúrio de alta pressão que contêm iodetos metálicos, além do mercúrio. No tubo de descarga compacto aquecido, os metais juntamente com o mercúrio realizam o processo de descarga e irradiam seu próprio espectro. Isso melhora as propriedades da cor e a eficácia da luz branca emitida, em comparação com a luz de uma lâmpada de mercúrio de alta pressão comum. Como não é necessário pó fluorescente, o pequeno tubo de descarga de gás é a superfície emissora de luz. Esta pequena superfície emissora de luz torna as lâmpadas adequadas para uso em luminárias interiores.

O tubo de descarga é feito de quartzo ou de material cerâmico. Todas as lâmpadas compactas de iodetos metálicos usam um vidro rígido em vácuo ou com gás.

Os metais que contribuem para o processo de descarga não podem ser adicionados diretamente ao mercúrio no tubo de descarga. Esses metais são quimicamente agressivos à parede do tubo. A solução é adicionar esses metais na forma de compostos químicos não agressivos, com um halogénio (Iodo, Bromo ou Cloro).

Os elétrodos das lâmpadas de iodetos metálicos consistem numa haste de tungstênio com uma bobine de tungstênio (Bommel, 2019).

Na tabela 2.8 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.7 podem ser visualizados os vários componentes que constituem a lâmpada.

Tabela 2.8 – Especificações técnicas para as lâmpadas fluorescentes compactas. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	80 a 95
Temperatura de Cor	2 700 K a 4 500 K
Potência	20 W a 250 W
Fluxo Luminoso	1 500 lm a 25 000 lm
Eficiência Luminosa	70 a 95 lm/W
Vida Útil	7 000 h a 12 000 h
Depreciação	15 % a 30 %
Tempo de Irrupção	2 a 3 min. Em caso de interrupção – 10 a 15 min.
Dimming	Não



Figura 2.7 – Principais componentes de uma lâmpada de iódetos metálicos compacta.
Adaptado de (Bommel, 2019).

2.2.3 LÂMPADAS EM ESTADO SÓLIDO:

2.2.3.1 LÂMPADAS LED – (LIGHT EMITTING DIODE)

Pela primeira vez, em 1962, Holanyak e Bevacqua demonstraram o primeiro díodo emissor de luz. Foi preciso esperar até 1995 para que Nakamura desenvolvesse um díodo emissor de luz azul de alta potência. Estavam assim dados os primeiros passos para iluminação LED. Três anos mais tarde, em 1998, Begemann e Kock patenteiam a primeira aplicação LED para iluminação, chamada “*Luminaire*” (Bommel, 2019).

Entre os anos 2000 e 2015 existiram enormes avanços no desenvolvimento da eficiência destas lâmpadas, tornando-se hoje a fonte de luz mais utilizada em qualquer aplicação (Bommel, 2019).

Neste tipo de lâmpadas, a luz é criada dentro do material em estado sólido, que consiste numa junção de dois tipos diferentes de material semicondutor. O material tipo n, contém eletrões extras, enquanto o material tipo p contém lacunas. Quando se junta o tipo p com o tipo n, é criada uma junção p-n. Esta junção p-n, é conhecida como o chip do LED (Bommel, 2019).

Quando aplicada uma tensão à junção p-n, os eletrões livres migram para as lacunas, ocupando os seus lugares. Assim que ocupa o lugar de uma lacuna, o eletrão livre desloca-se para uma órbita inferior, com o nível de energia mais baixo, libertando um fóton, dando assim lugar à emissão de luz, ou seja, à observação de eletroluminescência (Bommel, 2019) (Lorenz, Marques, & Monteiro, 2016). O princípio de funcionamento do LED, pode ser visualizado na figura 2.8.

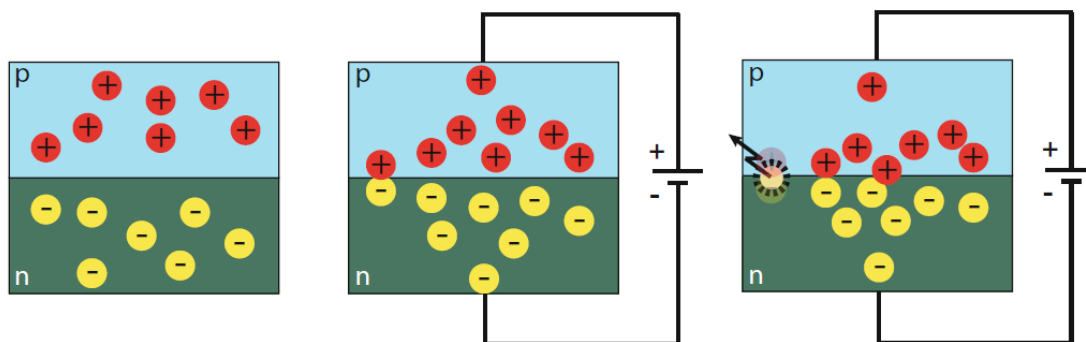


Figura 2.8 – Princípio de funcionamento de uma fonte de luz de estado sólido. Retirado de (Bommel, 2019).

O espectro de um LED é muito estreito, como consequência, a luz emitida é sempre colorida. A luz branca do LED pode ser obtida combinando três ou mais chips de LED de cores diferentes. No entanto, atualmente, esses sistemas não são muito eficientes e, portanto, não são adequados para instalações gerais de iluminação branca. Os esforços no avanço desta área são para produzir chips de LED únicos em multicamadas, cada camada produzindo uma cor específica de luz, de modo a que o resultado combinado seja a luz branca. Atualmente, a luz branca eficiente e de boa qualidade é obtida principalmente pelo uso de um chip LED emissor de luz azul, violeta ou ultravioleta. Este chip é coberto com fósforo e / ou material de pontos quânticos para a obtenção de luz branca (Bommel, 2019). Na figura 2.9 pode ser visualizado o princípio de funcionamento de um módulo LED de fósforo, para a obtenção de luz branca.

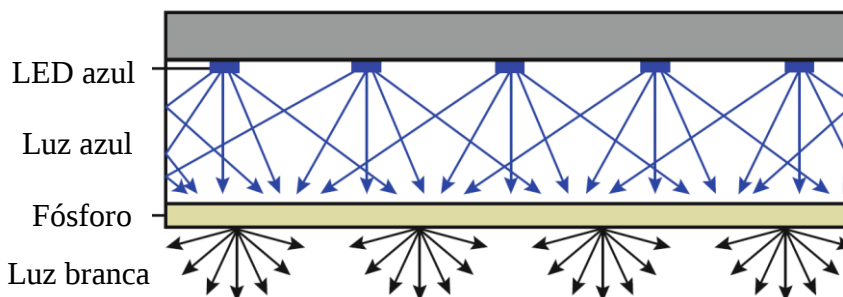


Figura 2.9 – Princípio de um módulo LED de fósforo. Adaptado de (Bommel, 2019)

O fósforo converte a radiação de comprimento de onda curto em comprimentos de onda mais longos, criando a luz branca.

Este método produz comprimentos de onda muito longos na área vermelha do espectro, para obter uma boa qualidade de cor. Consequentemente, produz também radiação infravermelha desnecessária. Essa radiação infravermelha desnecessária representa uma perda de energia.

Usando uma composição diferente do material de fósforo, que limita os comprimentos de onda na faixa vermelha extrema do espectro, e compensando essa área de comprimento de onda com

luz vermelha convertida por material de pontos quânticos, é possível obter luz branca de elevada eficiência e alta qualidade.

O uso de pontos quânticos, como o único método de conversão de comprimento de onda ou em combinação com fósforo, pode-se tornar uma solução popular para LEDs brancos eficientes e de alta qualidade (Bommel, 2019).

O fluxo luminoso de um LED individual é bastante baixo comparado ao das lâmpadas de descarga de gás. A solução é agrupar vários LEDs, de modo a contruir um módulo de LEDs que emite um fluxo luminoso elevado. Os LEDs são normalmente montados em placas de circuito impresso. Podem ser montados, usando a tecnologia SMD (*Surface Mounted Device*), soldando o chip individualmente na placa, sem componentes de fixação. Esta tecnologia facilita a condução térmica. Podem ser montados também utilizando a tecnologia COB (*Chip on Board*), o que permite uma montagem muito mais densa em termos de LEDs. O circuito elétrico é aplicado diretamente num conjunto de LEDs que, por sua vez, é montado em uma placa de metal. Um único circuito conecta-se a todos os LEDs, de modo que apenas sejam necessários dois contactos para a fonte de alimentação na placa de metal. O fósforo é posteriormente aplicado sobre a área total do conjunto de LEDs, de modo que “uma” fonte de luz de alta intensidade seja obtida sem pontos brilhantes individuais visíveis. A camada de fósforo pode ser plana ou moldada como uma esfera. O contorno dos feixes de luz COB é mais nítido que o dos feixes de LED SMD, que são menos homogêneos devido aos pontos de luz individuais que compõem o feixe (Bommel, 2019). Na figura 2.10 podem ser visualizados os dois tipos de tecnologias de montagem LED.

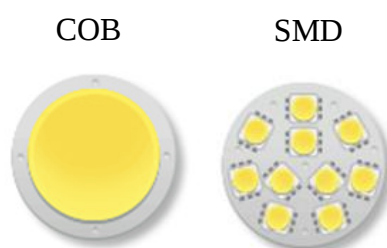


Figura 2.10 – LEDs com a tecnologia de montagem COB e SMD. Adaptado de (LED BOX, 2016).

As melhorias na eficácia dos LEDs foram sensacionais nos anos entre 2000 e 2015, tornando-os hoje “a” fonte de luz para quase todas as aplicações de iluminação. O melhor desempenho da categoria dos pacotes de LED de fósforo branco comercial em 2019 é de cerca de 200 Lm / W para luz branca fria e 180 lm / W para branco quente (Bommel, 2019).

Os LED combinam a uma elevada eficiência com uma vida útil extremamente elevada. As projeções na eficiência, publicadas pelo Departamento de Energia dos EUA mostram que entre 2020 e 2025 a eficiência luminosa nas lâmpadas LED aproximar-se-á de valores em torno de 250 Lm / W (U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2017). Curiosamente, a projeção também mostra que os LEDs brancos quentes terão quase a mesma eficácia que os LEDs brancos frios. Os LEDs mistos coloridos (vermelho, amarelo,

verde e azul), que fornecem luz branca de boa qualidade hoje, têm eficácia muito menor do que os LEDs brancos de fósforo. A expectativa é, no entanto, que os sistemas de LED branco misto colorido tenham potencial para alcançar eficiência luminosa em mais de 300 Lm / W a partir de 2035 (Bommel, 2019).

Na tabela 2.9 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia, bem como na figura 2.11 podem ser visualizados os vários componentes que constituem o LED.

Tabela 2.9 – Especificações técnicas para as lâmpadas de estado sólido LED. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	50 a 95
Temperatura de Cor	2 700 K a 10 000 K
Fluxo Luminoso	Mais de 1 000 lm, por <i>chip</i> LED
Eficiência Luminosa	70 a 200 lm/W
Vida Útil	20 000 h a 100 000 h
Tempo de Irrupção	Instantânea
Dimming	Sim

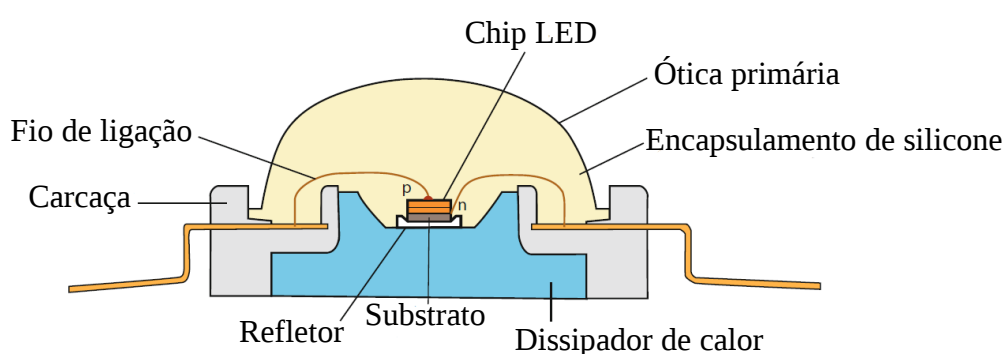


Figura 2.11 – Principais componentes e construção de um LED. Adaptado de (Bommel, 2019).

2.2.3.2 LÂMPADAS OLED (ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE)

Os díodos emissores de luz feitos de material semicondutor orgânico são chamados de OLEDs. O material semicondutor orgânico é um composto químico cujas moléculas contêm carbono e hidrogênio. Uma das propriedades do carbono é que permite a conexão com outros átomos de carbono para formar longas cadeias, um processo chamado polimerização. As cadeias são chamadas de polímeros. Os polímeros produzidos artificialmente são chamados de plásticos. Eles combinam as propriedades elétricas dos semicondutores com as propriedades mecânicas e químicas dos plásticos (Bommel, 2019).

O desenvolvimento de OLEDs comerciais só começou por volta do ano 2000. Inicialmente, as expectativas eram de que fosse possível um aumento relativamente rápido da eficiência luminosa para mais de 100 lm/W e em dimensões superiores a 1x1 m. As expectativas hoje são de que os desenvolvimentos serão mais lentos. Os painéis OLED podem ser produzidos para fornecer luz branca ou colorida. Atualmente, uma aplicação importante para OLEDs é o monitor para telemóveis e outras telas, incluindo as de televisão. Hoje, a aplicação em iluminação mais interessante para OLEDs é a iluminação decorativa. Para fins de iluminação geral, a eficiência ainda é muito baixa (Bommel, 2019).

Na tabela 2.10 podem ser consultadas as especificações gerais deste tipo de tecnologia.

Tabela 2.10 – Especificações técnicas para as lâmpadas de estado sólido OLED. Adaptado de (Bommel, 2019).

Índice de Restituição Cromática	90
Temperatura de Cor	2 500 K a 10 000 K
Fluxo Luminoso	3 000 cd/m ²
Eficiência Luminosa	55 lm/W
Vida Útil	30 000 h a 50 000 h
Tempo de Irrupção	Instantânea
Dimming	Sim

2.3 DEPRECIAÇÃO LUMINOSA EM LÂMPADAS LED

Os parâmetros que mais contribuem para determinar o tempo de vida operacional de uma fonte de luz LED, são a saída de lúmen e a qualidade da cor. Quando o valor de um destes parâmetros se torna baixo e a fonte de luz LED precisa ser substituída, esta tem a chamada falha paramétrica, embora ainda possa continuar a funcionar por um período de tempo. Esta fonte de luz LED, entende-se como o conjunto ou módulo de LEDs sozinho, e não a luminária LED.

O momento em que a fonte de luz LED deixa de funcionar completamente é chamado de falha abrupta ou catastrófica (Bommel, 2019).

2.3.1 TERMINOLOGIA

A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC – *International Electrotechnical Commission*) definiu a vida útil do LED pela falha paramétrica: "saída de lúmen muito baixa". Esta vida útil é especificada como y horas de vida útil com base na condição "LxB50". Y é o tempo (em

horas) após o qual 50% (B50) de uma população de módulos de LED falha parametricamente em fornecer pelo menos uma percentagem x do fluxo luminoso inicial. Qual a percentagem de depreciação do lúmen é relevante, depende do tipo de aplicação. L90B50, L80B50 e L70B50 são valores que podem ser relevantes. A condição L70 é frequentemente usada como correspondente à "vida útil" de uma fonte de luz LED. No entanto, para algumas aplicações, um valor de 70% mantido pelo lúmen é muito baixo e requer a instalação de nova iluminação. Produtos de alta qualidade com valores de vida útil longos, correspondentes às condições L80 ou L90, são geralmente mais económicos e poupam energia. É importante enfatizar que as especificações da vida útil sem indicação da condição L_x não fazem sentido. De acordo com a IEC, o valor de B deve ser sempre 50, o que significa que 50% de um conjunto de LEDs do mesmo tipo não conseguiu fornecer a percentagem declarada x de lúmen da lâmpada, ou seja, B50. Se apenas for fornecido o valor L_x , B será assumido como 50 (Bommel, 2019).

Considera-se que a falha de um único LED, num módulo com vários LEDs, contribui para a degradação gradual da saída do lúmen. O efeito é incorporado na depreciação do lúmen da lâmpada e, portanto, na condição L_x .

Falhas bruscas, catastróficas e completas de um módulo LED, são denominadas Cz: período de tempo durante o qual $z\%$ de uma população de módulos de LED do mesmo tipo, não produz qualquer fluxo luminoso (Bommel, 2019) (Padmasali & Kini, 2015).

2.3.2 LM – 80

O padrão da indústria para testes de manutenção de lúmen de um lote de LEDs é um documento da Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte, "*IES Document LM-80, Measuring lumen maintenance of LED light sources*", que se refere aos testes de manutenção de lúmen em fontes de luz LED.

O documento LM-80 prescreve o método de amostragem de LEDs, as condições do ambiente de laboratório, o protocolo de medição fotométrica e as condições operacionais (elétricas e térmicas) dos LEDs a serem testados. Os ensaios de um lote devem ser realizados por pelo menos 6 000 h, com recolha de dados no mínimo a cada 1 000 h. No entanto, 10 000 h (ou mais) é aconselhado para modelagem preditiva aprimorada. É prescrita a operação contínua durante toda a duração de um teste, sem ligar e desligar. No entanto, os resultados obtidos podem nem sempre representar uma operação da vida real (Padmasali & Kini, 2015) (Bommel, 2019).

2.3.3 TM – 21

Um segundo documento IES, TM-21 “*Projecting long term lumen maintenance of LED light sources*”, descreve um método de interpolação matemática, usando dados obtidos com o teste descrito em LM-80. Permite prever a percentagem de manutenção do lúmen numa vida útil seis vezes superior à do período testado. Previsões mais amplas não são realistas devido a limitações na extrapolação e falta de confiança nos dados posteriores. Para um período testado pelo LM – 80 de 6 000 h, corresponde a uma previsão para 36 000 h no máximo. Por um período testado de 10 000 h, a previsão é de no máximo 60 000 h (Padmasali & Kini, 2015) (Bommel, 2019).

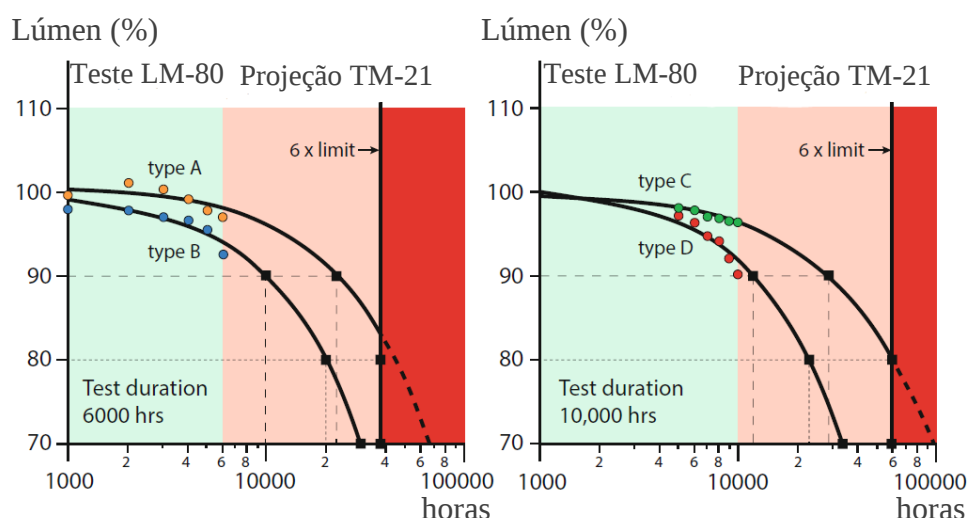


Figura 2.12 – Curvas interpoladas de manutenção de lúmen de acordo com TM-21, calculados a partir de pontos de medição obtidos a partir de testes baseados em LM-80. Adaptado de (Bommel, 2019).

A Figura 2.12 mostra um exemplo do resultado da interpolação matemática para uma amostra de teste de 20 LEDs de quatro tipos diferentes de LEDs. Dois deles são testados durante um período de 6 000 h e dois acima de 10 000 h. Os círculos coloridos são pontos de medição; os quadrados pretos representam a vida útil projetada para as condições L90, L80 e L70.

O método de interpolação usado pelo TM-21 é bastante simples. É por isso que a projeção além de seis vezes a duração do período testado não é de todo confiável e, de acordo com o TM-21, não deve ser feita. Diferentes métodos alternativos de interpolação, que levam em conta possíveis mecanismos de degradação material, mecânica e elétrica dos LEDs, foram propostos, incluindo testes acelerados de sobrecarga para acelerar o processo de envelhecimento e degradação de dispositivos de estado sólido (Padmasali & Kini, 2015).

O LM-80 prescreve também a medição da mudança de cor durante a duração dos testes. No entanto, ainda não existe um método de projeção padronizado que permita tirar conclusões sobre a mudança de cor por períodos superiores às 6 000 ou 10 000 h (Bommel, 2019).

Capítulo

3

ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

Neste capítulo é realizada uma abordagem aos sistemas de iluminação de interiores, à sua classificação e eficiência. É também abordado o seu dimensionamento, bem como os componentes que o constituem.

3 ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

Os sistemas de iluminação devem ser determinados através de uma análise do ambiente a ser iluminado e da tarefa a ser executada. Podemos dividir os sistemas de iluminação em 3 classificações de sistemas de iluminação: Iluminação direta, Iluminação indireta, Iluminação direta e indireta.

3.1.1 ILUMINAÇÃO DIRETA

Os sistemas de iluminação direta podem ser obtidos através de três tipos de luminárias: encastradas, montagem saliente, e suspensas (figura 3.1).

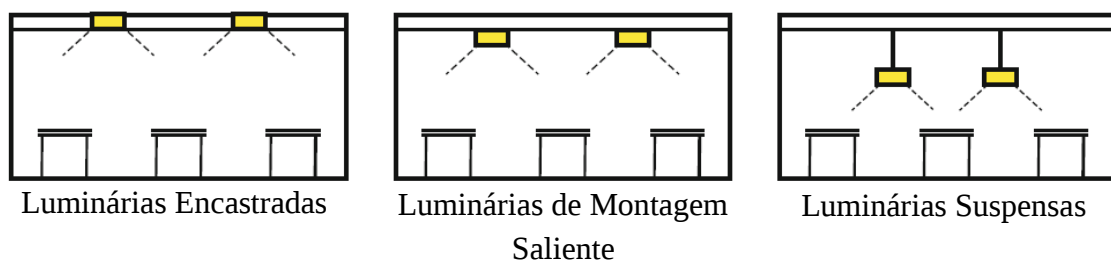


Figura 3.1 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação direta.
Adaptado de (Bommel, 2019).

Estes sistemas podem ser eficientes, pois a iluminação atinge diretamente o plano de trabalho (Bommel, 2019). O principal problema com sistemas de iluminação direta é o fato de que o teto e as partes superiores das paredes tendem a ficar mal iluminadas. Esse problema pode ser minimizado com acabamentos de elevada reflexão no chão, móveis, paredes e tetos. Pode ser utilizada também, uma iluminação suplementar montada na parede ou uma luminária de iluminação direta que desvia uma pequena quantidade de luz para o teto. É necessário ter cuidado para evitar que manchas de alta luminância¹ apareçam nas paredes ou no teto, pois podem ser vistas como reflexos de alta luminância nas telas dos computadores (The Society of Light and Lighting, 2009).

Por norma, são aplicadas linhas de luminárias lineares. Estas devem ser colocadas paralelas às janelas e na direção de visualização dos utilizadores. Deste modo, as reflexões das luminárias no plano de trabalho, afetam apenas a pequena área correspondente à área transversal da luminária (figura 3.2, esquerda), em vez de afetar uma grande área correspondente à área longitudinal da luminária (figura 3.2, direita) (Bommel, 2019).

¹ – A luminância é uma medida da densidade da intensidade de uma luz refletida numa dada direção.

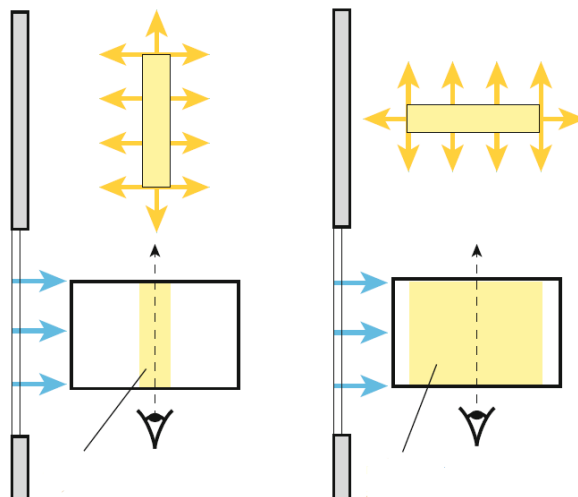


Figura 3.2 – Organização das luminárias lineares. Retirado de (Bommel, 2019).

Se a fila de luminárias mais próxima das janelas estiver posicionada muito perto das mesmas, as pessoas localizadas na zona da janela podem ser vistas em silhueta (figura 3.3, esquerda). Posicionando as luminárias a uma determinada distância das paredes que contêm janelas, é obtida iluminação vertical suficiente para evitar o efeito de silhueta (figura 3.3, direita). (Bommel, 2019).



Figura 3.3 – Efeito de silhueta. Retirado de (Bommel, 2019).

3.1.2 ILUMINAÇÃO INDIRETA

Os sistemas de iluminação indireta podem ser obtidos através de luminárias independentes ou suspensas (figura 3.4).

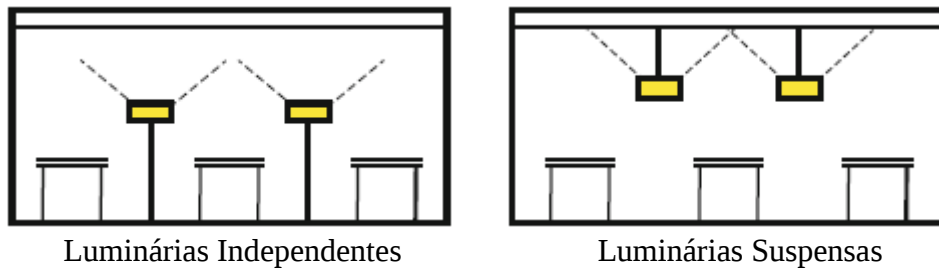


Figura 3.4 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação indireta. Adaptado de (Bommel, 2019).

As luminárias independentes podem ser executadas na forma de luminárias de mesa. A iluminação indireta tem algumas desvantagens. A luz só atinge o plano de trabalho após reflexão do teto e das partes superiores das paredes (Bommel, 2019). É importante garantir que a superfície da qual a luz é refletida tenha um coeficiente de reflexão de pelo menos 0.7, de preferência, 0.8 ou superior (The Society of Light and Lighting, 2009). No caso de um teto branco e paredes brancas com um coeficiente de reflexão de 0.7, ocorre uma perda de 30% de luminância. A luz indireta dificilmente cria sombras. O caráter de iluminação monótona e opaca pode ser comparado com a situação de iluminação sem sombras ao ar livre, num dia nublado. Uma vantagem da iluminação indireta é que os reflexos nas zonas de trabalho e nas unidades de exibição são limitados (Bommel, 2019).

Enquanto nas luminárias encastradas ou de montagem saliente a forma e o design da luminária não são visualmente presentes, nas luminárias suspensas ou independentes isso já não acontece. Neste caso, o designer de iluminação deve ter em conta que a forma e o design da luminária desempenham um papel fulcral no ambiente do espaço. As luminárias independentes e as luminárias suspensas podem formar uma obstrução visual. Um bom planeamento, projetando o espaço a 3 dimensões, com as luminárias, com diferentes pontos de vista, ajuda a evitar situações irritantes para os utilizadores do espaço. No caso de luminárias independentes, é necessário encontrar ainda uma boa solução para os cabos de alimentação (Bommel, 2019).

3.1.3 UMA COMBINAÇÃO DE ILUMINAÇÃO DIRETA E INDIRETA

A combinação de iluminação direta e indireta faz uso de uma combinação de luminárias com montagem saliente ou encastradas e independentes, apenas luminárias independentes, ou apenas luminárias suspensas (figura 3.5) (Bommel, 2019).

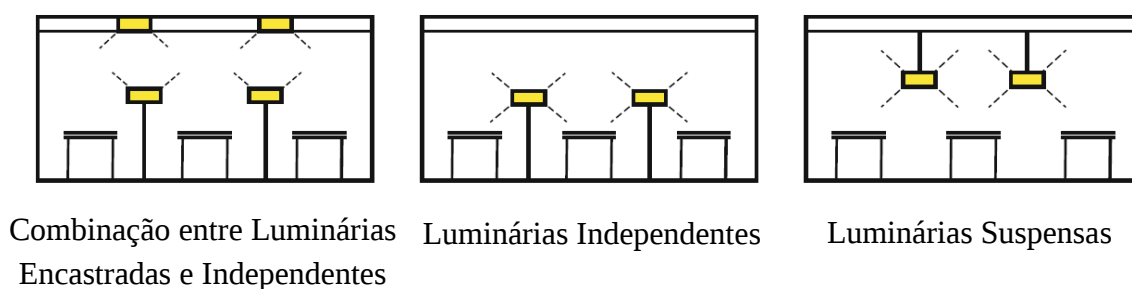


Figura 3.5 – Tipos de montagens de luminárias utilizadas no sistema de iluminação combinado. Adaptado de (Bommel, 2019).

As luminárias independentes podem ser candeeiros de mesa ou ser integradas no mobiliário.

Com um projeto bem pensado e desenvolvido, as desvantagens do sistema indireto podem ser eliminadas. Podem ser obtidas luminâncias de teto e parede suficientemente altas, minimizando o problema de reflexão em superfícies que podem ocorrer no sistema de iluminação direta.

Os melhores resultados para este tipo de sistema, são obtidos se a iluminação direta contribuir com mais de 50% da iluminação no plano de trabalho. O sistema combinado é visualmente mais presente que os outros sistemas. Como no sistema indireto, deve-se prestar atenção para evitar que as luminárias causem obstrução visual (Bommel, 2019).

3.2 EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

No sentido de se obter a eficiência nos sistemas de iluminação de interiores, é necessário realizar um processo de cálculo. Inicialmente é necessário calcular a potência total instalada do sistema, passando depois a realizar o cálculo da densidade de potência e por fim o cálculo da densidade de potência relativa para 100 lux de iluminância (OSRAM, 2010). O processo de cálculo para obter a eficiência energética pode ser visualizado na figura 3.6.



Figura 3.6 – Processo de cálculo para obter a eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores. Adaptado de (OSRAM, 2010).

3.2.1 POTÊNCIA TOTAL INSTALADA

Para calcular a potência total instalada do sistema é necessário realizar a multiplicação da potência da luminária e a de outros componentes auxiliares, caso existam, pela quantidade de unidades. A potência total instalada é expressa em kilowatts, dividindo-se assim por 1 000.

É necessário realizar o cálculo tendo em conta todos os equipamentos que consomem energia e estão diretamente relacionados com o sistema de iluminação, tais como, balastros, transformadores, sensores, etc (OSRAM, 2010).

$$P_t = \frac{W \cdot N}{1000} [kW] \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde,

P_t – Potência total instalada do sistema;

W – Potência da luminária e dispositivos auxiliares (caso existam), em watts;

N – Número de luminárias;

3.2.2 DENSIDADE DE POTÊNCIA

O cálculo da densidade de potência é a potência total instalada em watts por metro quadrado.

$$D = \frac{P_t \cdot 1000}{A} [W/m^2] \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde,

D – Densidade de potência;

P_t – Potência total instalada do sistema, em kilowatt;

A – Área, em metros quadrados;

Em termos de eficiência, este cálculo não permite comparar dois sistemas de iluminação, uma vez que, comparando os dois sistemas, um é mais eficiente que o outro, apenas por consumir menos watts por metro quadrado. É necessário saber o nível de iluminância dos sistemas a comparar (OSRAM, 2010).

3.2.3 DENSIDADE DE POTÊNCIA RELATIVA

A densidade de potência relativa, diz respeito, à densidade de potência total instalada, correspondente a cada 100 lux de iluminância. Este cálculo é de extrema relevância, uma vez que nos permite comparar dois sistemas de iluminação, conseguindo assim, auxiliar o projetista na decisão de qual o sistema de iluminação é mais eficiente (OSRAM, 2010).

$$D_r = \frac{D \cdot 100}{E} [W/m^2/100lx] \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde,

D_r – Densidade de potência relativa, em watt por metro quadrado por 100 lux;

D – Densidade de potência, em watt por metro quadrado;

E – Iluminância, em lux;

3.3 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

3.3.1 PROJETO DO ESPAÇO E SUA UTILIZAÇÃO

Num projeto de iluminação existem diversos aspetos a ter em conta, como aspetos técnicos, científicos e estéticos. Em determinados casos, alguns entram em conflito e não existe uma solução ideal para o projeto. É responsabilidade do profissional de iluminação, dar prioridade aos aspetos que acha mais relevante para o projeto em questão (Bommel, 2019).

É essencial no início do projeto existir uma intensa troca de informações entre o profissional de iluminação e o cliente. Para que essa troca inicial de informações seja de sucesso, é aconselhável que o profissional de iluminação não utilize termos técnicos, tais como “lúmen”, “lux”, etc. É fundamental que o discurso seja o mais direto e conciso possível (Bommel, 2019).

Torna-se fundamental fazer uma análise ao espaço onde irá ser executado o projeto. Deve ser determinada a sua função como, por exemplo, se se trata de uma área hospitalar, industrial ou de escritório, bem como determinar as tarefas visuais do espaço. Aspetos como detalhes do tipo de trabalho que se realiza no espaço, o horário laboral, orientação cardinal do espaço, localização das janelas e portas e número de utilizadores do espaço, também são aspetos de extrema relevância. Deve ser feita uma análise inicial, das possibilidades da localização das luminárias, isto em termos mecânicos e elétricos (Bommel, 2019).

Nesta fase inicial do projeto, deve ser logo discutido, a possibilidade de controlo de iluminação. É necessário fazer um levantamento das atividades executadas pelos utilizadores do espaço.

Esta informação é a base para o profissional de iluminação decidir quais os sensores de iluminação necessários, se a área é adequada a ter controlo de iluminação, ou se apenas deve ter controlo individual de luminária (Bommel, 2019). Na figura 3.7 podem ser visualizadas as cinco fases para um projeto de iluminação.

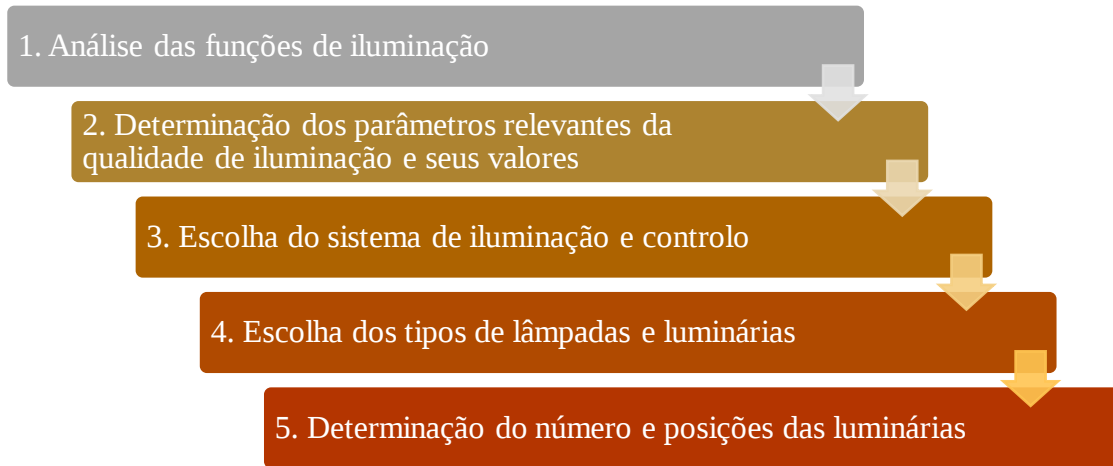


Figura 3.7 – As cinco fases de um projeto de iluminação. Adaptado de (Bommel, 2019).

Deve ser explicado, tanto ao cliente, como ao arquiteto e/ou ao designer de interiores, que a reflexão de paredes, tetos, chão e mobiliário é muito importante, para que se consiga obter qualidade de luz interior, bem como pode economizar consideravelmente custos e uso de energia (Bommel, 2019).

Nesta fase do projeto, é necessário obter informações sobre os fatores que influenciam o fator de manutenção, ou seja, a limpeza do espaço e o plano de manutenção (Bommel, 2019).

É necessário definir as preferências em termos de estilo e de estética para o espaço. Este aspeto torna-se mais evidente para espaços em que o lazer é o principal fator, tais como lojas, restaurantes, bares e hotéis. Por exemplo, no caso das lojas, deve ser definido com o proprietário da loja, o tipo de mercadorias, o público-alvo, nível de preço, tipo de serviço, se irá possuir atendimento personalizado, caixas automáticas, entre outros inúmeros aspetos fulcrais para o profissional de iluminação executar um projeto de acordo com a atividade que se pratica naquele espaço (Bommel, 2019).

Os detalhes de orçamento desempenham um papel crucial para definir soluções em termos de iluminação. Este deve ser discutido nesta fase inicial do projeto, para evitar problemas futuros com o cliente (Bommel, 2019).

3.3.1.1 DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO

Para que o projeto tenha sucesso, é necessário que todos os dados recolhidos no processo anterior, sejam agora postos em prática. O profissional de iluminação deve nesta fase, colocar a fase de análise em valores necessários para que os parâmetros de iluminação sejam cumpridos (Bommel, 2019).

É de extrema relevância seguir a legislação em vigor, bem como seguir os parâmetros pré-definidos nas normas. Sempre que a tarefa visual não conste na norma, deve ser feita uma comparação a tarefas similares, isto em termos de tamanho do espaço, contraste e distância da visibilidade, para discussão posterior com o cliente (Bommel, 2019).

3.3.1.2 ESCOLHA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E CONTROLO

Nesta fase, a escolha do tipo de sistema de iluminação e controlo a utilizar é muito importante.

Muitos sistemas de iluminação e controlo são projetados com ênfase na criação de boas condições de visão. Esses sistemas podem ser referidos como sistemas funcionais. Este tipo de sistemas é geralmente projetado para escritórios, escolas e indústria. Estes tipos de sistemas podem ser executados com iluminação direta, indireta ou uma combinação entre iluminação direta e indireta (Bommel, 2019).

O sistema de iluminação funcional pode, como único sistema, atender às necessidades de iluminação em alguns escritórios e situações industriais. No entanto, muitas vezes o ambiente também desempenha um papel importante. Em tais situações, pode ser necessário um sistema de iluminação secundário para criar o ambiente certo. Em aplicações, como restaurantes, lojas ou museus, as zonas funcionais e ambientais da iluminação têm o mesmo peso. Obviamente, os dois sistemas devem ser projetados para que eles não interajam negativamente (Bommel, 2019).

3.3.1.3 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO E POSIÇÕES DAS LUMINÁRIAS

Esta última fase do processo consiste em determinar o número e as posições das luminárias. Atualmente, estão disponíveis inúmeros *softwares* de cálculo de iluminação, que permitem definir o padrão de iluminação de acordo com as normas. Os fabricantes de luminárias possuem os dados fotométricos em formato digital, para que possam ser adicionados nos *softwares* de cálculo (Bommel, 2019).

As vantagens para o profissional de iluminação é a grande disponibilização de dados fotométricos digitais existentes no mercado e o facto de os *softwares* de cálculo serem de licença gratuita (Bommel, 2019).

3.3.2 LUZ NATURAL

A luz natural varia em quantidade e espectro, com a altitude do sol e a transmissão atmosférica. Isto significa que a disponibilidade de luz natural varia com a estação do ano e a existência de nuvens (The Society of Light and Lighting, 2009).

A luz natural tem dois componentes: a luz solar e o brilho do céu. A luz solar é o feixe direcional emitido pelo sol, o brilho do céu é o reflexo da luz nas partículas na atmosfera. A luz solar direta que entra nos espaços internos exige um controlo cuidadoso (Gordon, 2003).

A figura 3.8 mostra como a iluminação no plano horizontal fornecida pela luz natural, varia com a estação do ano e a hora do dia. Estas iluminâncias são medidas num plano horizontal sem obstáculos. Num edifício, a quantidade de luz natural disponível, dependerá sempre da posição e tamanho das janelas (The Society of Light and Lighting, 2009).

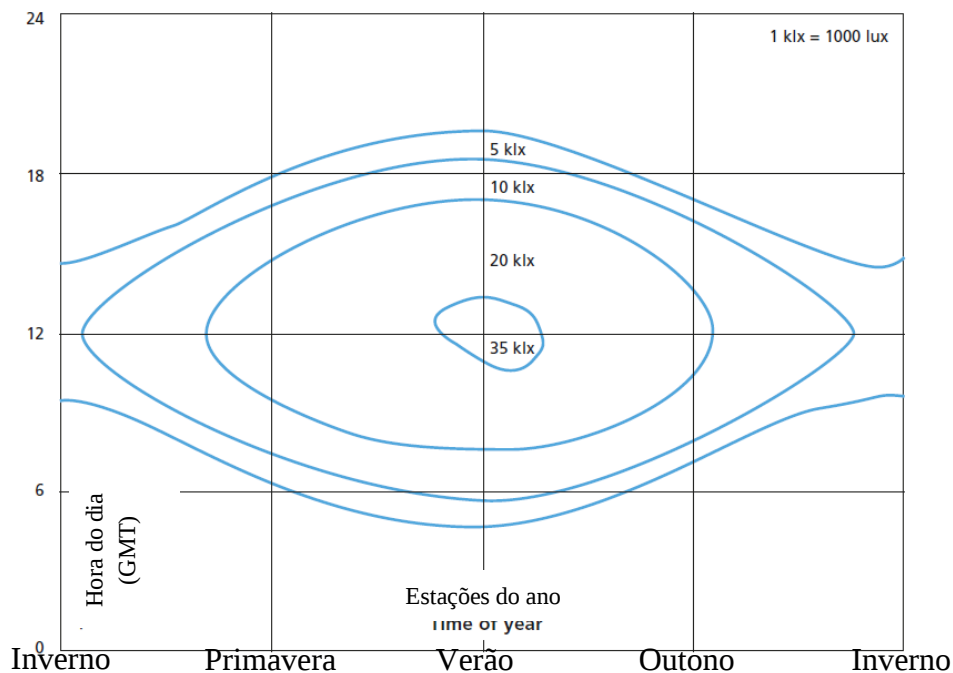


Figura 3.8 – A iluminância num plano horizontal fornecida pela luz natural, varia com a época do ano e a hora do dia. Adaptado de (The Society of Light and Lighting, 2009).

3.3.2.1 NÍVEIS INTERNOS DA LUZ NATURAL

A luz natural, é normalmente filtrada para impedir a sua entrada direta em edifícios usados para trabalho, tais como escritórios. A quantidade de luz natural que penetra nos edifícios depende dos seguintes fatores:

- Fenestrações, tais como portas e janelas;
- Edifícios e estruturas na parte exterior do local em estudo;
- Luz solar que pode ser refletida a partir dos edifícios e estruturas exteriores e também superfícies do solo, abaixo das fenestrações do local em estudo;
- Reflexões internas, derivadas das superfícies no interior do local em estudo, especialmente paredes e tetos.

Existem diversas formas da luz natural entrar num edifício (figura 3.9), como por exemplo:

- Janelas;
- Cúpulas;
- Claraboias;
- Tubos solares;
- Shed;
- Lanternin;
- Átrios;

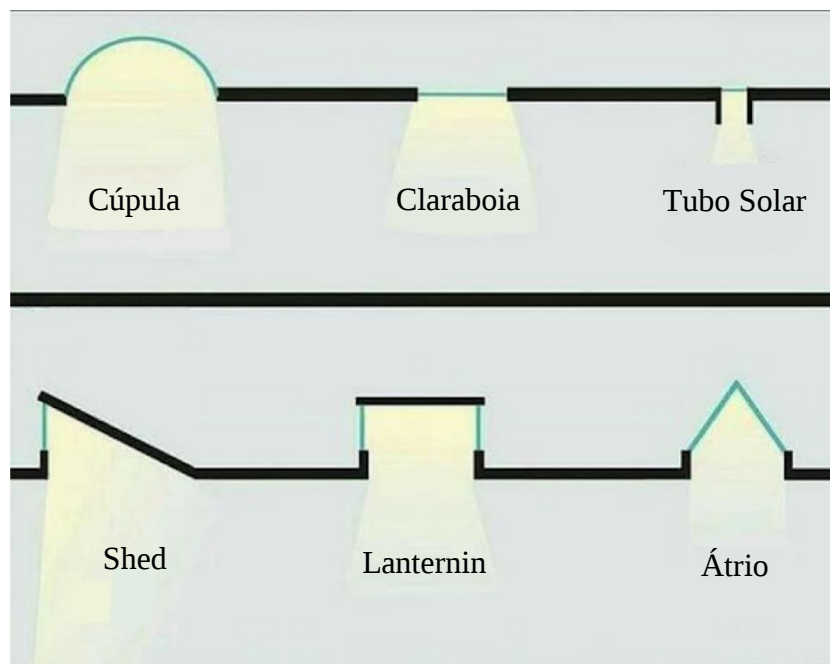


Figura 3.9 – Exemplos de formas da luz natural entrar num edifício. Adaptado de (Moretti, 2019).

A iluminação horizontal junto das janelas é relativamente elevada, isto porque a incidência de luz natural é quase perpendicular à superfície de trabalho. A iluminação horizontal no plano de trabalho diminui com a profundidade da sala. Isso comprova-se na figura 3.10 onde se observa a iluminância da luz natural horizontal relativa no plano de trabalho (céu nublado) em função

da profundidade da sala para, respetivamente, uma janela lateral montada na altura do plano de trabalho (vermelho), uma janela lateral com as mesmas dimensões, numa posição superior (verde) e uma abertura de claraboia (azul). A curva vermelha, representa escritórios com coeficiente de reflexão comuns (tetos com 0.7, paredes com 0.5 e pisos com 0.2), com uma janela vertical posicionada na parte inferior do plano de trabalho do escritório. Ao posicionar a janela com uma elevação superior (curva verde), a iluminação horizontal, próxima da parede, diminui e a distribuição da iluminação natural torna-se mais uniforme ao longo da sala. A curva azul, corresponde a utilização de claraboias, onde a iluminação natural é máxima junta da mesma (Bommel, 2019).

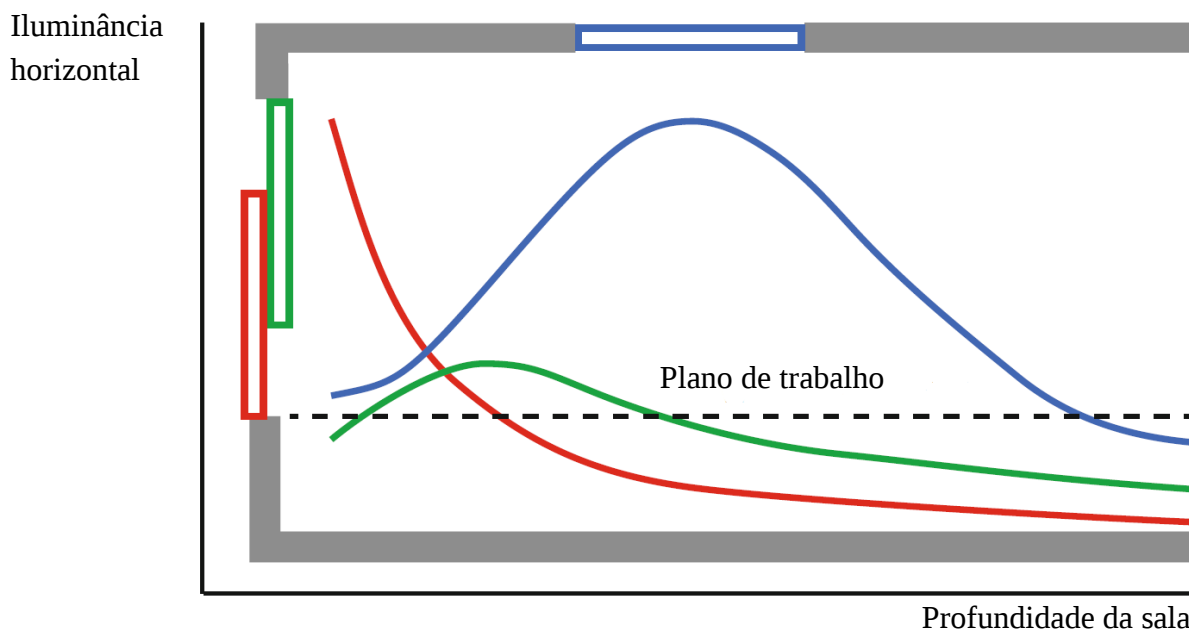


Figura 3.10 – Iluminância da luz natural horizontal relativa no plano de trabalho. Adaptado de (Bommel, 2019).

Segundo a CIE *standard overcast sky*, é possível obter uma iluminância horizontal de 500 lux para uma sala com uma profundidade máxima de duas vezes a altura da janela, medida no plano de trabalho (sala com apenas uma janela vertical). Para uma sala com altura de 2.4 m, com a janela de 1.5 m, situada à altura do plano de trabalho, 0.8 m, e a 0.1 m do teto, a profundidade máxima será de 3 m (Bommel, 2019).

Numa sala, com duas paredes com janelas verticais opostas, a profundidade máxima não pode exceder cinco vezes a altura da janela (Bommel, 2019).

Previsões mais precisas, tendo em consideração todos os fatores que influenciam a penetração de luz natural, podem ser obtidas através do fator de luz natural (Bommel, 2019).

3.3.2.2 FATOR DE LUZ NATURAL

O fator de luz natural prevê a luz natural disponível em espaços interiores. É definido com o quociente entre a iluminância num ponto do espaço interior, num determinado plano, devido à luz natural recebida do exterior, com uma distribuição de luminância definida, e a luminância num plano horizontal no exterior aberto (sem obstruções) (Alves, 2008).

$$DF = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100 [\%] \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde,

E_{int} é a iluminância interior num ponto de um plano (lux);

E_{ext} é a iluminância exterior simultânea num plano horizontal (lux).

O fator da luz natural, geralmente é um bom indicador da aparência geral da sala. Tregenza e Wilson forneceram uma descrição qualitativa da aparência de uma sala de escritório, para diferentes valores do fator da luz natural, como indicado na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Descrição dos resultados para o fator de luz natural. Adaptado de (Tregenza & Wilson, 2011).

Fator da luz natural	Características da sala	Efeito da iluminação artificial
1%	Sombras, contrastes severos na visualização	A iluminação elétrica pode disfarçar a variação da luz natural
2%	Áreas mais profundas da sala podem parecer mais escuras	Aparência de sala iluminada, mesmo que a iluminação artificial seja a principal fonte de iluminação
5%	Parece iluminado durante o dia, pode ocorrer desconforto visual e térmico na área das janelas	Iluminação artificial raramente necessária
10%	Parece um espaço externo, condições visuais e térmicas podem não ser adequadas para tarefas do tipo escritório	

O fator de luz natural, entre 2 – 5%, corresponde a boas condições visuais.

3.3.2.3 PROBLEMAS DA LUZ NATURAL

A luz natural pode causar problemas visuais, térmicos e de privacidade.

A nível visual, os reflexos da luz natural são ofuscantes. O brilho do sol ou do céu claro, quando observado através de uma janela ou uma parede que recebe a luz direta do sol, torna-se bastante incómodo. Por vezes, as reflexões nos ecrãs de computadores, são igualmente incómodas e reduzem o contraste dos mesmos (The Society of Light and Lighting, 2009).

No que diz respeito aos problemas térmicos, a luz natural é uma carga de calor. No inverno, essa carga de calor pode ser útil, o mesmo já não acontece no verão. Nesta estação, a luz natural pode representar um aumento de consumo para arrefecer o edifício (The Society of Light and Lighting, 2009).

A luz natural que incide diretamente nas pessoas próximas de uma janela, pode causar desconforto térmico. Esse é motivo para não se posicionar zonas de trabalho perto de uma janela, mas usar esse espaço para circulação (The Society of Light and Lighting, 2009).

Existem algumas maneiras de controlar o calor radiante do sol, este pode ser admitido ou excluído conforme a sazonalidade, sem eliminar os benefícios da luz natural (Gordon, 2003).

A orientação é um método primário para gerir a radiação do calor solar. O tamanho e a localização das áreas envidraçadas, também são fatores para capturar a energia do sol, para ganho de calor em climas frios. Uma casa deve ter as suas paredes e tetos orientados para receber o calor do sol no inverno e expeli-lo no verão. Se a fachada principal da casa estiver voltada para o sul, estas paredes poderão ser projetadas para absorver a radiação do sol no inverno. O telhado pode ser projetado para rejeitar o calor do sol no verão. É possível com qualquer orientação de construção, obter iluminação natural de boa qualidade em ambientes fechados. A luz norte é mais suave, mais fria e mais uniforme. A luz sul é mais intensa e variável (Gordon, 2003).

Os dispositivos de sombreamento, são um método secundário de gerir a radiação de calor e uma boa resposta ao problema (The Society of Light and Lighting, 2009).

A nível da privacidade, edifícios que tenham janelas muito extensas, podem apresentar um problema, principalmente em pisos térreos. Esta preocupação pode levar a que as persianas estejam fechadas o tempo todo, logo, ausência de luz natural. Pouco se pode fazer, mas um equilíbrio entre a visão e privacidade passa por usar persianas feitas de tecido perfurado. Uma solução alternativa é afastar as zonas de trabalho das janelas e usar esse espaço para circulação (The Society of Light and Lighting, 2009).

3.3.2.4 DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTO

Os dispositivos de sombreamento usados no interior do edifício, refletem grande parte da energia proveniente do exterior, reduzindo a energia do sol em 60 a 70%. Os dispositivos de sombreamento externos podem reduzir ainda mais a penetração de energia, cerca de 90 a 95%. Os dispositivos de sombreamento externo são mais caros de construir e manter, mas com climas quentes ou altos custos de energia, a economia de ar condicionado geralmente gera rápidos retornos (Gordon, 2003).

Os dispositivos de sombreamento são divididos em duas categorias: Móveis e Estacionário (figura 3.11). Os controlos móveis, ajustados em resposta às condições variáveis do céu são os mais eficientes, mas exigem um operador humano ou um dispositivo automático. Os controlos estacionários são mais baratos, mas também menos eficientes, porque não respondem a mudanças diárias e sazonais (Gordon, 2003).

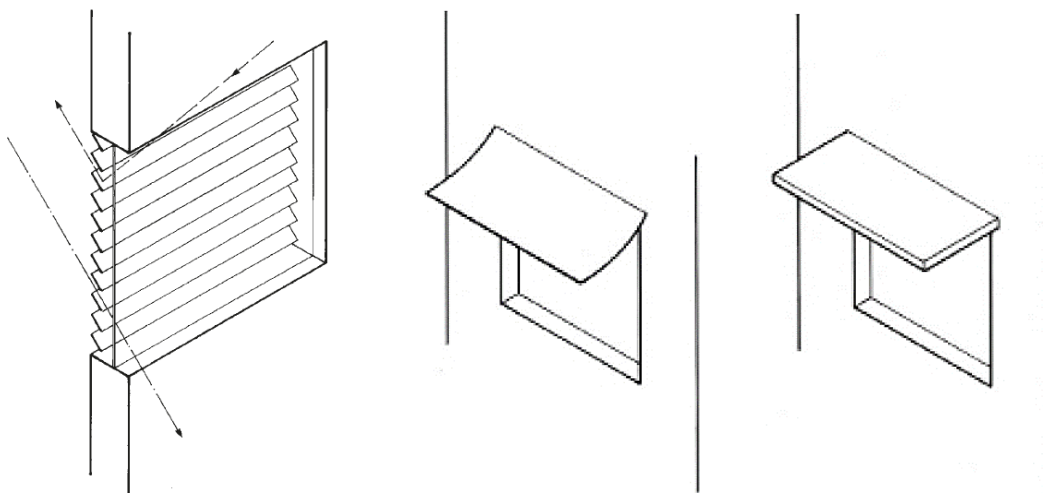


Figura 3.11 – Persianas, toldos e saliência na fachada, respetivamente. Retirada de (Gordon, 2003).

Nos dispositivos móveis existem, por exemplo, as cortinas e as persianas. Estão disponíveis numa ampla gama de materiais e formas. Este tipo de dispositivos móveis, podem conter controlos motorizados incluídos nos sistemas de automação residencial, para que as sombras se movam em horários predefinidos ou em valores específicos de iluminação. Estes podem combinar o controlo da luz natural com a luz artificial (Gordon, 2003).

Nos dispositivos estacionários existem, por exemplo, os toldos fixos, saliências nas fachadas exteriores dos edifícios e persianas horizontais externas. Estes servem para proteger o espaço interior da luz solar direta e reduzir o brilho. Embora reduzam a quantidade do brilho do céu que entra no edifício, as saliências podem recolher a luz externa de cor clara e refleti-la no interior. Isso resulta numa distribuição mais uniforme da luz. Uma saliência nas fachadas,

localizada no lado sul de um edifício, é especialmente eficiente no controlo da luz natural e do calor do sol (Gordon, 2003).

As persianas horizontais externas podem recolher a luz solar direta, causando luminosidade excessiva e brilho desconfortável ou incapacitante (figura 3.12). As persianas verticais externas ou internas são úteis para ângulos de sol baixos que ocorrem no início da manhã ou no final da tarde, principalmente nas paredes de edifícios orientadas para o leste ou oeste (figura 3.13) (Gordon, 2003).

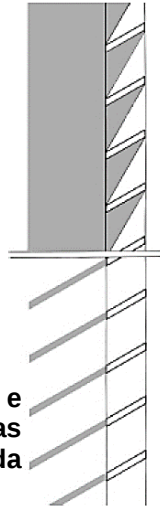


Figura 3.12 – Sol alto e ângulos baixos de sol nas persianas externas. Retirada de (Gordon, 2003).

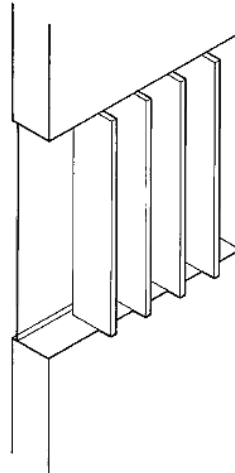


Figura 3.13 – Grades verticais. Retirada de (Gordon, 2003).

3.3.3 LUMINÁRIAS

Uma luminária é um conjunto de componentes que inclui o sistema de distribuição de luz, o sistema de proteção da lâmpada, o sistema de fixação e o sistema de conexão à rede elétrica (Bommel, 2019).

Anteriormente as luminárias eram projetadas no sentido de os componentes serem substituídos quando chegam ao final da sua vida útil, como por exemplo a substituição das lâmpadas. Atualmente com as luminárias LED, isso já não é usual. Isto deve-se ao facto da vida útil da luminária LED ser extremamente longa (Bommel, 2019).

As principais características de uma luminária são:

- Fotométrica;
- Ótica;
- Mecânica;
- Elétrica;
- Térmica;
- Estética;
- Vida útil. (Bommel, 2019).

3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS

Uma lâmpada sem integrar qualquer luminária, irradia luz em todas as direções, mais ou menos, uniformemente. A luminária tem a função de “moldar” essa irradiação de luz, nas direções pretendidas e eliminar possíveis direções que possam resultar em brilho (Bommel, 2019).

A distribuição da intensidade luminosa de uma luminária, define como o fluxo luminoso irradiado por ela é distribuído nas várias direções no espaço (figura 3.14) (Bommel, 2019).

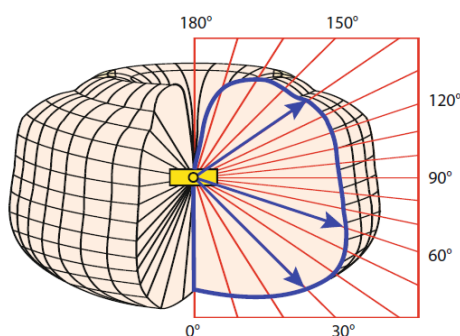


Figura 3.14 –Distribuição de luz de uma luminária. Os comprimentos das setas representam as intensidades luminosas. Retirado de (Bommel, 2019).

Para especificar a distribuição completa da intensidade luminosa em todas as direções, existem diferentes sistemas padronizados de coordenadas. O sistema geralmente utilizado para luminárias de interiores é o chamado sistema C-gama ou C- γ . No sistema de coordenadas C- γ , o eixo de rotação dos planos C é vertical e passa através do centro da luminária (figura 3.15). O plano C é o plano vertical. Uma determinada direção da intensidade luminosa no plano C é indicada pelo ângulo γ , que varia de 0° a 180° (Bommel, 2019).

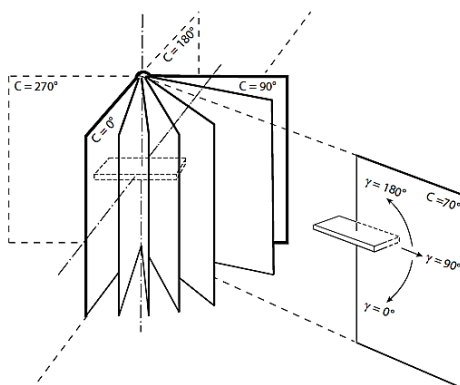


Figura 3.15 – O sistema C- γ de coordenadas usado para especificar a distribuição de luz de uma luminária. Retirado de (Bommel, 2019).

Os fabricantes de luminárias produzem fichas fotométricas que contêm, pelo menos, o diagrama de intensidade luminosa polar. Nesses diagramas, as intensidades luminosas são apresentadas usando o sistema de coordenadas C- γ na forma de curvas em relação a cd/1000 lm do fluxo nominal das lâmpadas da luminária (figura 3.16). Cada curva representa um plano C. As curvas são dadas apenas para os planos mais importantes. Nas luminárias de iluminação interna esses planos são, pelo menos, aqueles que passam pelos dois eixos principais da luminária (Bommel, 2019).

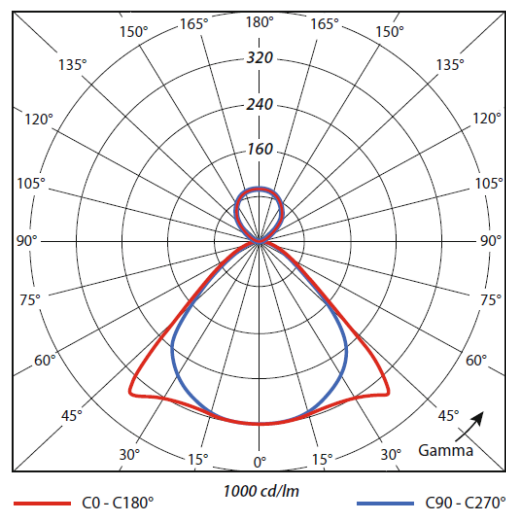


Figura 3.16 – Distribuição da luz na forma de diagrama de intensidade luminosa de uma luminária. Retirado de (Bommel, 2019)

O exemplo da figura 3.16 mostra um diagrama de intensidade luminosa polar de uma luminária de iluminação de interior, que irradia luz nas direções descendente e ascendente. No sentido descendente, possui uma componente direcional no plano através do eixo longitudinal da luminária (curva vermelha) e uma componente bastante difusa na direção paralela ao eixo longitudinal da luminária (curva azul). A componente ascendente é difusa em todos os planos, razão pela qual as curvas vermelha e azul coincidem (Bommel, 2019).

O (CIE, 2011) classificou as luminárias de iluminação interna de acordo com as componentes de iluminação ascendente e descendente, em luminárias para iluminação direta, semi-direta, direta-indireta, indireta, semi-indireta, e difusa geral. A figura 3.17 mostra as definições para essas classes.

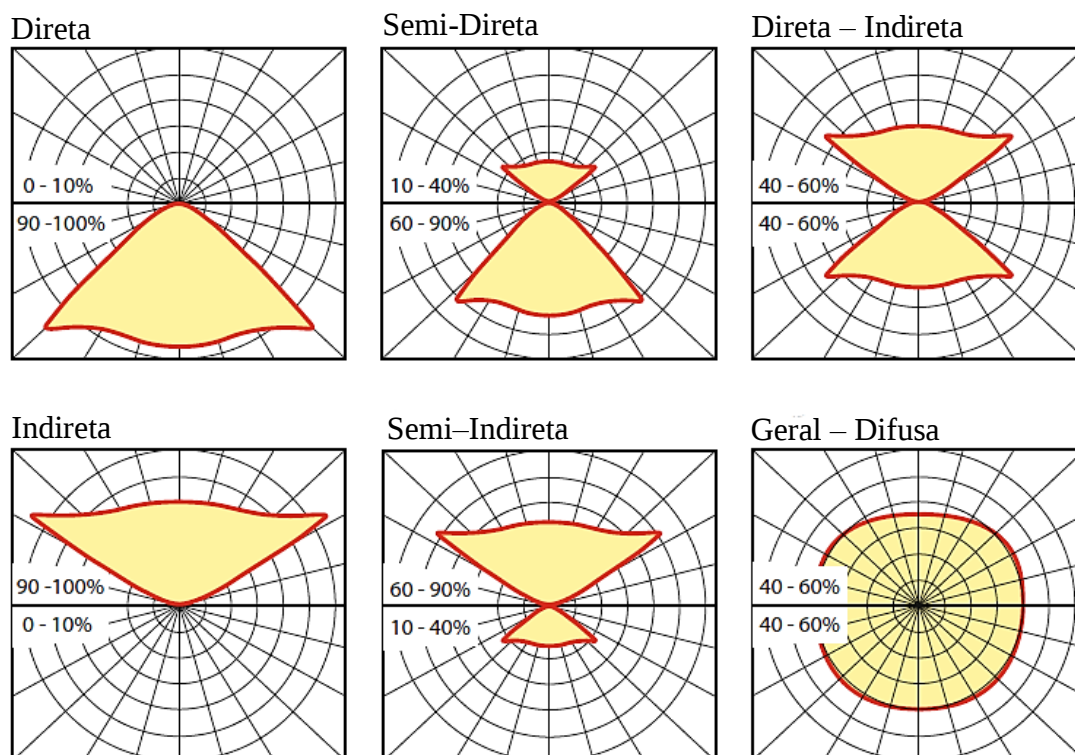


Figura 3.17 – Sistema de classificação de luminárias para luminárias de iluminação de interiores. Adaptado de (Bommel, 2019)

3.3.3.2 O SISTEMA ÓTICO

O sistema ótico é um sistema de superfícies que refletem, refratam e/ou protegem a luz numa luminária e determinam a sua taxa de luminância e saída de luz. A função de reflexão é realizada por espelhos, a função de refração por placas de prisma, lentes e difusores, e a função de proteção, pelas extremidades da luminária e por persianas e defletores, que geralmente consistem em superfícies refletivas (Bommel, 2019).

A ótica primária de um LED, é um encapsulamento de silicone construído sobre o LED, geralmente com um formato específico, por exemplo, como uma pequena cúpula e é parte integrante do LED. A sua principal tarefa é ajudar a aumentar a extração de luz do chip LED (Bommel, 2019).

As óticas da luminária, no caso das luminárias LED, chamadas de ótica secundária, têm a tarefa de moldar essa luz concentrada, numa distribuição de luz adequada para a aplicação pretendida (Bommel, 2019).

A reflexão da luz por espelhos pode depender do tipo de acabamento da superfície, do tipo especular, difusa ou espalhada (figura 3.18) (Bommel, 2019).

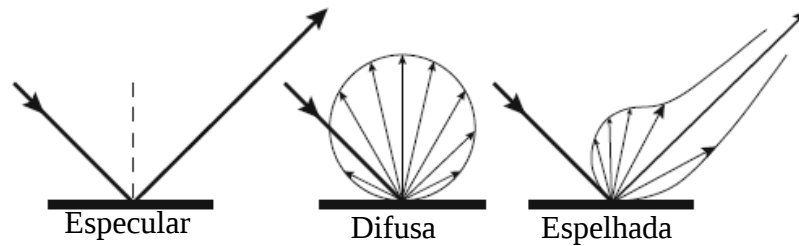


Figura 3.18 – Diferentes distribuições de intensidade luminosa para diferentes tipos de reflexão. Adaptado de (Bommel, 2019).

Os refletores especulares são frequentemente usados quando é necessária uma forma precisa de distribuição de luz. O material mais utilizado é o alumínio em chapa, que possui a resistência necessária para produzir um reflexo estável. Para obter um acabamento altamente especular, o alumínio é polido. Os valores de reflexão estão em torno de 0.70 (Bommel, 2019).

O melhor desempenho ótico com espelhos é obtido ao usar um refletor curvo. Um refletor curvo pode ser cilíndrico, parabólico, elíptico, hiperbólico ou algum outro contorno para se adequar a uma aplicação específica. Os refletores cilíndricos e de formato parabólico são os mais usados (Bommel, 2019).

Prismas e lentes são dispositivos de refração da luz. Estes variam a direção da luz que passa através deles. O ângulo através do qual a luz sofre uma variação, depende do índice de refração do meio (Bommel, 2019).

As lentes são aplicadas em chips LED, densamente compactadas, para produzir luminárias profissionais, do tipo *downlight* e *floodlight*, com feixes de luz definidos com precisão.

As microlentes podem ser produzidas como pequenas unidades individuais, para serem usadas nos LEDs individuais. Muitas luminárias LED usam um grande número de microlentes individuais, cada uma direcionando a luz em direções ligeiramente diferentes, para aumentar a distribuição de luz da luminária. No entanto, devido aos feixes de luz concentrados irradiados em direções diferentes, o risco de criar reflexos para diferentes posições de observadores é relativamente grande (Bommel, 2019).

Os difusores translúcidos dispersam a luz da lâmpada em todas as direções sem moldar a sua distribuição de luz. Servem principalmente para reduzir o brilho da luminária. Os difusores são feitos de plástico translúcido, acrílico ou policarbonato (Bommel, 2019).

3.3.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

As luminárias são projetadas tendo em conta as condições mais prováveis de utilização. A temperatura ambiente máxima, T_a , na qual uma luminária pode ser operada com segurança, é

indicada na luminária. Se nenhuma indicação de temperatura for fornecida, deve ser utilizado a uma temperatura ambiente máxima de 25° C. O uso de luminárias acima da temperatura ambiente máxima especificada, pode reduzir as margens de segurança e geralmente levará a uma redução da vida útil dos vários componentes da luminária (Bommel, 2019).

Com luminárias LED, não é apenas a vida útil que será reduzida, mas também a saída do lúmen, a eficácia luminosa e a qualidade da cor. Uma tarefa essencial de uma luminária LED é dissipar o calor do chip LED para que a temperatura da junção permaneça dentro das especificações fornecidas pelo fabricante do LED (Bommel, 2019).

3.3.4 FONTES DE ILUMINAÇÃO

3.3.4.1 LUMINÁRIAS ENCASTRADAS

As luminárias encastradas (figura 3.19) são adequadas para iluminação geral. Estas são montadas, por norma, em tetos falsos. É possível a sua utilização com tetos em betão sendo que, nessa situação, é necessário aplicar uma caixa à luminária (BEGA, 2020).



Figura 3.19 – Luminária encastrada. Retirado de (BEGA, 2020).

Neste tipo de luminária existe diversa variedade de óticas, com diferentes tipos de refletores e prismas, o que permite variar o feixe de luz, direcionar a luz emitida e reduzir a luminância em direções indesejadas (Silva, 2013). Devido às classes de alta proteção e à moderna tecnologia LED, os intervalos de manutenção são reduzidos ao mínimo (BEGA, 2020).

É um tipo de luminária aconselhada para utilização em iluminação de escritórios e de zonas comerciais (Silva, 2013).

3.3.4.2 LUMINÁRIAS DE MONTAGEM SUSPensa

Este tipo de luminárias é frequentemente utilizado em aplicações onde a altura do teto é bastante elevada, como por exemplo, salões, edifícios religiosos, ou indústria (BEGA, 2020).

A sua construção bastante simples, permite uma montagem fácil e custos de manutenção reduzidos. Possuem refletores, normalmente prismáticos ou metálicos, o que permite obter um elevado rendimento luminoso (Silva, 2013). O fluxo luminoso é direcionado para baixo e é

utilizada como iluminação funcional. As luminárias suspensas são, muitas vezes, utilizadas como elementos de design, onde a forma e a natureza vão muito além da funcionalidade (BEGA, 2020). Na figura 3.20 pode ser visualizada uma luminária de montagem suspensa.



Figura 3.20 – Luminária de montagem suspensa. Retirado de (BEGA, 2020).

3.3.4.3 LUMINÁRIAS DE MONTAGEM SALIENTE

As luminárias de montagem saliente (figura 3.21) e as encastradas, diferem principalmente pelo tipo de montagem (BEGA, 2020). A grande vantagem deste tipo de luminárias, é a compatibilidade com muitos tipos de lâmpadas e a sua montagem relativamente fácil.



Figura 3.21 – Luminária de montagem saliente. Retirado de (BEGA, 2020).

3.3.4.4 LUMINÁRIAS DE MONTAGEM SALIENTE ESTANQUES

A luminária de montagem saliente estanque (figura 3.22), tem como principal utilização, zonas de condições extremas, como por exemplo, zonas com existência de água, zonas com risco de incêndio ou explosão e locais onde existam muitas poeiras. Para locais com existência de água e locais com poeiras, é aconselhado uma utilização de montagem estanque, com lâmpada exposta. No caso de zonas com elevado risco de incêndio ou explosão, é aconselhado a utilização de montagem estanque, de construção robusta e utilização de difusores de vidro, que sejam capazes de resistir a explosões (Silva, 2013).



Figura 3.22 – Luminária de montagem saliente estanque. Retirado de (EEE, 2020).

3.3.4.5 LUMINÁRIAS DOWNLIGHT

As luminárias do tipo *Downlights* (figura 3.23) são uma forma de luminária de iluminação direta, caracterizada por um feixe de luz muito reduzido. Estas luminárias, por norma, são encastradas no teto, para direcionar toda a sua luz para baixo. As fontes de luz mais utilizadas neste tipo de luminárias, são geralmente as de halogéneo ou LED (The Society of Light and Lighting, 2009).

A ótica pode ser fixa ou ajustável. Existem *Downlight* com diferentes ângulos de *cut-off*. Este ângulo é formado entre o teto e uma reta imaginária que passa no extremo do refletor, tangente à lâmpada. Para locais com uma altura mais elevada é aconselhado escolher uma luminária com um ângulo de *cut-off* maior e para locais com pouca altura luminárias com um ângulo de *cut-off* menor (Silva, 2013).

Estas luminárias, são utilizadas em lojas, hotéis e outros locais onde é desejada uma instalação de iluminação com aparência discreta (The Society of Light and Lighting, 2009).



Figura 3.23 – Luminárias *Downlight*. Retirado de (Philips, 2020).

3.3.4.6 LUMINÁRIAS EM CALHA ELETRIFICADA

As luminárias em calha eletrificada (figura 3.24), são utilizadas quando se pretende um controlo de luz preciso. Estas luminárias são normalmente utilizadas em estabelecimentos comerciais e museus, pois é uma ótima solução para iluminação precisa e singular, como por exemplo, a iluminação de objetos, ou pequenas áreas (Silva, 2013).

Geralmente este tipo de calha é constituída por holofotes. Estes utilizam fontes de luz de halogéneo ou LED. É usual terem refletores para ajudar no controlo ótico (The Society of Light and Lighting, 2009).



Figura 3.24 – Luminária em calha eletrificada. Retirada de (Philips, 2020).

3.3.5 CONTROLO DA ILUMINAÇÃO

A comutação de ligar/desligar e a possibilidade de controlar o fluxo luminoso das lâmpadas, são pré-requisitos para uma iluminação inteligente. As lâmpadas fluorescentes, não são muito adequadas para instalações de iluminação inteligente. Os LEDs emitem sua luz total imediatamente após a ligação. Devido a essa característica, é fácil controlar o seu fluxo luminoso, reduzindo a corrente do inversor (*dimming* analógico) ou modulação por largura de pulso (PWM *dimming*). O *dimming* dos LEDs individuais dos sistemas de LEDs multicoloridos, permite a mudança inteligente de cores. Isso pode ser aplicado para a mudança dinâmica da temperatura da cor de branco frio para branco quente (Bommel, 2019).

3.3.5.1 ESTRATÉGIAS DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO

Para atingir a sinergia na iluminação inteligente, ou seja, fornecer a quantidade e qualidade certas de luz, no local certo e no momento certo, para consumos mínimos de energia e custos operacionais mínimos, existem diversas estratégias de controlo de iluminação:

- **Programação de tempo:** ligar e desligar automaticamente as luminárias, em horários predefinidos;
- **Controlo pessoal:** para adaptar a iluminação à tarefa real e às capacidades visuais e idade da pessoa real;
- **Aproveitamento da luz natural:** equilibrar a iluminação artificial à quantidade de luz natural presente no local de trabalho;
- **Deteção de ocupação:** para vincular a iluminação artificial à presença real de pessoas;
- **Cenários de iluminação dinâmicos:** nível de iluminação dinâmica predefinido e cor para benefícios de saúde (iluminação centrada no homem);
- **Controlo do brilho da luz natural:** para reduzir o brilho e aquecimento da luz natural, ajuste automático e manual das persianas;
- **Configuração de cenários:** cenários predefinidos para fornecer ambientes diferentes (por exemplo, lojas e teatros);
- **Ajuste:** diminuindo a iluminação sobredimensionada, para o nível de iluminação necessário;
- **Deslastre de carga:** redução temporária automática da iluminação para garantir o fornecimento de eletricidade em sistemas mais críticos (CIE, 2017).

3.3.6 RESUMO

Inicialmente, este capítulo apresenta uma abordagem aos sistemas de iluminação de interiores, com a sua classificação, eficiência e descrição dos mesmos. Essa descrição é detalhada, envolvendo todos os seus constituintes, desde a lâmpada às estratégias de controlo destes sistemas. É realizada uma abordagem, de forma a perceber e compreender quais os fatores em causa, quando se pretende projetar um sistema de iluminação atual e eficiente.

O objetivo deste capítulo foi o de reunir toda a informação necessária para projetar um sistema de iluminação de interior, com vista ao caso de estudo discriminado no capítulo 4.

Capítulo

4

CASO DE ESTUDO DAS INSTALAÇÕES DA AE ISEC

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo deste projeto. É realizada uma caracterização do edifício e descrito o seu sistema de iluminação atual.

4 CASO DE ESTUDO DAS INSTALAÇÕES DA AE ISEC

4.1 INTRODUÇÃO AO EDIFÍCIO

4.1.1 LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O piso da Associação de Estudantes do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra – AE ISEC, está localizado no Bloco Administrativo do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra – ISEC, situada no piso zero de um edifício com 3 andares. Este edifício está inserido no campus do ISEC, localizado na Rua Pedro Nunes – Quinta da Nora, 3030-199 Coimbra. Na figura 4.1 pode ser visualizada, a imagem satélite do edifício.



Figura 4.1 – Vista aérea, em 3D, do edifício onde se localiza a sede da AE ISEC. FONTE: Google Earth

“A Associação de Estudantes foi criada em 1979/80, com o objetivo de se estabelecer uma unidade que zelasse pelos interesses e direitos dos estudantes, que lhes providenciasse informação, cultura, desporto e lazer. Desde então tem crescido, e atualmente é uma das associações mais respeitadas no panorama nacional em termos de política educativa. Ao longo da sua existência tem liderado inúmeras lutas em prol do desenvolvimento do ISEC e na defesa dos interesses dos estudantes.” (AE ISEC, 2020).

4.1.2 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício onde está inserida a sede da AE ISEC foi construído em 1972, tendo sido ampliado em 2004. Este edifício, em termos civis é composto por paredes exteriores duplas, sem

isolamento, as fenestrações são em caixilharia de alumínio e vidro simples e a sua cobertura é em cimento, que representa o chão do andar superior.

As instalações da AE ISEC têm uma área de implementação de 550 m², sendo composto por:

- Secretaria;
- Sala de Estudo;
- Gabinete da Presidência;
- Sala de Reuniões;
- Copa;
- WC;
- Sala da Direção;
- Arquivo;
- Gabinete de Imagem e Comunicação – GIC;
- Gabinete de Emprego e Saídas Profissionais – GESP;
- Sala da Manutenção;
- Secção de Eventos;
- Sala da Discórdia;
- Sala da Secção Cultural;
- Sala da Sede da FNAEESP – Federação Nacional das Associações de Estudantes do Ensino Superior Politécnico.

A sala cedida à FNAEESP, está à sua responsabilidade, nomeadamente a sua gestão e manutenção. Devido a este facto, não será realizado o projeto luminotécnico para a sala em questão.

Na figura 4.2 é possível visualizar a planta em 2D, do piso 0, das instalações da AE ISEC, bem com a área de cada sala.

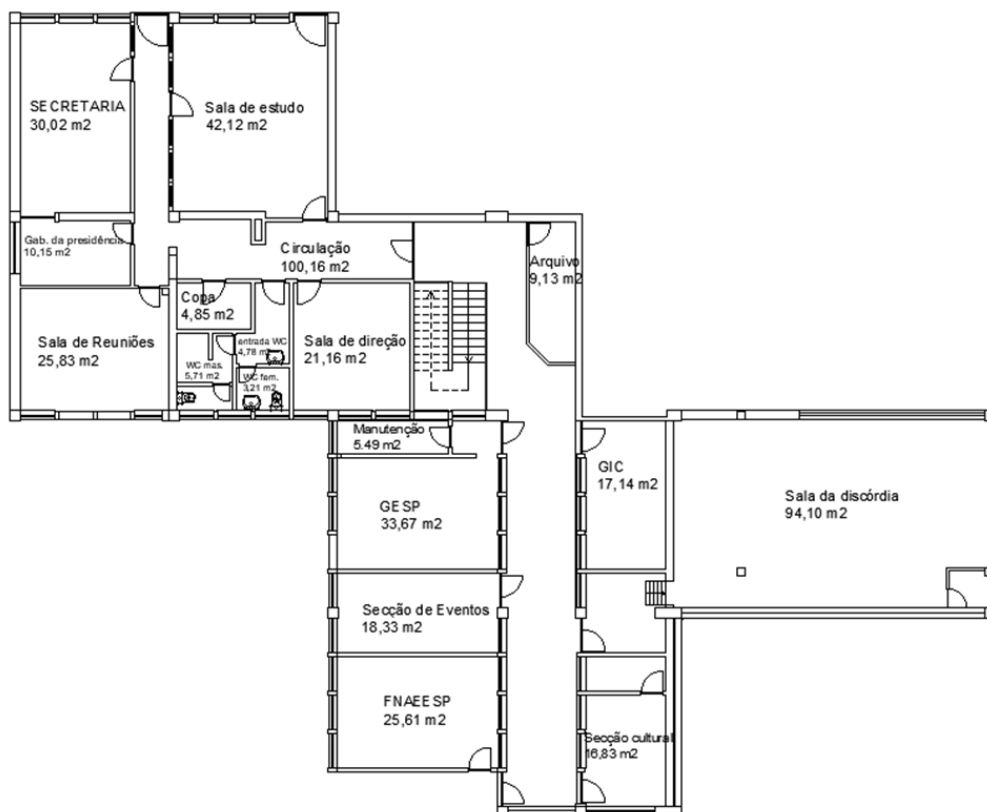


Figura 4.2 – Planta em 2D do piso 0 das instalações da AE ISEC.

4.1.3 CARACTERIZAÇÃO POR UTILIZAÇÃO DE ESPAÇO

4.1.3.1 SECRETARIA

A secretaria é uma sala com cerca de 30.02 m², composta por 1 janela grande e 2 pequenas para o exterior, 1 janela grande e 2 pequenas para o gabinete da presidência e 1 porta em vidro para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.3.

Esta é a sala mais utilizada em toda a AE ISEC. É o local de trabalho da funcionária da AE ISEC e também é o espaço de receção a qualquer pessoa que queira obter informações. Este espaço tem uma utilização contínua das 09:00h às 18:00h, 5 dias por semanas, de segunda a sexta-feira.

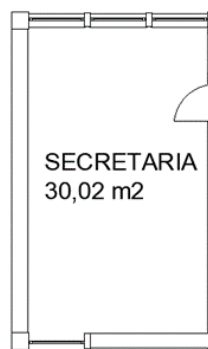


Figura 4.3 – Planta em 2D da secretaria da AE ISEC.

4.1.3.2 SALA DE ESTUDO

A sala de estudo é uma sala com cerca de 42.12 m², composta por 3 janelas e 1 porta para o exterior e 5 janelas e 1 porta para a zona de circulação dentro do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.4.

É uma sala que é utilizada por qualquer aluno do ISEC para estudar, realizar trabalhos individuais ou de grupo e ainda utilizar computadores existentes na sala. Esta sala tem o horário das 09:00h às 18:00h, 5 dias por semanas, de segunda a sexta-feira.



Figura 4.4 – Planta em 2D da sala de estudo da AE ISEC.

4.1.3.3 GABINETE DA PRESIDÊNCIA

O gabinete da presidência é uma sala com cerca de 10.15 m², composta por 1 janela para o exterior, 1 janela grande e 2 janelas pequenas para a secretaria e 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.5.

O gabinete do presidente da AE ISEC é utilizado para o desempenho das suas funções e também para receber qualquer visita.

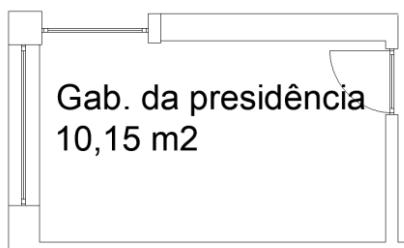


Figura 4.5 – Planta em 2D do gabinete da presidência da AE ISEC.

4.1.3.4 SALA DE REUNIÕES

A sala de reuniões é uma sala com cerca de 25.83 m², composta por 2 janelas grandes e 2 janelas pequenas, junto ao teto, para o exterior e ainda uma porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.6.

A principal função desta sala é a de reunir com entidades externas e reuniões semanais das diversas secções da AE ISEC.



Figura 4.6 – Planta em 2D da sala de reuniões da AE ISEC.

4.1.3.5 COPA

A copa é uma sala com cerca de 4.85 m², composta por 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.7.

Esta sala é utilizada para guardar vários utensílios de cozinha e onde está instalado um micro-ondas, um frigorífico e uma máquina de café. A utilização desta sala é realizada na sua maioria, durante o horário de refeições.



Figura 4.7 – Planta em 2D da copa da AE ISEC.

4.1.3.6 WC

A casa de banho (WC), é dividida em 3 áreas. A entrada do WC, com cerca de 4.78 m², o WC feminino, com cerca de 3.21 m² e o WC masculino, com cerca de 5.71 m². A área do WC é composta por 3 janelas pequenas, junto ao teto, para o exterior, 3 portas internas e 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.8.

A sua utilização é fundamentalmente durante o horário de expediente.

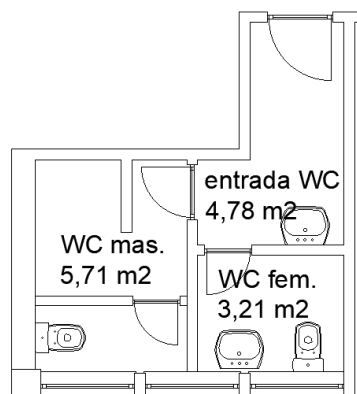


Figura 4.8 – Planta em 2D das casas de banho da AE ISEC.

4.1.3.7 SALA DA DIREÇÃO

A sala de direção é uma sala com cerca de 21.16 m², composta por 1 janela pequena, junto ao teto, para o exterior e 2 janelas pequenas, junto ao teto, para a sala de manutenção, sendo que estas têm uma placa de madeira a tapar as mesmas. Ainda é composta por 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.9.

A sua principal utilização é pelos elementos da direção da AE ISEC, para se reunirem ou para realizarem algum tipo de trabalho. Esta sala serve, também, para guardar material importante e também várias recordações históricas da AE ISEC.



Figura 4.9 – Planta em 2D da sala da direção da AE ISEC.

4.1.3.8 ARQUIVO

O arquivo é uma sala com cerca de 9.13 m², composta por 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.10.

É uma sala que foi construída no corredor já existente. Nesta sala são guardados todos os documentos em papel da AE ISEC.

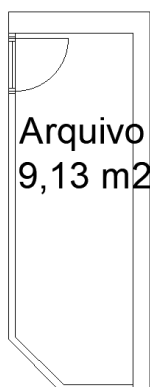


Figura 4.10 – Planta em 2D do arquivo da AE ISEC.

4.1.3.9 GABINETE DE IMAGEM E COMUNICAÇÃO

A sala do gabinete de imagem e comunicação, é uma sala com cerca de 17.14 m², composta por 3 janelas grandes e 1 porta para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.11.

A sua principal utilização é pelos elementos do gabinete, onde eram desenvolvidos os trabalhos gráficos e também a comunicação. À data, esta sala tem como principal utilização armazenamento de stock de material de *merchandising*.

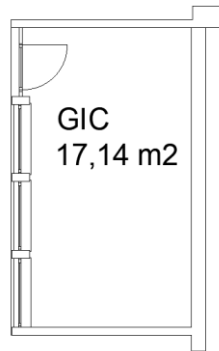


Figura 4.11 – Planta em 2D do gabinete de imagem e comunicação da AE ISEC.

4.1.3.10 GABINETE DE EMPREGO E SAÍDAS PROFISSIONAIS

A sala do gabinete de emprego e saídas profissionais – GESP, é uma sala com cerca de 33.67 m², composta por 3 janelas grandes, para o exterior, 3 janelas grandes para a zona de circulação do edifício e uma entrada para um hall entre a zona de circulação do edifício e a sala da manutenção. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.12.

É uma sala utilizada pelos elementos do GESP, onde fazem as suas reuniões, preparam e organizam FENGE – Feira de Engenharia, entre outras ações. Serve também para guardar diverso material gráfico e documentação.



Figura 4.12 – Planta em 2D do gabinete de emprego e saídas profissionais da AE ISEC.

4.1.3.11 SALA DA MANUTENÇÃO

A sala da manutenção é uma sala com cerca de 5.49 m², composta por 2 janelas pequenas, junto ao teto, para a sala da direção. Como referido anteriormente, estas janelas estão tapadas com uma placa de madeira. Ainda é composta por 1 porta para o hall de entrada entre a zona de circulação do edifício e a sala do GESP. As características podem ser visualizadas na figura 4.13.

Esta sala tem como principal utilização, guardar todos os materiais que são necessários tanto para a realização de atividades da AE ISEC, como para fazer a manutenção dos espaços da AE ISEC.

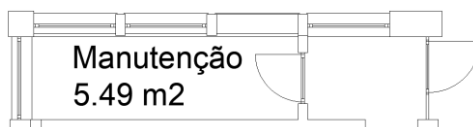


Figura 4.13 – Planta em 2D da sala de manutenção da AE ISEC.

4.1.3.12 SECÇÃO DE EVENTOS

A sala da secção de eventos é uma sala com cerca de 18.33 m², composta por 2 janelas grandes para o exterior e 1 porta e 1 janela grande para a zona de circulação do edifício. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.14.

Esta sala é utilizada pelos elementos da secção de evento, tem como função, guardar todo o material desportivo, festivo e recreativo usado nos eventos da AE ISEC.

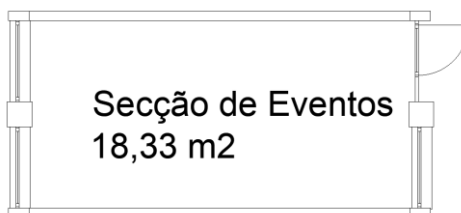


Figura 4.14 – Planta em 2D da secção de eventos da AE ISEC.

4.1.3.13 SALA DA DISCÓRDIA

A sala da discórdia é uma sala com cerca de 94.10 m², composta por 2 áreas diferentes. Um hall de entrada e a sala principal, sendo que esta é 1 m mais elevada do que o hall de entrada. O hall é composto por 1 janela grande e 1 porta para a zona de circulação do edifício. A sala principal é composta por 3 janelas pequenas, junto ao teto, para o exterior. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.15.

Esta sala é utilizada como espaço de lazer para toda a comunidade estudantil.



Figura 4.15 – Planta em 2D da sala da discórdia da AE ISEC.

4.1.3.14 SALA DA SECÇÃO CULTURAL

A sala da secção cultural, é uma sala com cerca de 16.83 m², composta por 3 janelas grandes e 1 porta para a zona de circulação do edifício, bem como 1 porta interior. Estas características podem ser visualizadas na figura 4.16.

Esta sala é a sede da Tuna do ISEC. É utilizada como espaço para ensaios, bem como espaço para se guardarem todos os seus instrumentos.



Figura 4.16 – Planta em 2D da secção cultural da AE ISEC.

4.1.3.15 ZONAS DE CIRCULAÇÃO

A zona de circulação tem cerca de 100.16 m². Esta área está dividida em 4 corredores. O corredor 1 vai desde a entrada principal da AE ISEC até à entrada da sala de reuniões. O corredor 2, vai da entrada da copa, até à porta de saída para as escadas que dão acesso ao 1º piso do edifício. O corredor 3, vai desde a zona das escadas até à porta de para a zona de

circulação de gabinetes. E o corredor 4, vai até à porta de saída do edifício. Estas divisões de áreas, podem ser visualizadas na figura 3.17.

Estas zonas de circulação têm, como principal utilização, dar acesso às diversas salas existentes no edifício.

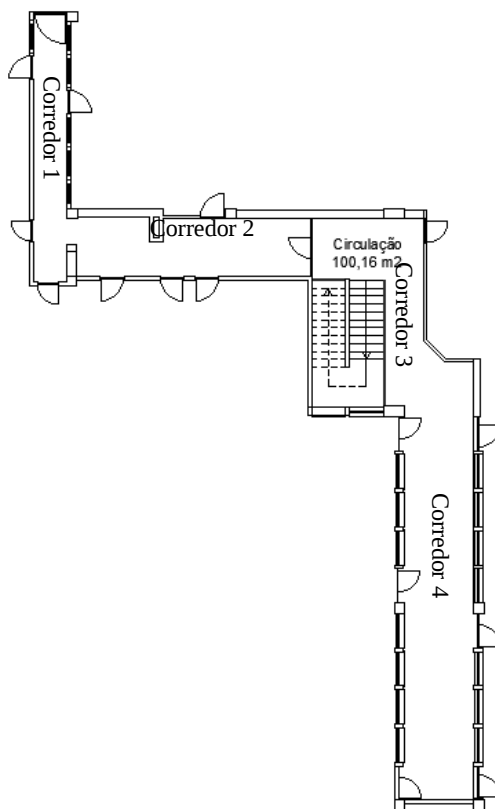


Figura 4.17 – Planta em 2D das zonas de circulação da AE ISEC.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL

Alguns dos sistemas de iluminação existente nas instalações da AE ISEC, nomeadamente os sistemas existentes na secretaria, na sala da presidência, na sala de reuniões, na sala de estudo, no arquivo e no corredor 1, 2 e 3, foram projetados em 2014, por 2 ex-alunos da licenciatura em engenharia eletrotécnica. Estes sistemas de iluminação estão documentados no relatório *“Melhoria da Eficiência Energética nas Instalações da Associação de Estudantes do ISEC”* publicado em 2014.

Ao analisar o relatório e as medidas implementadas, foi detetado que os sistemas de iluminação existentes nas instalações da AE ISEC, não cumprem com a norma EN12464-1. Pode ser visualizado nesse relatório, no anexo III – *“resultados obtidos com dialux”*, ponto 2 – *“tecnologia existente após implementação de medidas”* que, por exemplo, a sala de reuniões,

que deveria ter uma iluminância média de 500 lx, segundo a tabela 5.26 da norma EN12464-1, só tem 168 lx.

Como os sistemas de iluminação atuais não cumprem a norma, o principal objetivo da projeção dos novos sistemas de iluminação é que cumpram essa mesma norma, bem como todas as recomendações, decretos-lei e Portarias.

Capítulo

5

INTRODUÇÃO AOS PROGRAMAS UTILIZADOS

Neste capítulo são apresentados os softwares utilizados para o desenvolvimento deste projeto, bem como o desenvolvimento de trabalho em cada um deles.

5 INTRODUÇÃO AOS PROGRAMAS UTILIZADOS

5.1 AutoCAD 2020

O *software AutoCAD* é um programa de desenho assistido por computador em 2D ou 3D, utilizado para a criação de projetos em edifícios e desenho de diversos objetos em inúmeras áreas, como a indústria automóvel, engenharia, construção civil, arquitetura, informática, etc. (Amariz, 2020) (Zaask, 2019).

Foi criado pela *Autodesk, Inc.* em 1982. Atualmente é um *software* bastante estável. Nos anos 80, o *AutoCAD* funcionava principalmente utilizando polígonos, círculos, linhas, arcos e texto para criar objetos personalizados. Nos anos 90, foram introduzidos recursos mais aprofundados para personalizar esses mesmos objetos, construídos com uma interface avançada de programação C++. A partir de 2007, o *software* passou a ter ferramentas 3D muito mais avançadas, que permitem uma maior flexibilidade e exploração, com alta qualidade e com maior rapidez (Zaask, 2019).

Em engenharia, este *software* permite aos engenheiros civis prepararem projetos de construção de edifícios, estradas, pontes, sistemas de esgotos, entre outros. Permite aos engenheiros eletrotécnicos prepararem esquemas de instalações elétricas, esquemas eletrónicos para aparelhos elétricos, entre outros. Na área da engenharia aeronáutica, permite criar modelos no fabrico de aeronaves e outros produtos similares (Zaask, 2019).

5.1.1 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM AutoCAD

Para este projeto, foi utilizado a versão *AutoCAD 2020.1.2 – Versão do Estudante*. Este *software* foi utilizado com o objetivo de preparar a planta em 2D das instalações da AE ISEC. Esta preparação foi realizada para que, aquando da importação da planta para o *SketchUp*, a sua edificação se tornasse mais simples.

Esta preparação foi realizada com o objetivo de remover todos os objetos e formatações que eram dispensáveis para a edificação, mas mais importante, a eliminação de imperfeições na planta. É imprescindível para a edificação da planta no *SketchUp*, que esta contenha apenas os contornos exteriores das paredes.

Iniciou-se a preparação, removendo todas as texturas e todas as etiquetas descritivas do desenho original, como pode ser visualizado na figura 5.1.

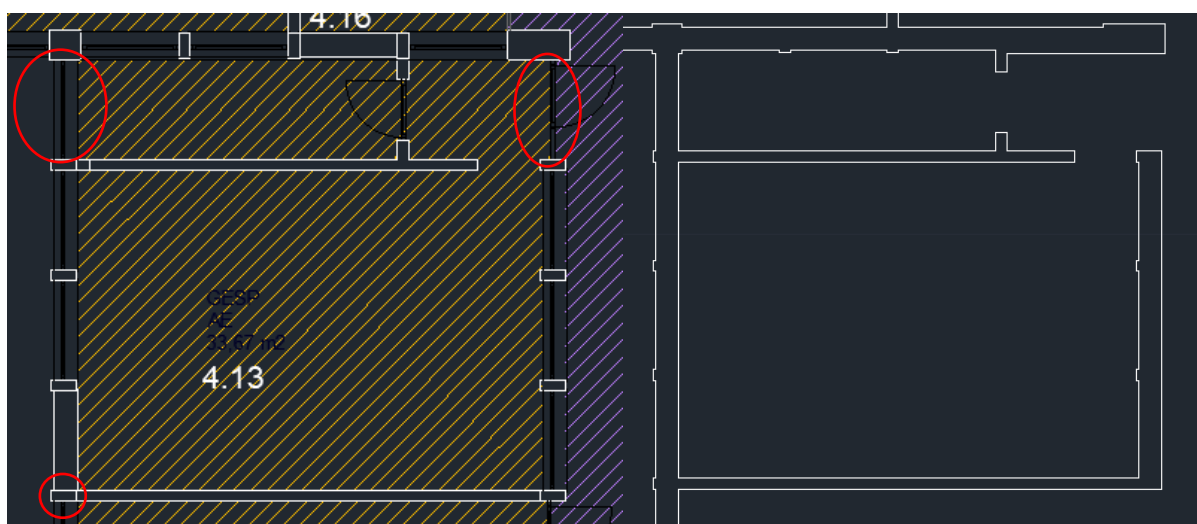


Figura 5.1 – Remoção das texturas existentes na planta original. Na figura à direita, visualiza-se a planta antes da intervenção. Na figura à esquerda, visualiza-se o final da intervenção.

Posteriormente, começou-se a remover e a redesenhar todos os pontos críticos existentes na planta. Foram considerados, pontos críticos, todas as interseções entre linhas, que eram dispensáveis ao contorno exterior das paredes.

Como este edifício tem bastantes recortes na fachada e um número elevado de fenestrações, existem bastantes pontos críticos na planta, o que dificultou o trabalho de preparação e limpeza da mesma. Pode ser visualizado nas figuras 5.1 e 5.2, alguns desses pontos críticos assinalados a vermelho, e a sua respetiva remoção e reajustamento. Numa primeira impressão, estes pontos críticos podem parecer insignificantes, mas para a simplificação da edificação em *SketchUp*, são de extrema relevância.

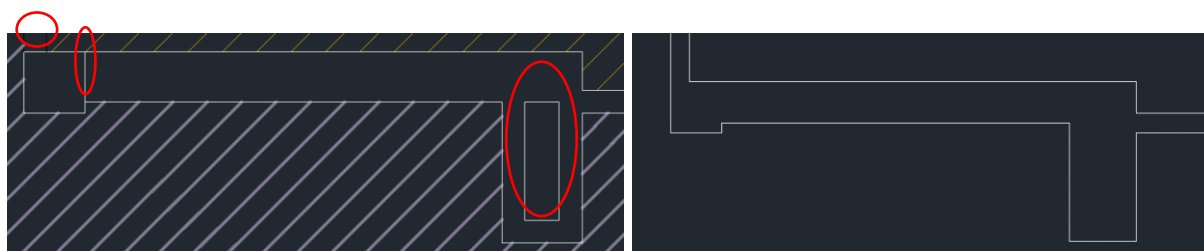


Figura 5.2 – Pontos críticos na planta original (círculos vermelhos). Na imagem à direita visualiza-se o resultado após intervenção.

É recomendado que se eliminem todos os *layers* existentes na planta original, deixando apenas o desenho com um *layer*, contendo os traços correspondentes às paredes.

Após concluídos os trabalhos neste *software*, pode ser visualizado na figura 5.3 a planta original e o resultado da planta das instalações da AE ISEC, já preparada para a exportação.



Figura 5.3 – Comparação entre a planta inicial (esquerda) e a planta final, após a intervenção (à direita).

5.2 SKETCHUP

O *software SketchUp* foi desenvolvido pela *@Last Software* e lançado no mercado em agosto de 2000. Em 2006 a empresa foi adquirida pela *Google*. Em 2012, o *software* foi vendido para a empresa *Trimble, Inc.* (Stefani, 2013), que desenvolve o *software* até aos dias de hoje. É um dos *softwares* de modelação 3D mais conhecidos no mundo. É ideal para a criação de maquetes com grande detalhe e um resultado muito realista (Stefani, 2013).

É um *software* bastante simples e intuitivo na sua utilização, com ferramentas definidas e bem desenvolvidas. O trabalho final pode ser visualizado no espaço tridimensional, sem necessitar de renderização¹ e é muito fácil adicionar e editar texturas. Permite a instalação de diversos *plugins*, o que se traduz numa vasta gama de ferramentas, ajustadas a cada tipo de projeto e projetista (Amaral, 2020).

Devido a ser um programa com o qual nunca tinha trabalhado, houve necessidade de realizar um curso de introdução ao *SketchUp* na plataforma digital *Youtube*.

5.2.1 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM SKETCHUP

Para este projeto, foi utilizado o *SketchUp Pro 2019*, versão 19.0.685 de 64 bits. Este *software* foi utilizado com o objetivo de projetar o modelo em 3D do caso de estudo – instalações da AE ISEC, com maior rigor e realidade do que é obtido em *DIALux evo*. Quanto maior o rigor e realidade do modelo, melhor serão os resultados obtidos nos cálculos luminotécnicos.

1 – A renderização é o processo pelo qual se obtém o produto final de um processamento digital qualquer e que se aplica, essencialmente, em programas de modelagem 2D e 3D.

Iniciou-se o processo de criação do modelo 3D com a importação do ficheiro anteriormente preparado em *AutoCAD* (consultar subcapítulo 5.1.1), como é possível visualizar na figura 5.4.

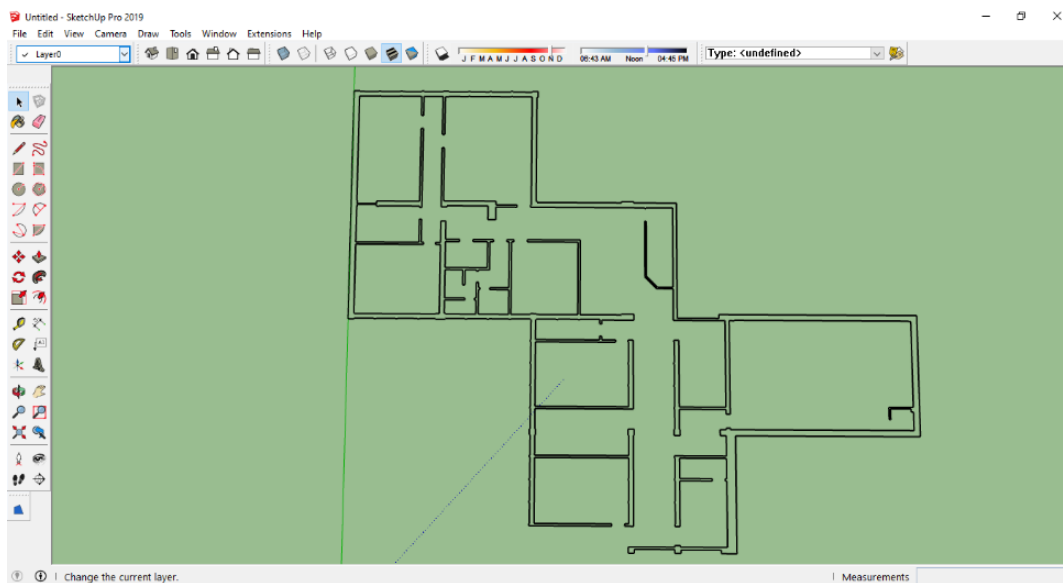


Figura 5.4 – Importação da planta em 2D para o SketchUp.

Após a importação, tentou-se utilizar a ferramenta *Push/Pull* para “levantar” as paredes do modelo. Com a primeira tentativa de utilização da ferramenta, logo se percebeu que algo estava errado, a ferramenta não era possível de utilizar. Uma vez que esta preparação em *AutoCAD* poderia conter erros, foi iniciada uma pesquisa sobre quais as possíveis causas do problema. Após cerca de 2 dias de investigação, foi detetado que existiam irregularidades. Estas irregularidades são na sua maioria, linhas sobrepostas ou aberturas na planta, que não se consegue perceber no *AutoCAD*. Para o processo de resolução deste problema, seria muito penoso resolver através do *AutoCAD*. Após investigação, foi encontrado um *plugin* desenvolvido por utilizadores do *SketchUp*, chamado *Edge Tools2* que consegue verificar e corrigir possíveis erros existentes.

Quando executada essa verificação, foram encontradas 34 irregularidades, o que impede a utilização da ferramenta *Push/Pull* de “levantar” as paredes todas de uma só vez. Podem ser visualizadas as irregularidades na figura 5.5.

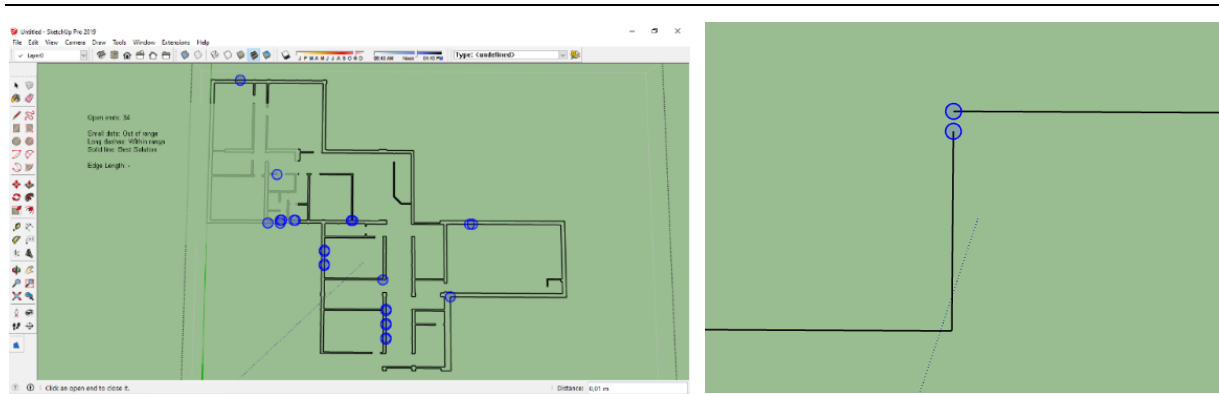


Figura 5.5 – Irregularidades na planta 2D, detetadas com o *plugin Edge Tools*².

Corrigidas as irregularidades, o modelo está pronto para a utilização da ferramenta *Push/Pull* para “levantar” as paredes do edifício. As paredes foram levantadas uma altura de 3.10 m. Pode ser visualizado na figura 5.6 à esquerda, o respetivo modelo após as correções e à direita, o modelo com as paredes “levantadas”.

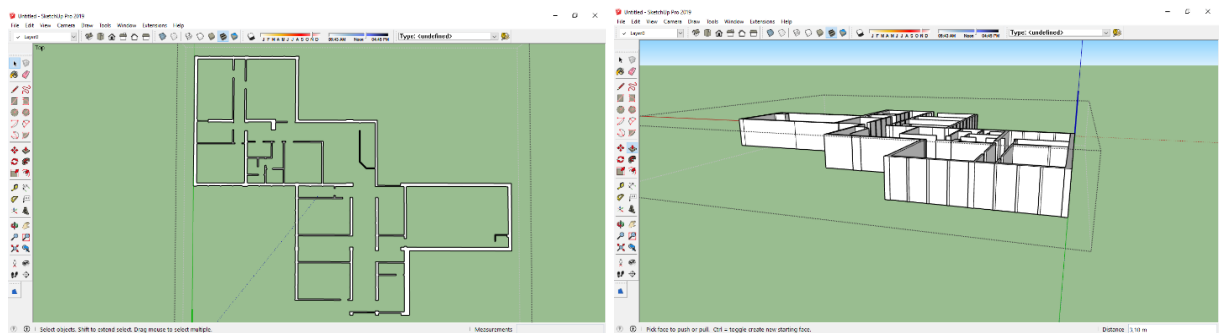
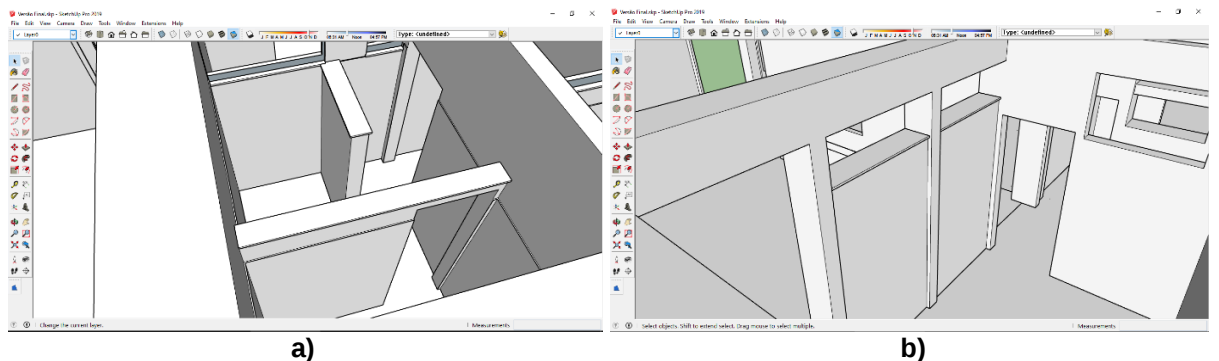


Figura 5.6 – Utilização da ferramenta *push/pull* para levantar as paredes do modelo 3D.

Após ter o modelo com as paredes “levantadas”, iniciou-se a construção de pormenores estruturais, tais como recortes de vigas, recortes para as fenestrações (portas e janelas), bem como as escadas de acesso ao piso superior. Pode ser visualizado na figura 5.7 o desenvolvimento de alguns pormenores estruturais.



a)

b)

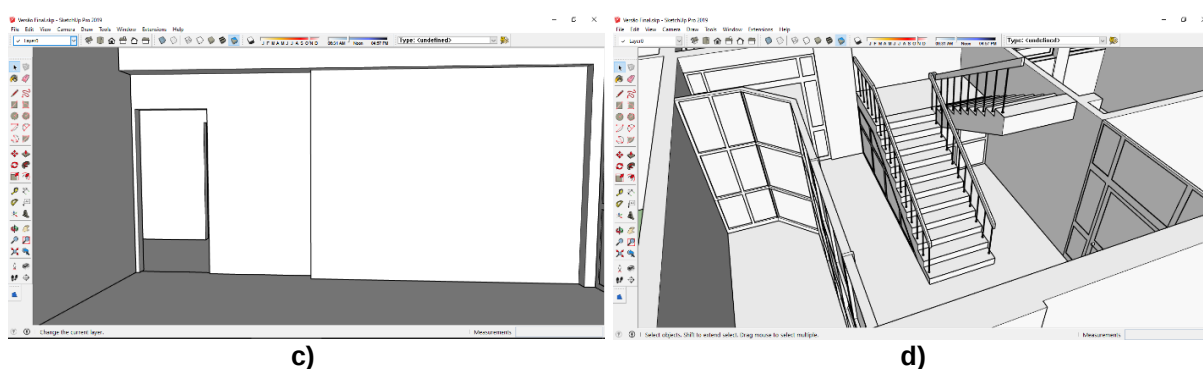


Figura 5.7 – Pormenores estruturais. a) A parede interior da casa de banho masculina é mais baixa que as restantes paredes. b) Criação dos parapeitos das janelas, bem como ajuste dos pilares estruturais. c) Recortes nas paredes. d) Criação das escadas de acesso ao piso 1.

De seguida, iniciou-se a construção das portas, janelas e chão, bem como a aplicação de texturas aos mesmos, como pode ser visualizado na figura 5.8. Esta etapa demorou cerca de 3 semanas, desenhando todos os pormenores da edificação, tendo sempre em atenção os detalhes estruturais. Foi um processo que inicialmente levou algumas horas de trabalho árduo para entender os mecanismos das ferramentas e o modo de funcionamento das mesmas.

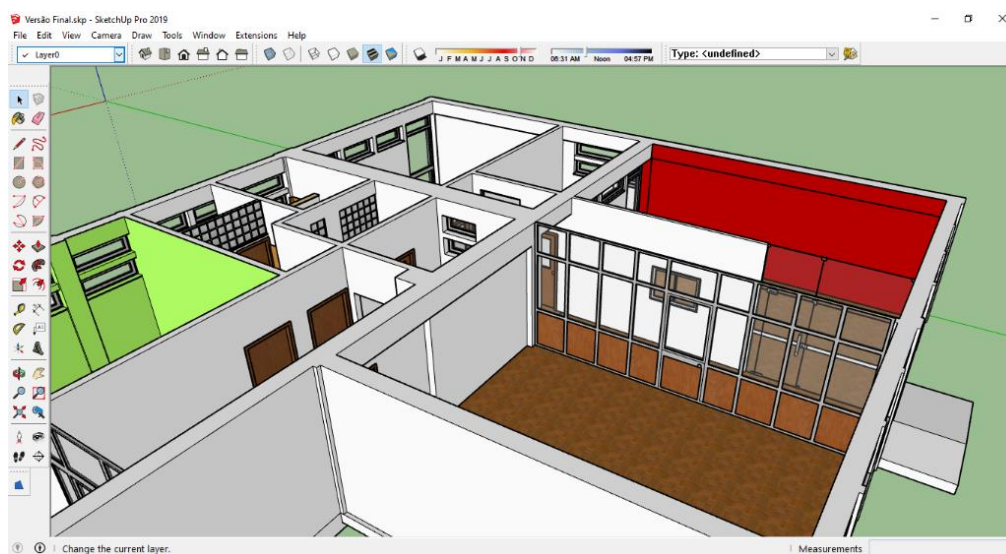


Figura 5.8 – Criação de portas, janelas, chão e aplicação das respetivas texturas.

Aquando da conclusão do modelo e respetiva exportação em formato *.3ds* para *DIALux*, foi detetado uma lacuna na interação destes 2 *softwares*. Quando um ficheiro é importado para *DIALux* em *.3ds*, é assumido como um objeto num todo. Logo, não é possível definir áreas de trabalho dentro do modelo.

Após algumas semanas de investigação, foi detetado que ambos os *softwares* trabalham com ficheiros *.ifc*. Um ficheiro *.ifc* (*Industry Foundation Classes*), é um ficheiro que contém especificações dos materiais, formas, elementos espaciais, etc. É usado no conceito BIM (*Building Information Modeling*) (Biblus, 2017).

Para ultrapassar este problema, foi feito todo o modelo em *SketchUp*. Foi desenhado objeto a objeto, à parte do modelo, criando blocos e definindo as suas características de acordo com o ficheiro *IFC 2x3.skc* que contém informações já predefinidas para cada tipo de objeto. Este processo demorou cerca de 1 mês a ser concluído, devido a sua elevada complexidade e aprendizagem de novos conceitos.

Foram desenhadas paredes, portas, janelas, estruturas metálicas, vidros, maçanetas de portas, parapeitos de janelas, etc. Alguns desses objetos podem ser visualizados na figura 5.9.

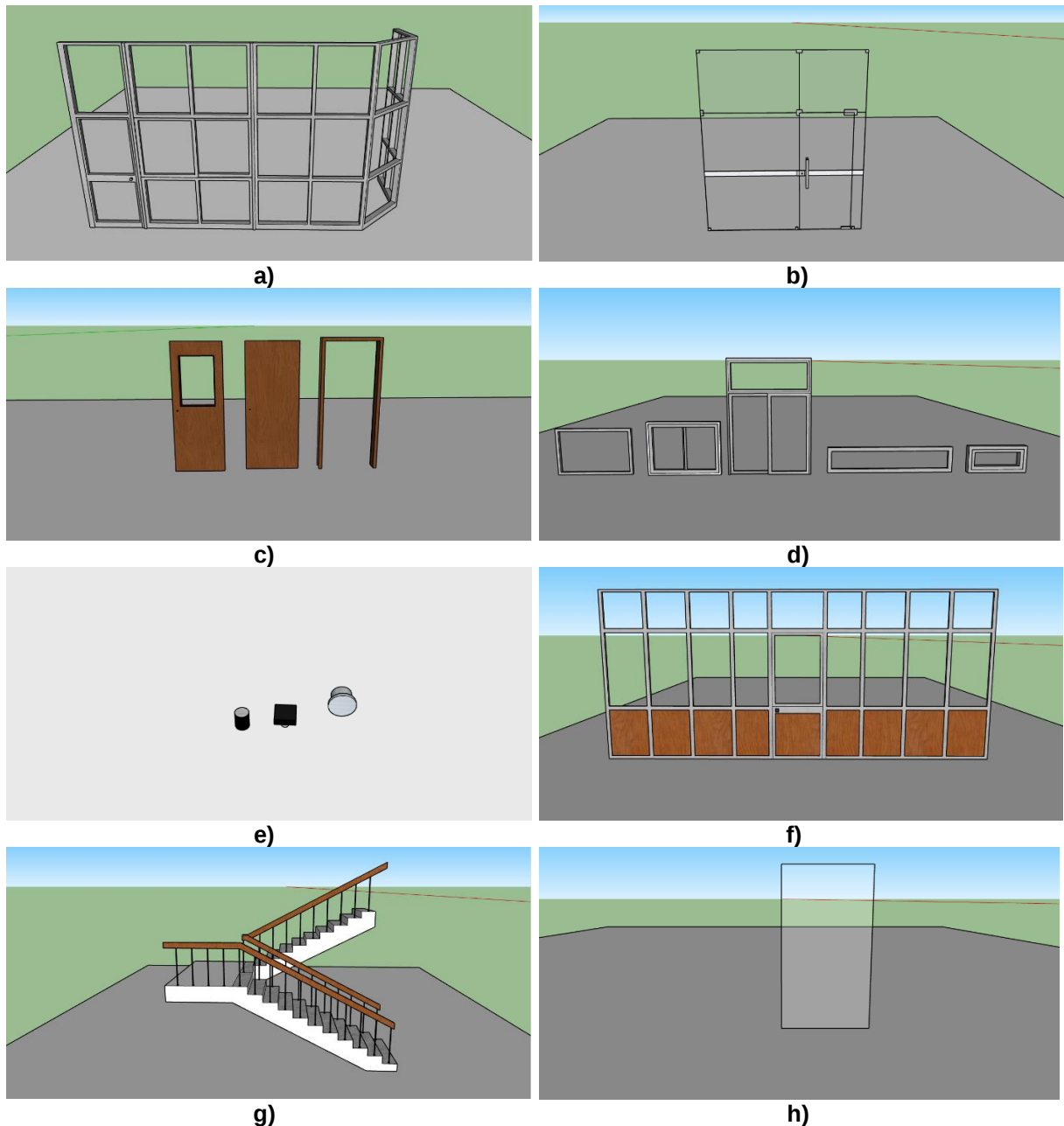


Figura 5.9 – Objetos criados em *SketchUp* com o conceito BIM. a) Estrutura metálica do arquivo. b) Estrutura envidraçada da secretaria. c) Portas de madeira, com e sem abertura e respetivas ombreiras. d) Caixilharia metálica de janelas. e) Maçanetas de portas. f) Estrutura metálica, com placas de madeira, da sala de estudo. g) Escadas de acesso ao primeiro piso. h) Vidro

Foram, ainda, adicionadas algumas texturas extras, para realçar o rigor e realidade do modelo. Existiram algumas dificuldades em encontrar texturas iguais ou idênticas à realidade do edifício. Muitas vezes, recorreu-se à internet, de modo a realizar uma pesquisa sobre tipos de texturas semelhantes às do edifício e posteriormente realizar o *upload* para o *SketchUp*. No caso da fachada Este, recorreu-se ao *software Illustrator* da *Adobe* para a criação da textura dos vidros com os logótipos da instituição (figura 5.10, esquerda). O processo de pesquisa, criação e aplicação de texturas demorou 1 semana a ser concluído. Podem ser visualizadas na figura 5.10 algumas dessas texturas.

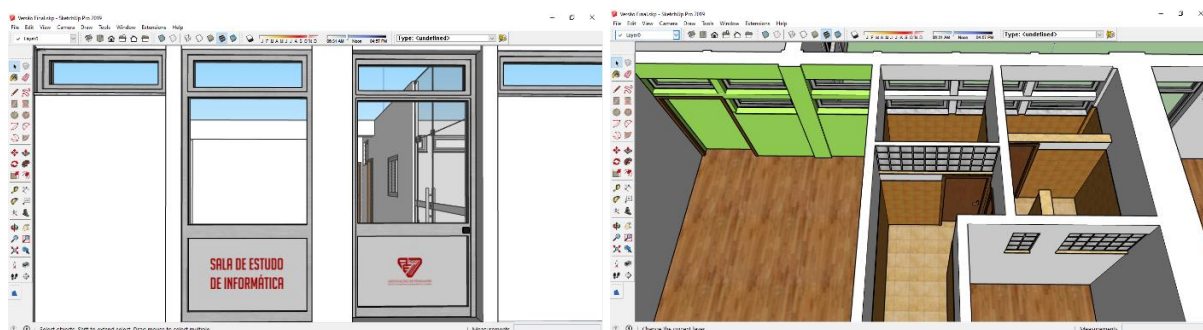
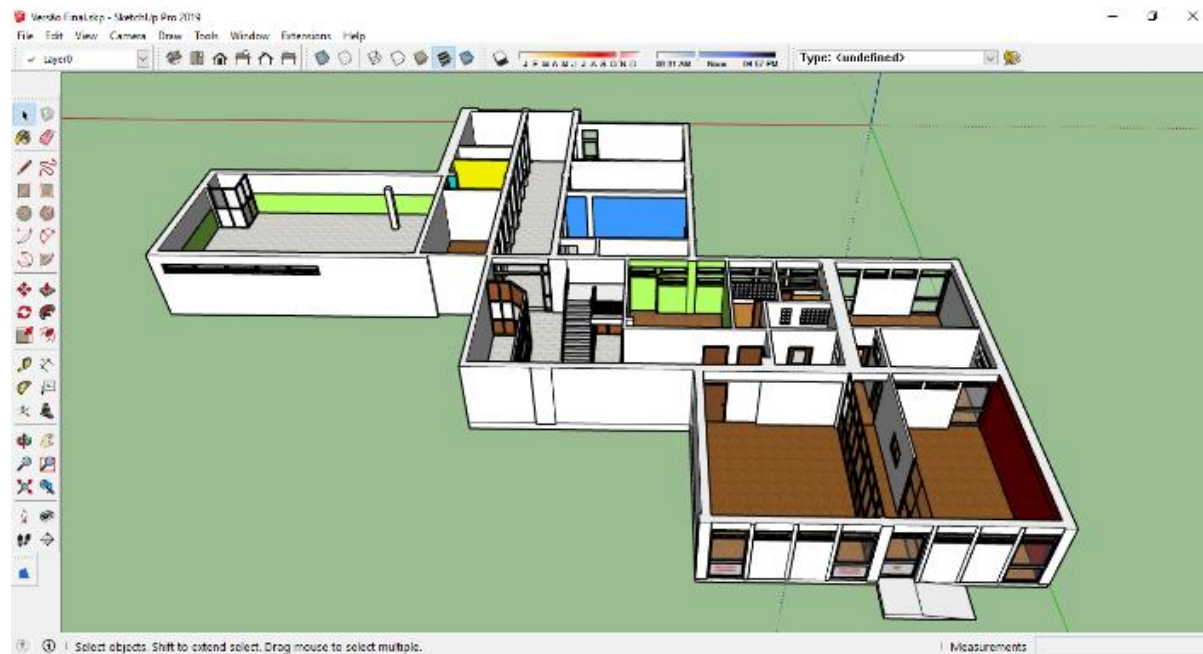
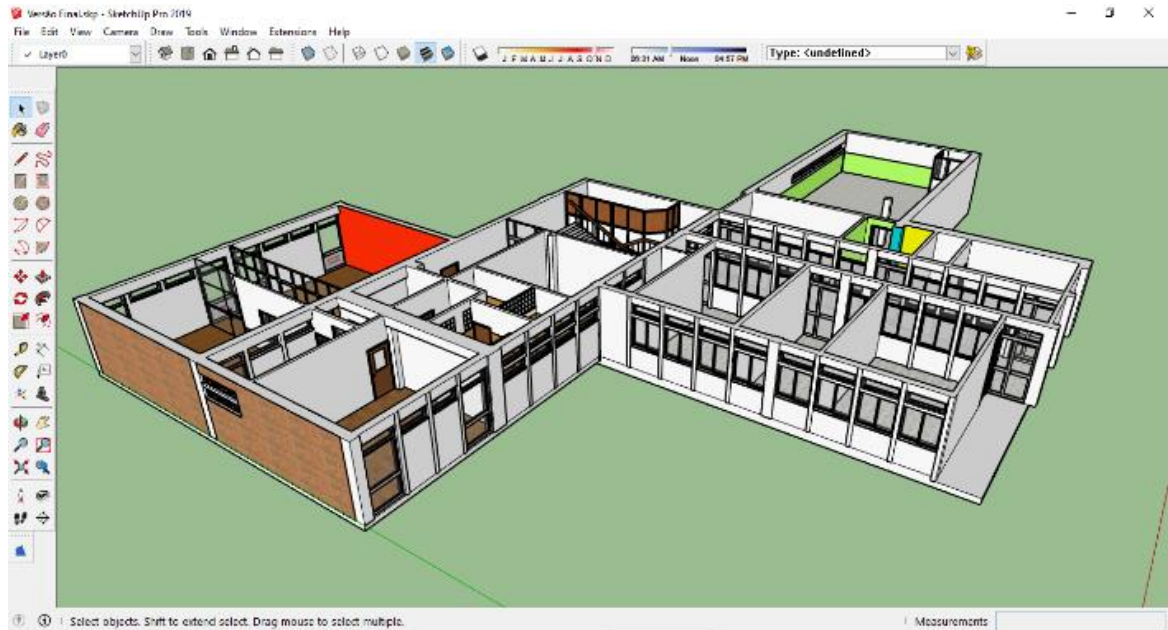


Figura 5.10 – Aplicação de texturas. À esquerda, aplicação de vinis nos vidros das portas da fachada Este. À direita, aplicação de texturas nas paredes interiores do edifício.

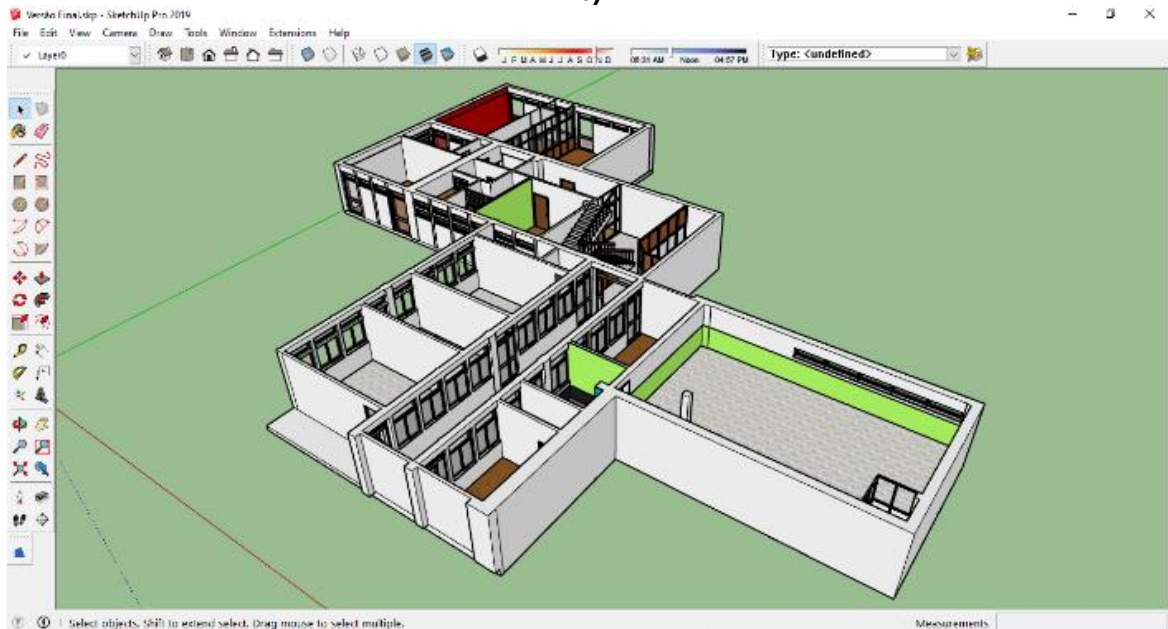
Após concluir o processo, foi exportado o modelo em ficheiro *.ifc* para ser utilizado em *DIALux* evo 9. Pode ser visualizado o modelo final nas figuras 5.11 a), b), c) e d).



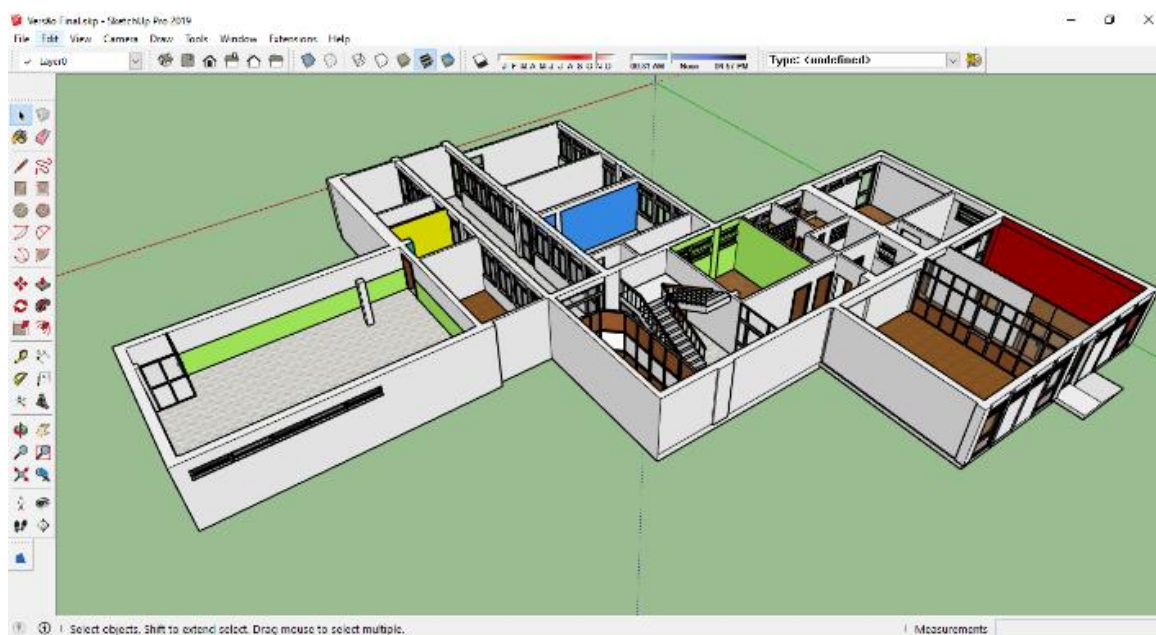
a)



b)



c)



d)

Figura 5.11 – a) Vista fachada a Este. b) Vista da fachada a Norte. c) Vista da fachada a Oeste. d) Vista da fachada a Sul. Modelo 3D finalizado, criado através do software SketchUp.

5.3 DIALux Evo 9

O *software DIALux* foi desenvolvido pela *DIAL GmbH* em 1994. Em 2012 a *DIAL*, lança para o mercado a versão *DIALux evo* com enormes avanços no *software* (França, 2020). A sua versão mais recente, o *DIALux evo 9* foi lançada a abril de 2020, durante a execução do presente projeto.

É um *software* de simulação e cálculo luminotécnico. É um dos *softwares* mais utilizado no mundo, está disponível em 25 línguas e tem parcerias com os principais fabricantes de luminárias, o que permite a utilização de inúmeros *plugins* (França, 2020).

Possibilita simulações reais dos efeitos de luz, cálculos de iluminação natural, planeamento de cenários interiores e documentação, assistentes de iluminação de emergência e de rua (Viva Decora, 2018). É um *software* bastante intuitivo e acessível. A sua principal vantagem é ser completamente gratuito (França, 2020).

5.3.1 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM DIALUX EVO 9

Para este projeto, foi utilizado o *DIALux evo 9*, versão 5.9.0.49107. Este *software* foi utilizado com o objetivo de projetar e calcular sistemas de iluminação eficientes e de acordo com a norma EN 12464-1 para o caso de estudo das instalações da AE ISEC.

Iniciou-se o processo, importando o ficheiro com o modelo do caso de estudo, anteriormente projetado em *SketchUp*, através do “assistente de importação IFC” existente no *DIALux evo 9*. Definiu-se a geometria do edifício, a partir da estrutura em árvore, com a criação de projeto, definição de local, edifício e andares padrão: *Default Project*; *Default Site*; *Default Building*; *Default Building Storey*. Em seguida definiram-se os tipos de objetos a importar: 344 aberturas da edificação; 4 elementos de sala; 350 Móveis e outros objetos e Aplicaram-se refletâncias padrão. Foram feitos ajustes nas texturas importadas, nomeadamente em termos de cor e padrões, pois é um aspeto relevante, no que às refletâncias diz respeito. Algumas das texturas, nomeadamente, texturas com padrões importadas para o *SketchUp*, tiveram de ser novamente importadas para o *DIALux*.

O resultado final da importação para *DIALux evo 9*, pode ser visualizado na figura 5.12.

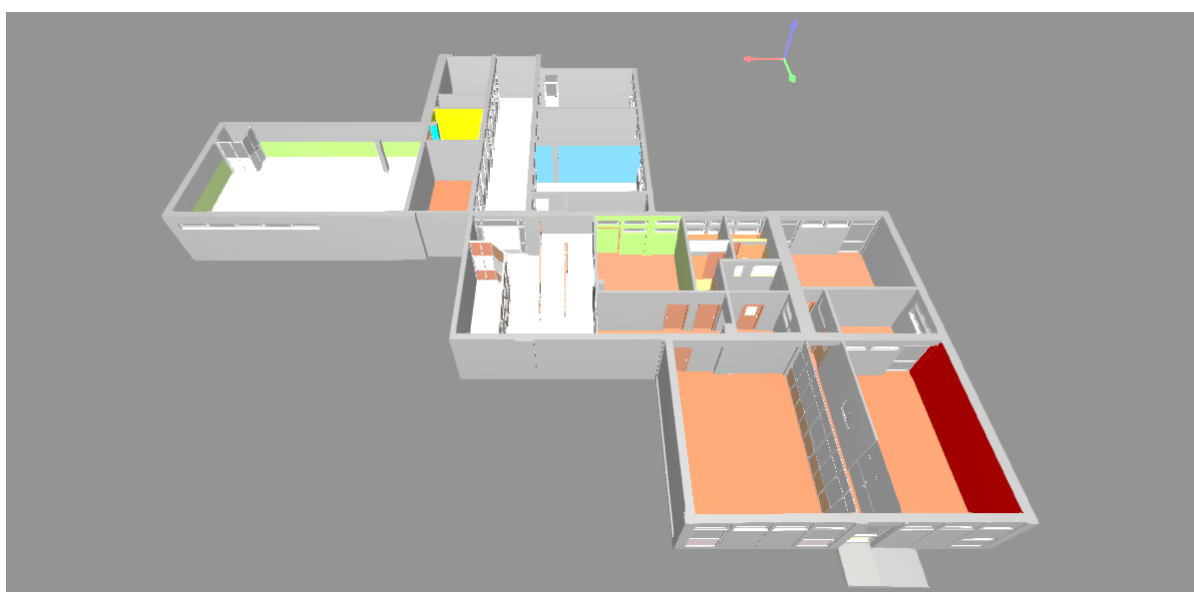


Figura 5.12 – Resultado após importação para *DIALux evo*, do modelo criado em *SketchUp*.

Após a importação do modelo, definiu-se a orientação das fachadas do edifício, bem como a sua localização. Estes são aspetos importantes para o cálculo da luz natural, como descrito no subcapítulo 3.3.2. Dependendo da localização, a rotação do sol e a sua inclinação varia, bem como na orientação das fachadas, consoante a sua orientação, a forma como a luz natural penetra na edificação varia.

Posteriormente, definiu-se para cada sala o seu tipo de utilização, de acordo com a norma EN 12464-1. Foram definidas 23 áreas de trabalho, correspondendo às salas, corredores e casas de banho. Para cada uma destas áreas de trabalho, foram definidas as alturas dos planos de trabalho, que na sua maioria foram definidos para 0.80 m, exceto as áreas de corredores, que foram definidas com planos de trabalho ao nível do chão. Podem ser visualizados nas figuras 5.13 e 5.14, exemplos das definições das salas e respetivos planos de trabalho, bem como os parâmetros definidos de acordo com a norma EN 12464-1, para cada exemplo.

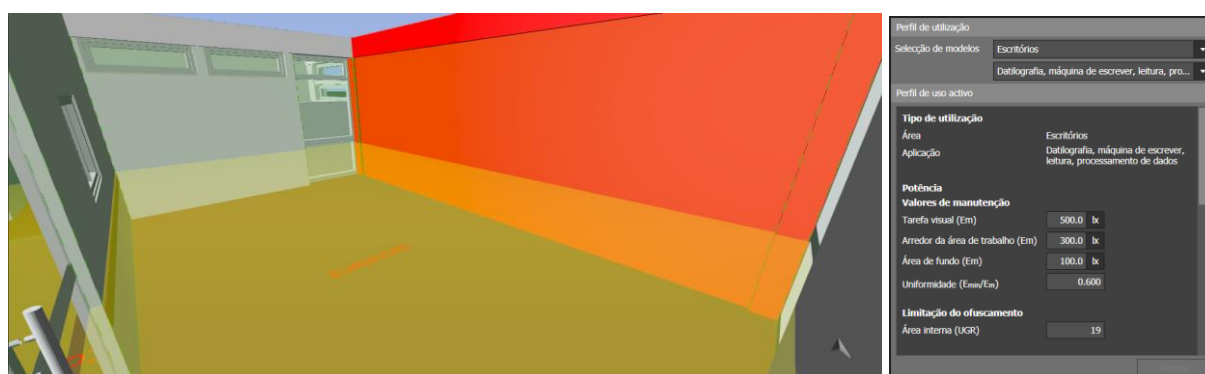


Figura 5.13 – Definição da área da secretaria e plano de trabalho (esquerda), e respetiva definição de parâmetros de acordo com a norma EN 12464-1 (direita).

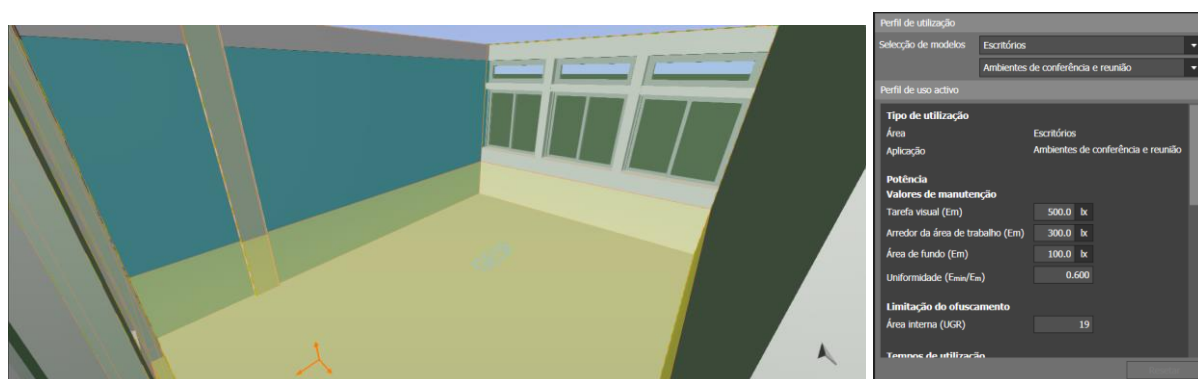


Figura 5.14 – Definição da área do gabinete de emprego e saídas profissionais e plano de trabalho (esquerda), e respetiva definição de parâmetros de acordo com a norma EN 12464-1 (direita).

De seguida, foram inseridos os objetos nas salas. Este processo demorou cerca de 2 semanas a ser concluído, pois é um processo bastante moroso e preciso, mas de extrema importância para os cálculos luminotécnicos. Foi necessário verificar a existência de objetos iguais ou idênticos na livraria do DIALux evo 9, e caso não existissem, recorrer a uma pesquisa por objetos em bases de dados online.

A colocação de objetos nas áreas de cálculo é de extrema relevância, pois estes influenciam o cálculo da iluminância média (Em). Uma sala vazia, sem qualquer obstáculo ao plano de trabalho, precisará de luminárias de menor fluxo luminoso, ou de luminárias em menor número, pois a iluminância média recomendada é mais fácil de atingir. Já numa sala com obstáculos acontece o oposto, dependendo dos objetos que criam resistência à passagem do fluxo luminoso, será preciso ou mais luminárias, ou luminárias com maior fluxo luminoso.

Este facto pode ser comprovado na figura 5.15, que apresenta duas simulações de uma das salas em estudo. À esquerda, a sala está completamente vazia, com o plano de trabalho a 0.80 m, o resultado obtido para a iluminância média foi de 142 lx. À direita, a sala contém objetos, com o plano de trabalho a 0.80 m, o resultado obtido para a iluminância média foi de 115 lx.

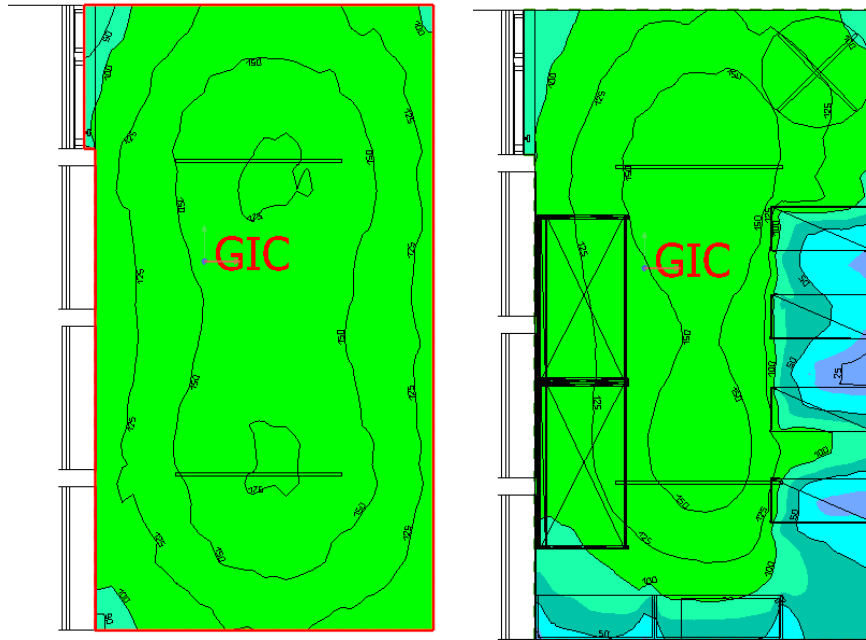


Figura 5.15 – Comparação da iluminância média numa sala, sem objetos (esquerda) e com objetos (direita).

Como a disposição dos objetos é conhecida em cada uma das salas, foram colocados os objetos na sua disposição real, aquando da visita às instalações e registo fotográfico, a 2 de janeiro de 2020. Isto permitiu aproximar as simulações e os resultados à realidade. Podem ser visualizados nas figuras 5.16 e 5.17, dois exemplos de salas, já anteriormente apresentadas, mas agora, com os objetos e comparando com as imagens reais.

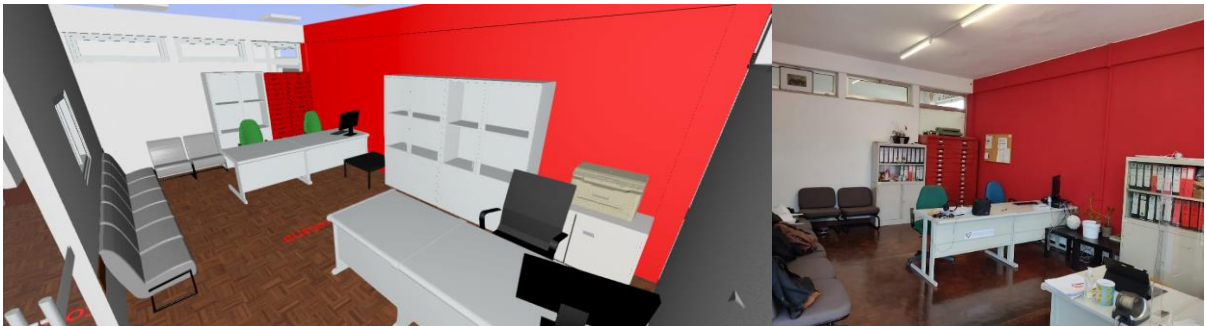


Figura 5.16 – Comparação do modelo 3D, com uma imagem real da secretaria.



Figura 5.17 – Comparação do modelo 3D, com uma imagem real do gabinete de emprego e saídas profissionais.

Após ter o modelo completo com os objetos, foram realizados os preparativos para as simulações. Ajustou-se o cenário de cálculo para: Modelo de céu: Céu Claro, Data e hora: 13/03/2020 ao 12:00h, com Luz solar direta e o Local: Lisboa, e todos os valores reostáticos das luminárias a 100 %. Estas definições podem ser visualizadas na figura 5.18. Estas definições foram definidas, tendo em conta o horário de funcionamento e o período anual de utilização das instalações.

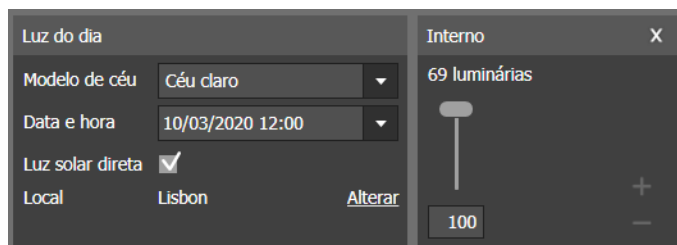


Figura 5.18 – Definição dos parâmetros para a criação do cenário de cálculo.

Para a escolha das luminárias, foram utilizadas as seguintes marcas: *Philips*, *AuraLight*, *Thorlux*, *Sylvania*. São empresas que disponibilizam diversas ofertas de luminárias em território nacional, um acesso fácil aos seus *plugins* e um apoio ao cliente bastante interessante com a disponibilização de características técnicas e de preços. Apenas a *Thorlux* se demonstrou um pouco mais complicado, no que diz respeito aos pedidos de orçamentos, pois não tendo escritórios em Portugal, o processo arrastou-se algumas semanas em conversações com a sede em Inglaterra.

Posteriormente, iniciaram-se as simulações para cada sala, sendo os resultados discutidos no Capítulo 6 do presente relatório.

5.4 SUNNY DESIGN

O *software Sunny Design* foi desenvolvido pela *SMA Solar Technology AG*, uma empresa alemã fornecedora de equipamentos de energia solar, fundada em 1981 (SMA, 2020).

O *Sunny Design* é um *software* que permite ao utilizador planear e dimensionar sistemas fotovoltaicos com e sem autoconsumo, sistema de rede isolada, sistemas híbridos fotovoltaicos e sistemas energéticos. O próprio *software*, ao longo do projeto, fornece recomendações para o dimensionamento dos sistemas (SMA, 2020).

A versão *Sunny Design Web*, é uma versão disponibilizada online, e pode ser acedido em qualquer navegador web padrão. Foi concebido para qualquer tablet, PC ou produto *Apple*. É uma versão disponibilizada ao utilizador de forma gratuita e por tempo indeterminado (SMA, 2020).

5.4.1 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM SUNNY DESIGN

Para este projeto, foi utilizado o *Sunny Design Web*, versão 5.0.2 rev:9440. Este *software* foi utilizado com o objetivo de projetar e dimensionar uma instalação fotovoltaica para ajudar a suportar os consumos de energia elétrica com a iluminação.

Após o registo no *software* com a criação de uma conta, onde se introduziu o nome, apelido, email e palavra-passe, iniciou-se o dimensionamento através da criação de um “Novo Projeto”, onde se escolhe o tipo de sistema. Depois inicia-se a inserção dos dados para o projeto, nomeadamente: Nome do projeto; Localização do edifício, para recolha de dados meteorológicos; Níveis de tensão e Perfis de carga.

No que diz respeito aos perfis de carga, foi definido com “*Empresa (dias úteis, das 8 às 18 horas)*”, com um consumo anual de energia para iluminação de 3490 kWh/a. Este valor de consumo foi fornecido pelo *software DIALux evo 9*, após a conclusão do projeto luminotécnico.

Na fase seguinte, foi realizado o dimensionamento do sistema. Para este dimensionamento foram realizadas cinco simulações, com diferentes configurações dos painéis, bem como o tipo de sistema. Todas as simulações foram definidas para painéis com tipo de montagem de telhado e com um ângulo de inclinação de 30°. Este processo de simulações demorou 1 semana a ser concluído. Na tabela 5.1 podem ser visualizadas as configurações para a realização das simulações.

Tabela 5.1 – Descrição das simulações realizadas no Sunny Design.

	Nº	Painéis Fotovoltaicos				Inversor	Bateria
Sistema isolado da rede	1	6	SMA	Demo	Poly	1 SMA SB 1.5-1VL-40	1 SMA Sunny Island 4.4M
	2	16	SMA	Demo	Poly	1 SMA SB5.0-1AV-41	1 SMA Sunny Island 4.4M
Sistema ligado à rede	3	6	SMA	Demo	Poly	1 SMA SB 2.0-1VL-40	–
	4	8	SMA	Demo	Poly	1 x SMA SB 2.5-1VL-40	–
	5	12	SMA	Demo	Poly	1 x SMA SB3.6-1AV-41	–

A figura 5.19, mostra a configuração utilizada para os vários tipos de montagem, com 6, 8, 12 e 16 painéis fotovoltaicos, respetivamente.

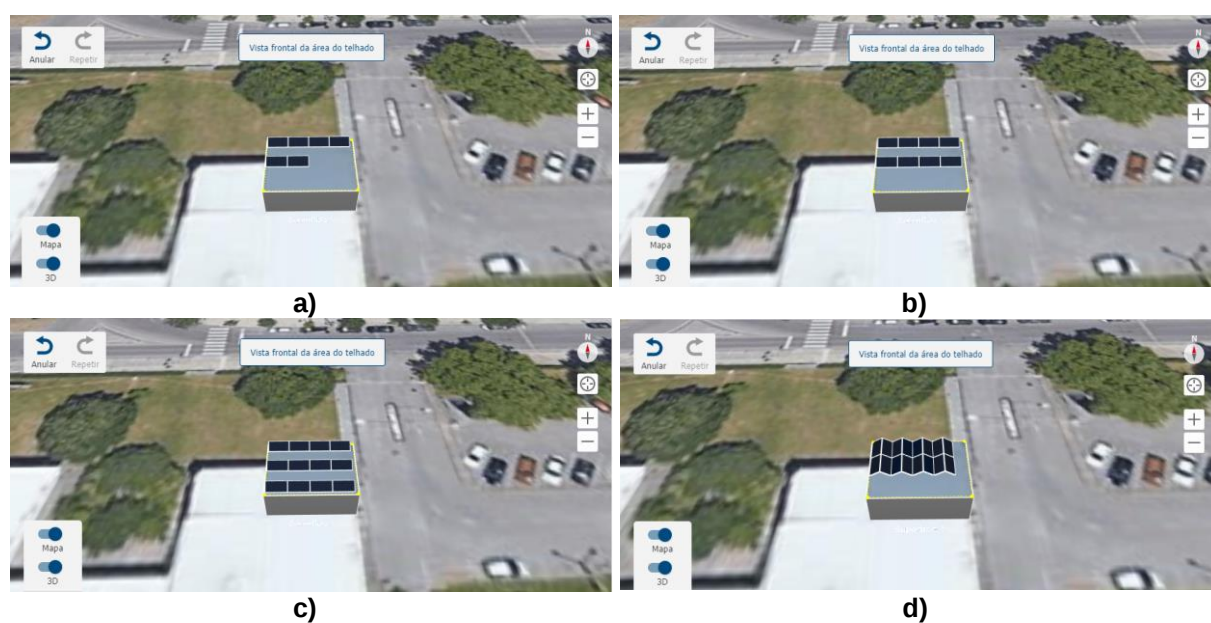


Figura 5.19 – Configuração dos painéis solares para as diversas simulações. a) Simulação com 6 painéis. b) Simulação com 8 painéis. c) Simulação com 12 painéis. d) Simulação com 16 painéis.

Os resultados obtidos destas simulações são discutidos no Capítulo 6.

Capítulo

6

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, desenvolvidos através de simulações realizadas utilizando softwares especializados.

6 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

6.1 RESULTADOS E SIMULAÇÃO EM DIALUX EVO 9

Neste subcapítulo serão apresentados os resultados das simulações obtidas através do *software DIALux evo 9*, com as luminárias escolhidas.

6.1.1 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Tendo como fundamento o subcapítulo 3.3 – Sistemas de Iluminação de Interiores, iniciou-se este processo através da perceção da utilidade de cada espaço junto dos responsáveis pelas instalações e procedeu-se de seguida à projeção dos sistemas de iluminação para os mesmos. Após se ter definido a utilização de cada espaço, tendo em conta a norma EN 12464-1, e sabendo-se que se tratam de espaços utilizados como escritórios, optou-se por sistemas de iluminação direta, pois pretende-se que a iluminação atinja diretamente o plano de trabalho, tendo em conta que o conforto visual é uma preocupação, devido às horas e aos trabalhos desenvolvidos nos diversos espaços.

Em termos de controlo dos sistemas de iluminação projetados, manteve-se o controlo por detetor de movimentos e controlo horário, já existente na sala de estudo, bem como o controlo por detetor de movimentos existente no corredor 3 e 4. Foi projetado o controlo por detetor de movimentos nas zonas de corredor 1, corredor 2 e zonas de casas de banho. Para os corredores 1 e 2 o sensor a instalar será um sensor *OccuSwitch – LRM 1070/00* da marca *Philips*, para as casas de banho o sensor já será integrado na luminária. Para a sala de reuniões o sistema de controlo projetado será um regulador *dimming*, que possibilitará a regulação de intensidade de luz, de acordo com a necessidade. O regulador a instalar será o *UID 8600/00* da marca *Philips*. Na sala da secretaria e na sala da discórdia, foram projetados sistemas com segregação por grupos de luminárias. Estas medidas de controlo, estão de acordo com o especificado na Portaria n.º 349-D/2013.

No que diz respeito à luz natural, a determinação do fator de luz natural, descrito no subcapítulo 3.3.2.2, é relevante, pois este é um indicador da aparência geral do espaço. Sabendo que o cenário de simulação foi configurado para o mês de março, com horário de 12:00h, recorreu-se à figura 3.8, do subcapítulo 3.3.2. – Luz Natural, onde se obteve a iluminância exterior de 10 000 lux. Aplicando os dados na equação 3.4, foi obtido o fator de luz natural para cada um dos espaços onde existem fenestranças, nomeadamente, janelas de maior dimensão.

6.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS LUMINÁRIAS ESCOLHIDAS

Foram testadas diversas luminárias das marcas já referidas no subcapítulo 5.3.1. – Desenvolvimento do Trabalho em *DIALux evo 9*. Para cada sala, foram escolhidas as luminárias que se adequavam às necessidades das mesmas, de acordo com a sua utilização e finalidade.

Nas diversas tabelas do Anexo A, podem ser visualizadas as luminárias que foram testadas para cada uma das salas em estudo. Neste subcapítulo serão apresentadas apenas as que foram escolhidas para os sistemas de iluminação projetados. Na escolha entre as luminárias foi tido em conta o investimento inicial, a sua vida útil, a sua potência e se cumpriam, ou não, o nível de iluminação na área de trabalho e os níveis para UGR.

6.1.2.1 MORUS



Figura 6.1 – Luminária *Morus*. Retirada de (Auralight, 2020).

A luminária *Morus* (figura 6.1) é uma luminária desenvolvida pela marca *AuraLight*. É uma luminária de montagem saliente ou encastrada. De acordo com o tipo de sistema de iluminação que foi pretendido projetar e as características das salas, optou-se por escolher do tipo montagem saliente. É uma luminária recomendada, pela marca, para utilização em espaços como escritórios e zonas administrativas, salas de reuniões ou salas de aulas. Tem um bom índice de reprodução cromática e a sua maior característica é produzir um $UGR < 19$. As suas características podem ser visualizadas na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Característica da luminária *Morus*. Adaptado de (Auralight, 2020).

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06

Na figura 6.2 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. No plano C0-C180, linha vermelha, apresenta uma componente direcional, através do eixo longitudinal. No plano C90-C270, linha azul, apresenta uma componente algo difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

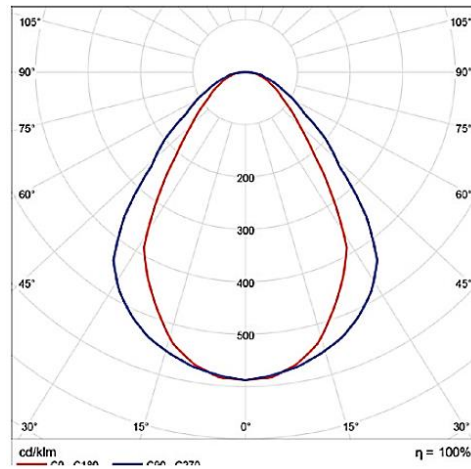


Figura 6.2 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária *Morus*. Retirado de (Auralight, 2020).

6.1.2.2 VIVA LED



Figura 6.3 – Luminária *Viva LED*. Retirado de (Thorlux, 2020).

A luminária *Viva LED* (figura 6.3) é uma luminária desenvolvida pela marca *Thorlux*, de montagem encastrada. Pode optar-se por esta luminária com montagem saliente, adquirindo uma caixilharia específica, vendida pela marca *Thorlux*. É uma luminária recomendada, pela marca, para utilização em espaços como escritórios, escolas e *call centers*. Possui um alto desempenho e eficiência elevada. Um $UGR < 19$ e uma vida útil de 90 000 h, são dois aspetos de extrema relevância. As suas características podem ser visualizadas na tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Característica da luminária *Viva LED*. Adaptado de (Thorlux, 2020).

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Thorlux	VIVA LED 625X625	3020	24	125.8	4000	>80	274.02 €

Na figura 6.4 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. Esta luminária só apresenta componente no plano C90-C270, linha azul, sem componente difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

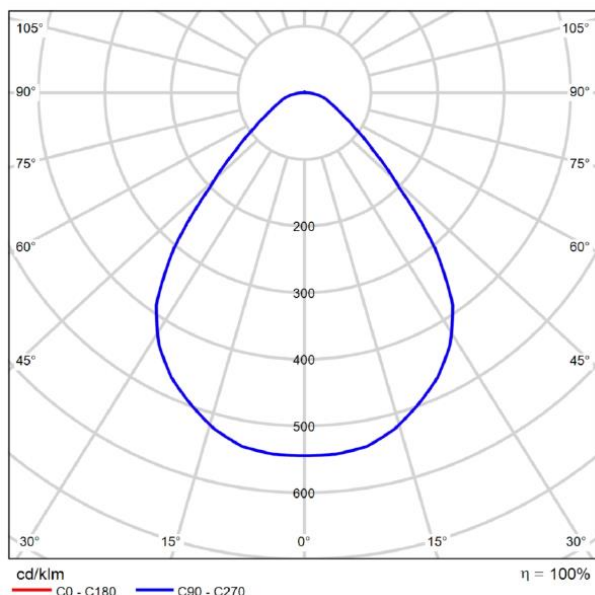


Figura 6.4 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária Viva LED. Retirado de (Thorlux, 2020).

No que diz respeito à depreciação luminosa desta luminária (figura 6.5), a Thorlux, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L87 / B10, ou seja, 10% dos seus LEDs podem falhar em produzir 87% da sua saída de luz inicial, após 60 000 horas de operação.

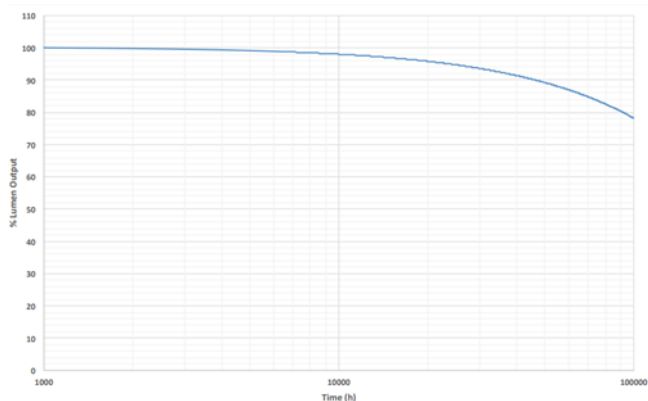


Figura 6.5 – Curva da depreciação luminosa da luminária Viva LED. Retirado de (Thorlux, 2020).

6.1.2.3 RADIANCE LED SURFACE



Figura 6.6 – Luminária *Radiance LED Surface*. Retirado de (Thorlux, 2020).

A luminária *Radiance LED Surface* (figura 6.6) é uma luminária desenvolvida pela marca *Thorlux*, de montagem saliente. É recomendada, pela marca, para utilização em espaços como escritórios e salas de aulas. Tem uma aparência uniforme, com semelhanças de “claraboia” com excelente iluminação de parede e uniformidade. As suas características podem ser visualizadas na tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Característica da luminária *Radiance LED Surface*. Adaptado de (Thorlux, 2020).

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Thorlux	Radiance Surface 600X600	7650	51	150	4000	>80	189.49 €

Na figura 6.7 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. A versão da luminária escolhida é a versão com distribuição *OPAL*. Esta distribuição permite que a saída de luz em ângulos altos, forneça uma excelente iluminação de parede. Esta distribuição fornece iluminação uniforme e livre de sombras.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

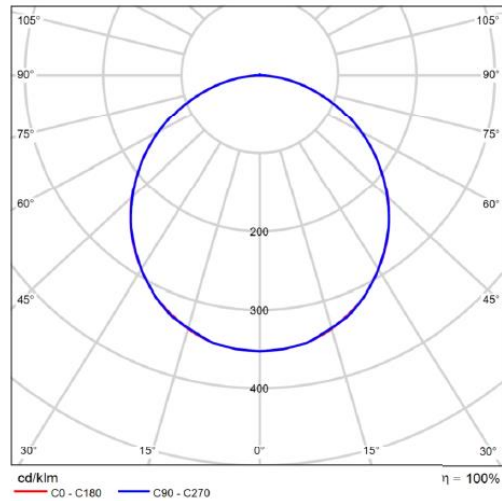


Figura 6.7 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária *Radiance LED Surface*. Retirado de (Thorlux, 2020).

No que diz respeito à depreciação luminosa desta luminária, a *Thorlux*, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L82 / B10, ou seja, 10% dos seus LEDs podem falhar em produzir 82% da sua saída de luz inicial, após 60 000 horas de operação. Na figura 6.8 pode ser visualizado a curva de depreciação luminosa.

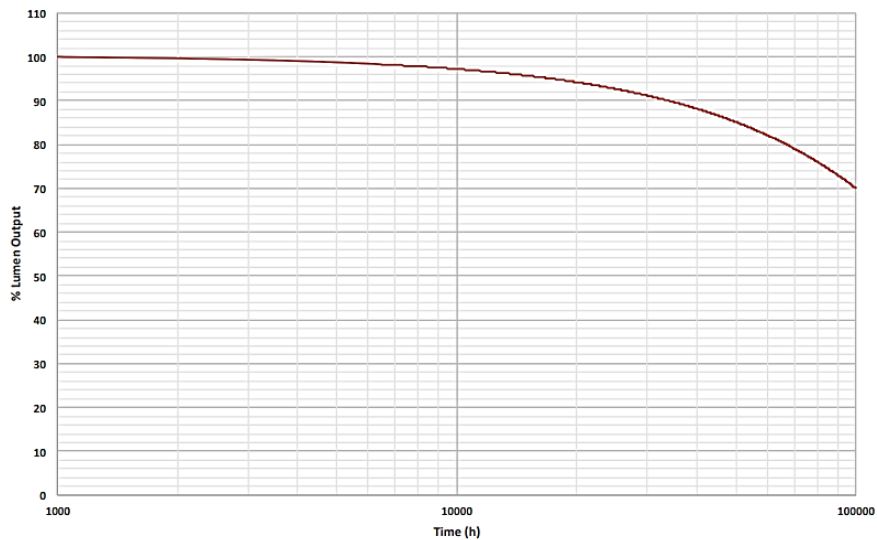


Figura 6.8 – Curva da depreciação luminosa da luminária *Radiance LED Surface*. Retirado de (Thorlux, 2020).

6.1.2.4 MASTER LEDTUBO INSTANTFIT



Figura 6.9 – Lâmpada *Master LEDtubo InstantFit*. Retirado de (Philips, 2020).

A lâmpada *MASTER LEDtubo InstantFit T8* (figura 6.9) é uma lâmpada de tubo desenvolvida pela marca *Philips*. É uma lâmpada LED num formato fluorescente tradicional. É o modo mais rápido e mais fácil de atualizar as luminárias existentes para a tecnologia LED. É aconselhada pela marca para aplicações de iluminação geral, tais como, parques de estacionamento, armazéns, salas frigoríficas ou áreas de transporte e distribuição. Para este projeto foram escolhidas 3 versões diferentes: 20 W e 24 W, com comprimento de 1500 mm, e de 14 W, com comprimento de 1200 mm. As características para as 3 versões, podem ser visualizadas na tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Característica da lâmpada *Master LEDtubo InstantFit* de 14 W, 20 W e 24 W. Adaptado de (Philips, 2020)

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Philips	MASTER LEDtubo HF 1200mm	2100	14	150	4000	80	30.58 €
Philips	MASTER LEDtubo InstantFit 1500mm	3100	20	155	4000	80	31.75 €
Philips	MASTER LEDtubo InstantFit 1500mm	3900	24	163	4000	80	34.15 €

Na figura 6.10 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. No plano C0-C180, linha vermelha, apresenta uma componente direcional, através do eixo longitudinal. No plano C90-C270, linha azul, apresenta uma componente difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

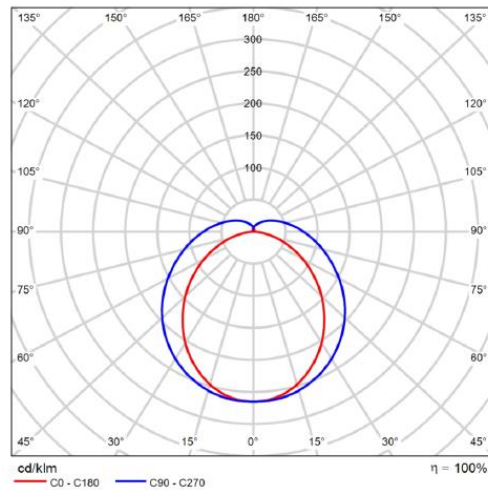


Figura 6.10 – Diagrama de intensidade luminosa da lâmpada *Master LEDtubo InstantFit*. Retirado de (Philips, 2020).

No que diz respeito à depreciação luminosa desta luminária (figura 6.11), a *Philips*, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L66 / B10, ou seja, 10% dos seus LEDs podem falhar em produzir 66% da sua saída de luz inicial, após 60 000 horas de operação.

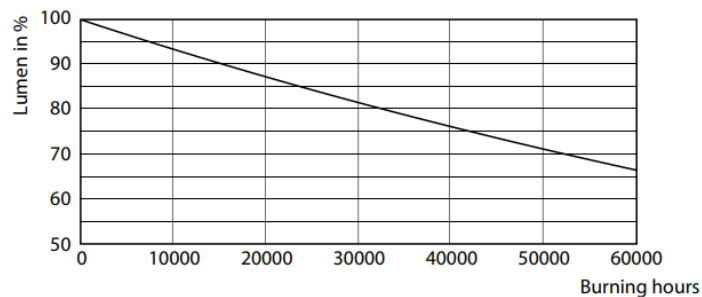


Figura 6.11 – Curva da depreciação luminosa da lâmpada *Master LEDtubo InstantFit*. Retirado de (Philips, 2020).

6.1.2.5 G4 SURFACE

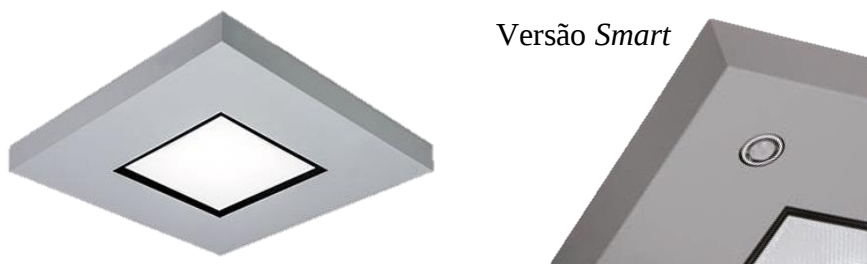


Figura 6.12 – Luminária *G4 Surface*. Adaptado de (Thorlux, 2020).

A luminária *G4 Surface* (figura 6.12) é uma luminária desenvolvida pela marca *Thorlux*, de montagem saliente e com potências de 12 W e 26 W. A escolha desta luminária, vem no sentido da sua versão *smart*. Esta versão já vem com um sensor de movimento integrado na luminária. É aconselhada pela marca para aplicações em escritórios, corredores e áreas de receção. As características para as 2 versões, podem ser visualizadas na tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Característica da luminária *G4 Surface* de 12 W e 26 W. Adaptado de (Thorlux, 2020)

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 12W - SMART - Area Lens	1645	12	137	4000	>80	121.81 €
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	3050	26	117	4000	>80	184.77 €

Na figura 6.13 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. Esta luminária só apresenta componente no plano C90-C270, linha azul, sem componente difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

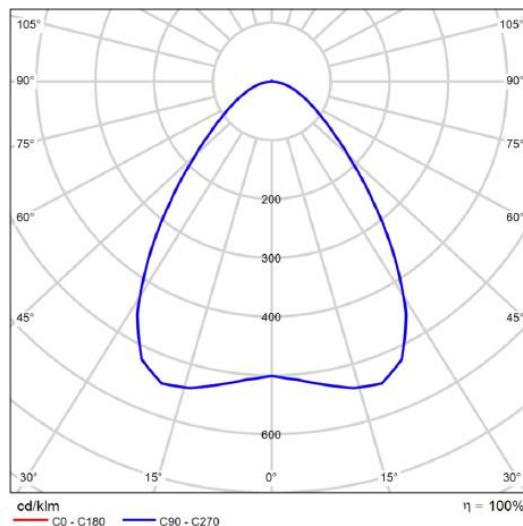


Figura 6.13 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária *G4 Surface*. Retirado de (Thorlux, 2020).

No que diz respeito à depreciação luminosa desta luminária (figura 6.14), a *Thorlux*, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L89 / B10, ou seja, 10% dos seus LEDs podem falhar em produzir 89% da sua saída de luz inicial, após 60.000 horas de operação.

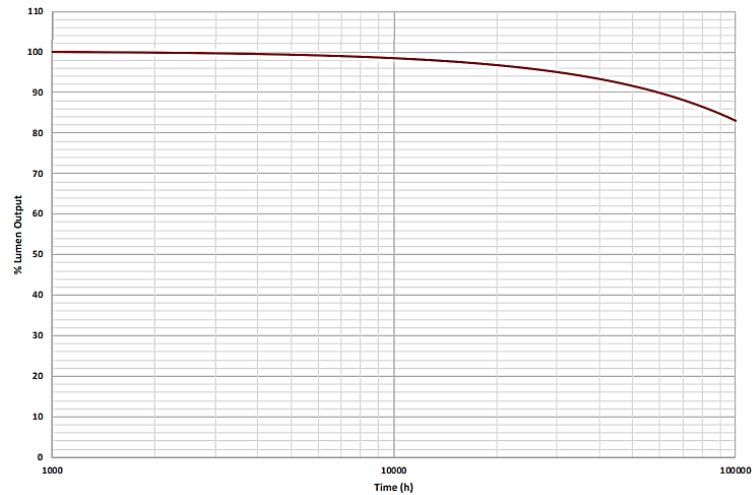


Figura 6.14 – Curva da depreciação luminosa da luminária G4 Surface. Retirado de (Thorlux, 2020).

6.1.2.6 CORELINE CALHA



Figura 6.15 – Luminária CoreLine Calha. Retirado de (Philips, 2020)

A luminária *CoreLine Calha* (figura 6.15) é uma luminária desenvolvida pela marca *Philips*, do tipo de montagem suspensa, de elevada eficiência e fiabilidade. Possui um sistema ótico avançado que permite obter formatos de feixe de luz precisos e eficientes e com elevada emissão de luz, que satisfaz os requisitos de utilização mais exigentes. É aconselhada pela marca para aplicações em supermercados, armazéns e áreas de montagem. As suas características podem ser visualizadas na tabela 6.6.

Tabela 6.6 – Característica da luminária CoreLine Calha. Adaptado de (Philips, 2020).

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Philips	CoreLine Calha - LL121X LED45S/840 1x PSU	4500	32	141	4000	>80	203.00 €

Na figura 6.16 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. No plano C0-C180, linha vermelha, apresenta uma componente direcional, através do eixo longitudinal. No plano C90-C270, linha azul, apresenta uma componente difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

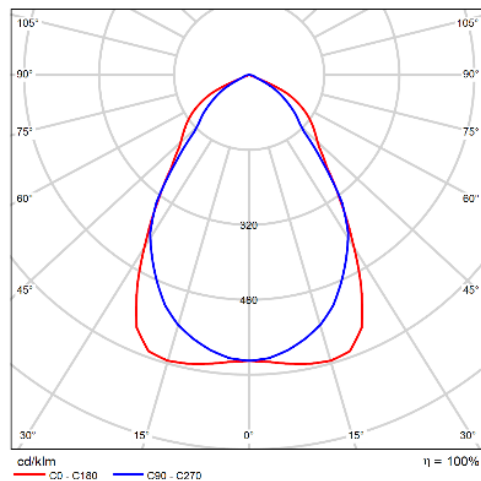


Figura 6.16 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária *CoreLine Calha*. Retirado de (Philips, 2020).

No que diz respeito à depreciação luminosa desta luminária, a *Philips*, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L80 / B5, ou seja, 5% dos seus LEDs podem falhar em produzir 80% da sua saída de luz inicial, após 50 000 horas de operação.

6.1.2.7 PLAINVIEW



Figura 6.17 – Luminária *PlainView*. Retirado de (Philips, 2020).

A luminária *PlainView* (figura 6.17) é uma luminária desenvolvida pela marca *Philips*, de montagem suspensa. É uma luminária linear que disponibiliza uma iluminação cómoda, de boa qualidade e que funciona como um elemento de design. Apresenta especificações de alta qualidade e flexibilidade com diferentes opções de fluxo. É recomendada, pela marca, para espaços profissionais, centros educativos ou em espaços comerciais. As suas características podem ser visualizadas na tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Característica da luminária *PlainView*. Adaptado de (Philips, 2020)

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]
Philips	SP140P LED38S/840 PSU PI3 SM2 L1135	3800	40	90	4000	>80	217.00 €

Na figura 6.18 pode ser visualizado o seu diagrama de intensidade luminosa polar, que apresenta uma iluminação descendente. No plano C0-C180, linha vermelha, apresenta uma componente direcional, através do eixo longitudinal. No plano C90-C270, linha azul, apresenta uma componente algo difusa.

Esta luminária, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.3.1 – Características Fotométricas, é classificada como uma luminária de iluminação direta.

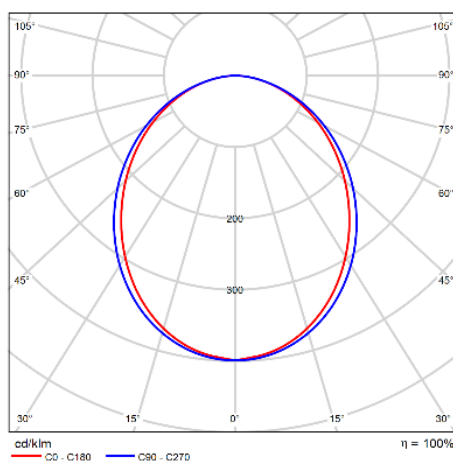


Figura 6.18 – Diagrama de intensidade luminosa da luminária *PlainView*. Retirado de (Philips, 2020).

No que diz respeito à depreciação desta luminária, a Philips, baseada nos métodos de cálculo TM-21, já anteriormente discutida no subcapítulo 2.3, indica o valor de L70 / B5, ou seja, 5% dos seus LEDs podem falhar em produzir 70% da sua saída de luz inicial, após 50 000 horas de operação.

6.1.3 SIMULAÇÃO DO PROJETO EM DIALUX EVO 9

6.1.3.1 SECRETARIA

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Escritórios, com aplicação para: Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 6 luminárias *Morus*. Na figura 6.19 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.20 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho nas secretárias existentes na sala.

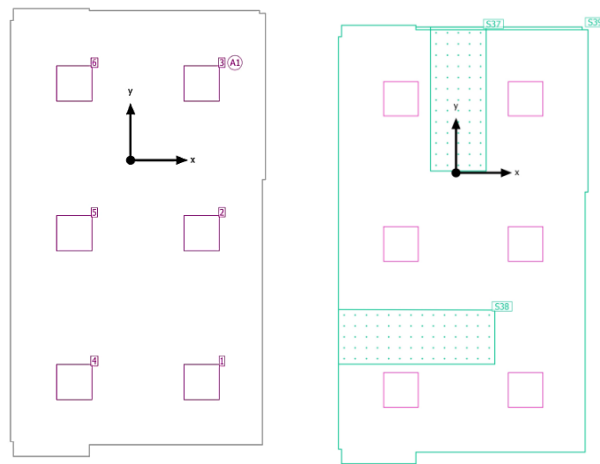


Figura 6.19 – Posicionamento das luminárias na sala secretaria.

Figura 6.20 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na secretaria.

No que diz respeito à segregação de grupos de luminárias, referido no subcapítulo 6.1.1, foram projetados 2 grupos: A1 com as luminárias 3 e 6; A2 com as luminárias 1, 2, 4, 5. Cada grupo é operado independentemente, através de comutadores *on/off*. Esta segregação está projetada desta forma para que, sempre que se justifique, ter o grupo A1 desligado, uma vez que nesta zona existe uma forte componente de luz natural, proveniente da janela junto à luminária 6 e proveniente da zona envidraçada junto à luminária 3. Desta forma, pretende-se reduzir consumos desnecessários.

Na figura 6.21 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.



Figura 6.21 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da secretaria.

Através da simulação, para um plano de trabalho de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Resultados obtidos para a secretaria, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
525	18.1	240	7.54	1.44	660

A iluminância média de 525 lx e o UGR máx. de 18.1, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 500 lx no mínimo, para a iluminância média e menor de 19, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.44 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “*Escritório individual 1-6 pessoas*” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.22 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.23 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

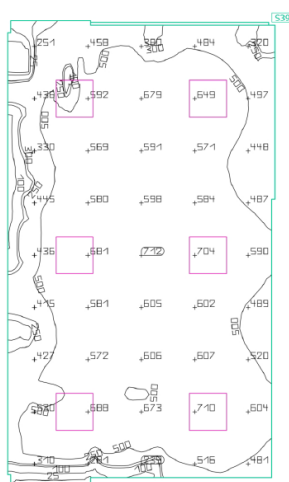


Figura 6.22 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na secretaria.

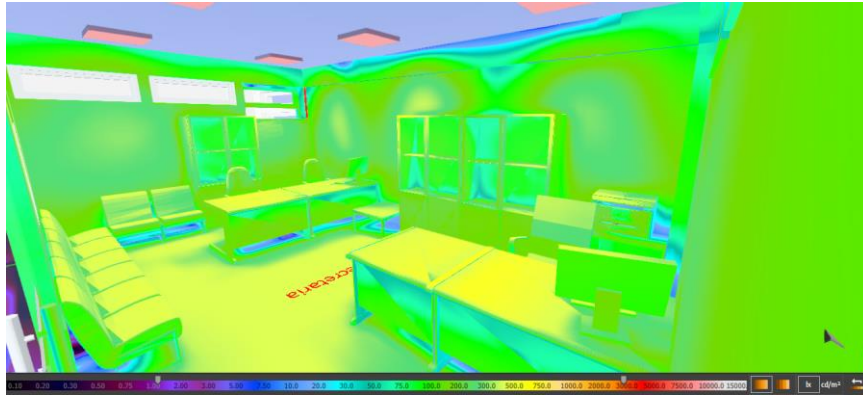


Figura 6.23 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na secretária.

Nas figuras 6.24 e 6.25 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR. A figura 6.24 corresponde aos resultados do cálculo UGR para a secretária 1, (código S37 na figura 6.20) e a figura 6.25 corresponde aos resultados do cálculo UGR para a secretária 2, (código S38 na figura 6.20). Analisando os resultados obtidos, é de notar que junto às paredes e janelas o UGR é por norma mais elevado, mas nunca ultrapassando o máximo recomendado pela norma.

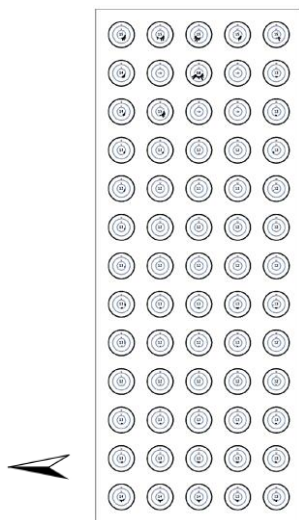


Figura 6.24 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 1 da secretária.

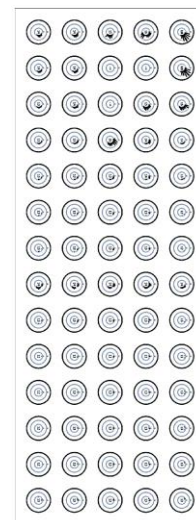


Figura 6.25 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 2 da secretária.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 525 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 5.25%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.2 SALA DE ESTUDO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Locais de formação, com aplicação para: Ambientes comunitários para alunos e estudantes, ambientes de reunião.

Para esta sala de estudo, foi projetado um sistema de iluminação direta, com 5 luminárias Viva LED encastradas, pois em reunião com a direção da AE ISEC, esta sala foi apontada para ser remodelada, onde um dos componentes a remodelar, será o teto. Caso esta remodelação não se verifique, pode-se optar por adquirir caixilharia metálica, como descrito no subcapítulo 6.1.2.2 e fixá-las diretamente ao teto existente.

Na figura 6.26 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.27 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho nas mesas existentes na sala.

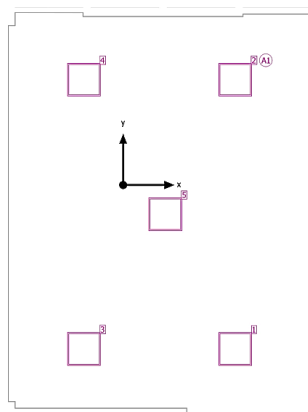


Figura 6.26 – Posicionamento das luminárias na sala de estudo.

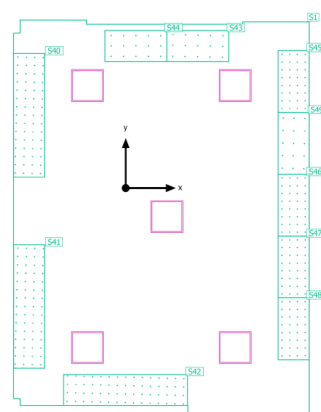


Figura 6.27 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala de estudo.

Na figura 6.28 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

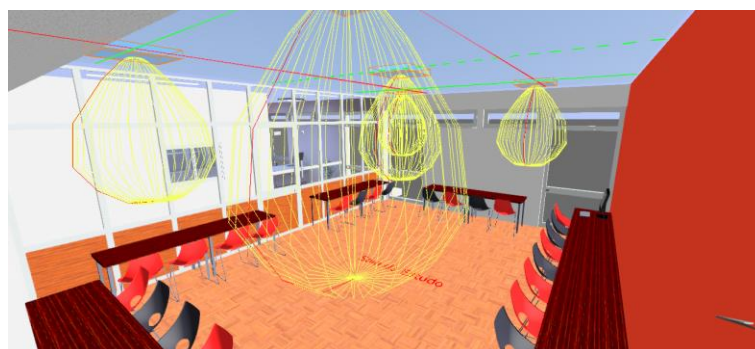


Figura 6.28 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de estudo.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.9.

Tabela 6.9 – Resultados obtidos para a sala de estudo, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
221	21.7	120	2.80	1.27	170

A iluminância média de 221 lx e o UGR máx. de 21.7, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 22, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.27 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.29 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.30 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

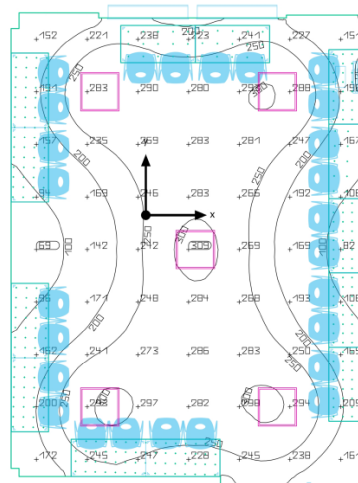


Figura 6.29 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala de estudo.

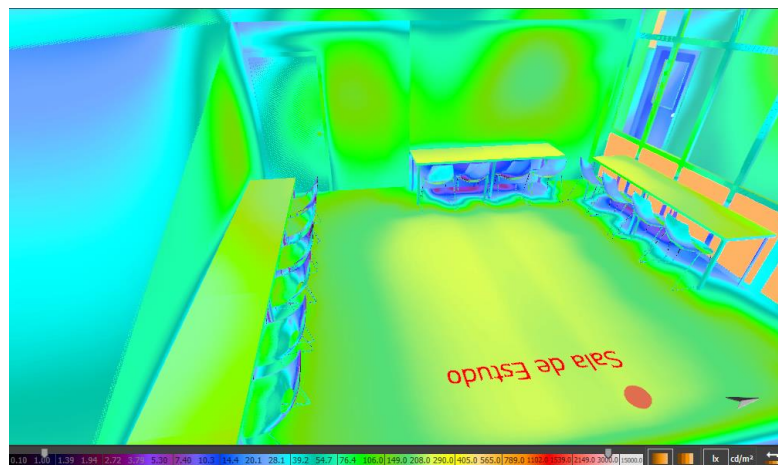


Figura 6.30 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de estudo.

Na figura 6.31 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR. Devido ao grande número de superfícies testadas, é apresentado apenas o caso que requer maior atenção. No Anexo B, Sala de Estudo, da página 8 a 17 estão apresentados os restantes resultados obtidos para o cálculo das restantes superfícies. A figura 6.31 corresponde aos resultados do cálculo UGR para a mesa com o código S42 na figura 6.27. Analisando os resultados obtidos, é de notar que junto à parede o UGR é mais elevado, mas nunca ultrapassando o máximo recomendado pela norma.

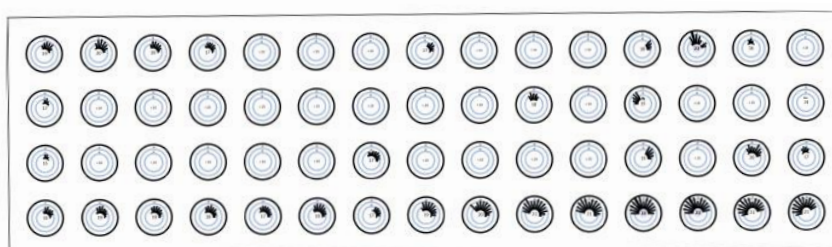


Figura 6.31 – Resultados do cálculo UGR para a mesa S42.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 221 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 2.21%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala está dentro dos parâmetros de boas condições visuais.

6.1.3.3 GABINETE DA PRESIDÊNCIA

Na sala denominada por gabinete da presidência, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Escritórios, com aplicação para: Ambientes de conferência e reunião.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 luminárias *Radiance LED Surface*. Na figura 6.32 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.33 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho nas secretárias existentes na sala.

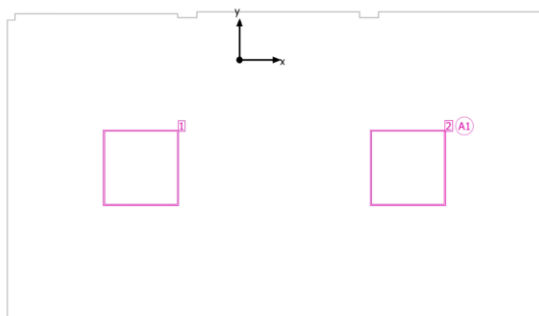


Figura 6.32 – Posicionamento das luminárias no gabinete da presidência.

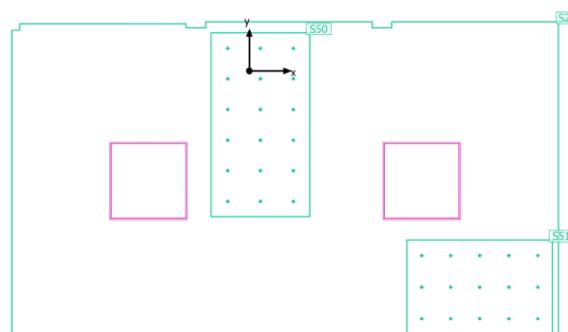


Figura 6.33 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR no gabinete da presidência.

Na figura 6.34 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

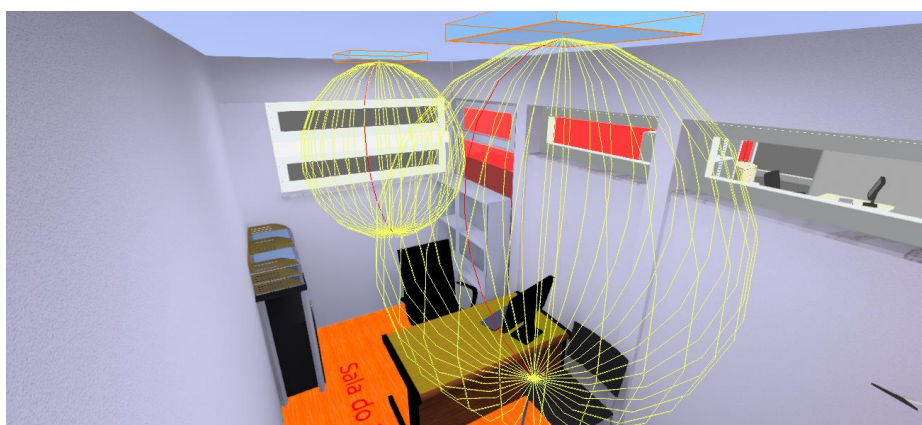


Figura 6.34 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete da presidência.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.10.

Tabela 6.10 – Resultados obtidos para o gabinete da presidência, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
543	17.3	102	11.42	2.11	230

A iluminância média de 543 lx e o UGR máx. de 17.3, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 500 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 19, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.11 W/m²/100lx, cumpre igualmente com

a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “*Escritório individual 1-6 pessoas*” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.35 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.36 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

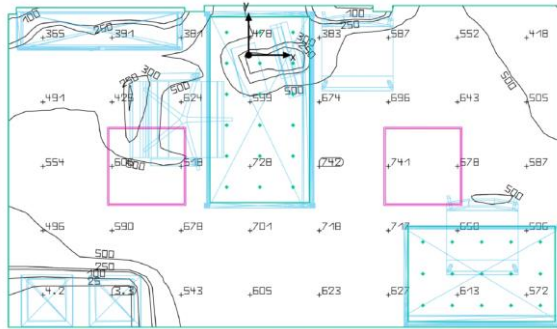


Figura 6.35 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete da presidência.

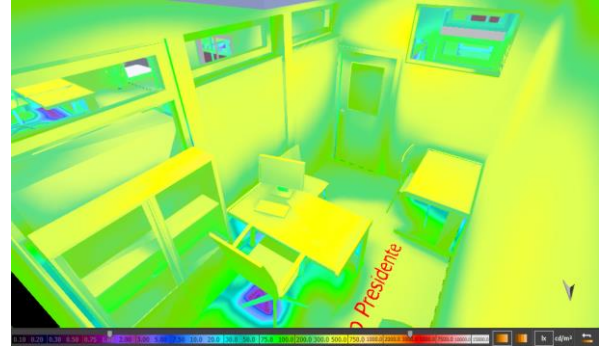


Figura 6.36 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete da presidência.

Nas figuras 6.37 e 6.38 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR. A figura 6.37 corresponde aos resultados do cálculo UGR para a secretária 1, (código S50 na figura 6.33) e a figura 6.38 corresponde aos resultados do cálculo UGR para a secretária 2, (código S51 na figura 6.33).

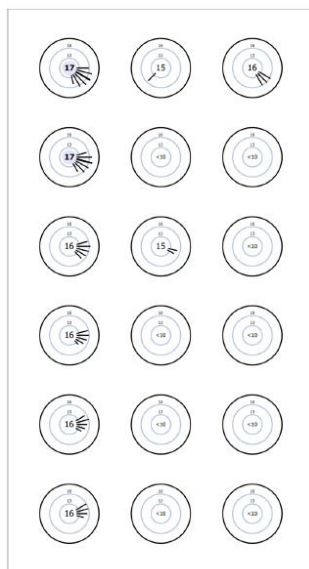


Figura 6.37 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 1 do gabinete da presidência.

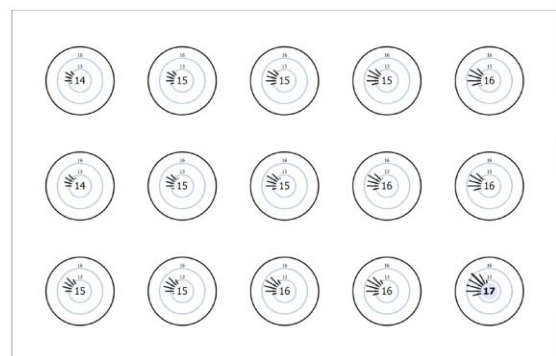


Figura 6.38 – Resultados do cálculo UGR para a secretária 2 do gabinete da presidência.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 221 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 5.43%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.4 SALA DE REUNIÕES

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Escritórios, com aplicação para: Ambientes de conferência e reunião.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 5 luminárias *Morus*. Na figura 6.39 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.40 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho na mesa oval existente na sala.

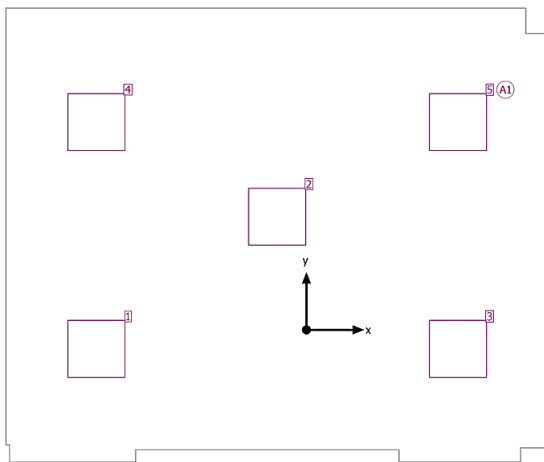


Figura 6.39 – Posicionamento das luminárias na sala de reuniões.

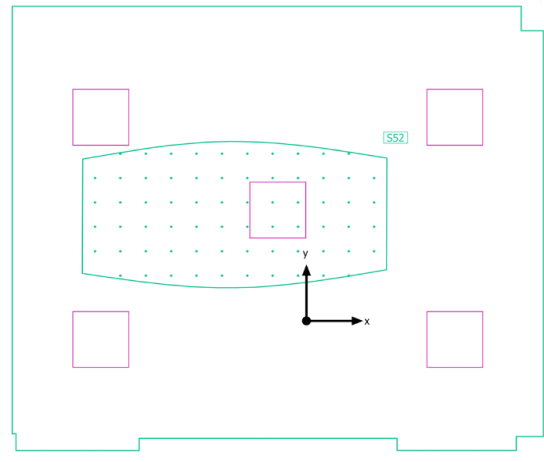


Figura 6.40 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala de reuniões.

Na figura 6.41 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

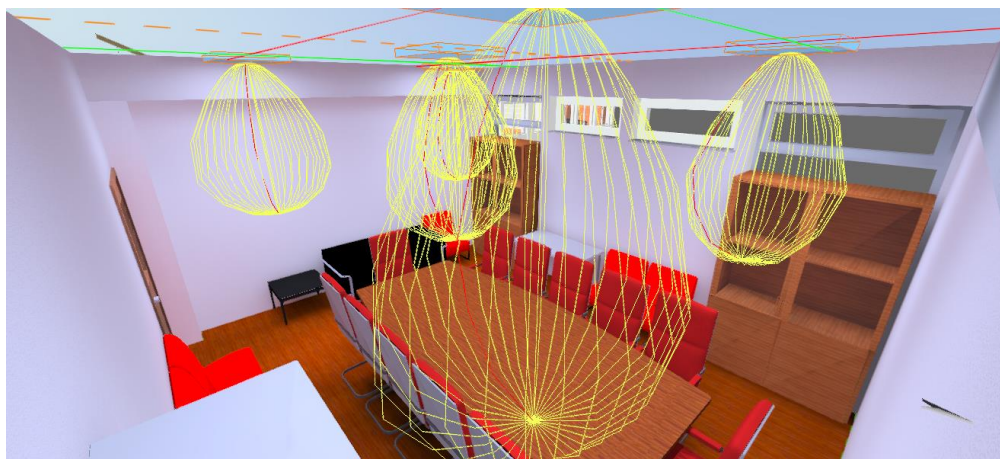


Figura 6.41 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de reuniões.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Resultados obtidos para a sala de reuniões, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
516	18.9	200	7.56	1.47	390

A iluminância média de 516 lx e o UGR máx. de 18.9, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 500 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 19, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.11 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “*Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios*” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.42 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.43 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

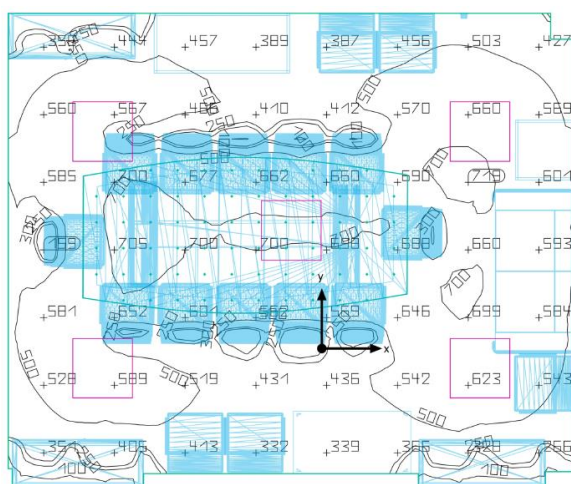


Figura 6.42 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala de reuniões.

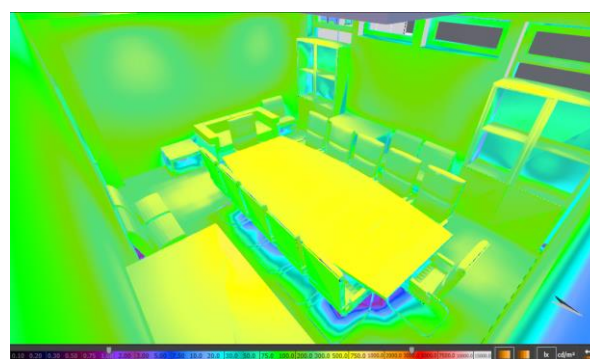


Figura 6.43 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de reuniões.

Na figura 6.44 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR na mesa oval, com o código S52 na figura 6.40.

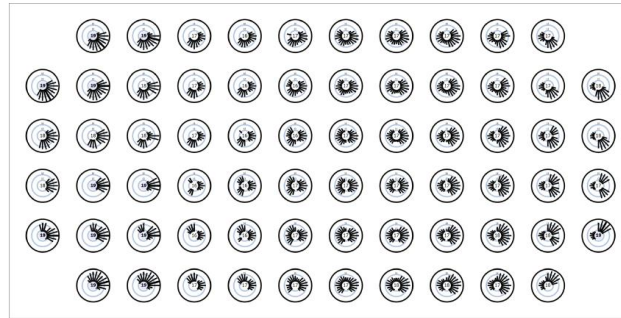


Figura 6.44 – Resultados do cálculo UGR para a mesa oval, da sala de reuniões.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 516 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 5.16%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

É recomendado que se retire os armários junto às janelas existentes na sala, pois são uma obstrução à passagem de luz natural. Como forma de manter a privacidade do espaço, é aconselhável que se aplique uma película com alguma transparência, deixando assim que a luz natural penetre na sala com maior incidência.

6.1.3.5 COPA

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Ambientes de armazenamento e refrigeração, com aplicação para: Ambientes de depósito e armazenamento.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 1 lâmpada *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integrando a régua já existente na sala. Na figura 6.45 pode ser visualizado o posicionamento da luminária no espaço.

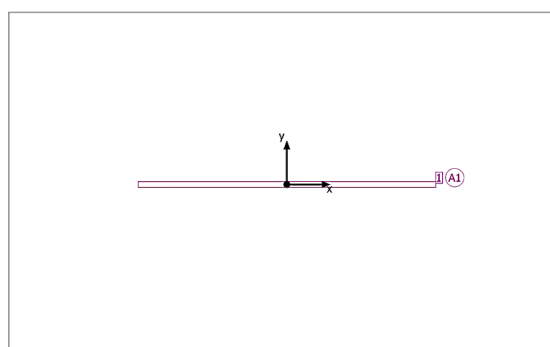


Figura 6.45 – Posicionamento da luminária na copa.

Na figura 6.46 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

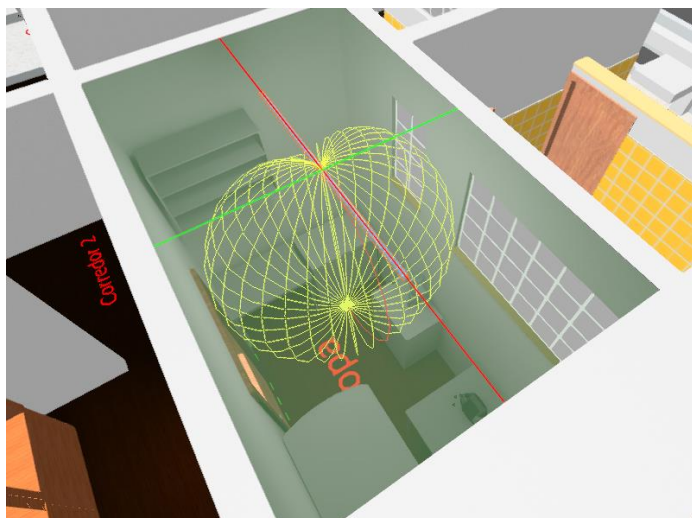


Figura 6.46 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da copa.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.12.

Tabela 6.12 – Resultados obtidos para a copa, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
114	20	4.12	3.61	3

A iluminância média de 114 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 3.61 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, como o espaço é muito pequeno, com valores insignificantes, e tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 3.61 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.47 pode ser visualizado a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.48 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

111

Na figura 6.50 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

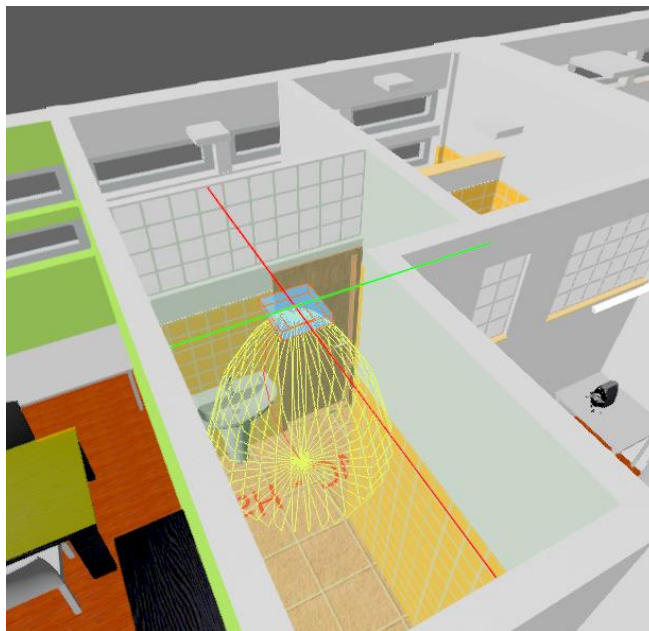


Figura 6.50 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do *hall* do WC.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.13.

Tabela 6.13 – Resultados obtidos para o *hall* do WC, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
248	26	7.38	2.97	29

A iluminância média de 248 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.97 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.51 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.52 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

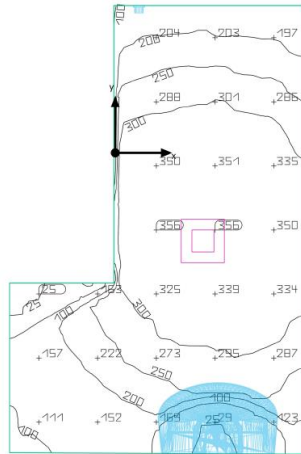


Figura 6.51 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isométricas no *hall* do WC.

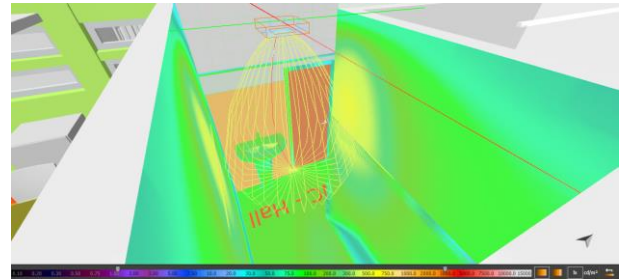


Figura 6.52 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminação no *hall* do WC.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.6.2 WC FEMININO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Áreas gerais dentro de edificações – Ambientes de descanso, primeiros socorros e sanitários, com aplicação para: Vestiários, lavabos, casas de banho e toaletes.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 1 luminária *G4 Surface*, versão *smart*, de 12 W. Na figura 6.53 pode ser visualizado o posicionamento da luminária no espaço.

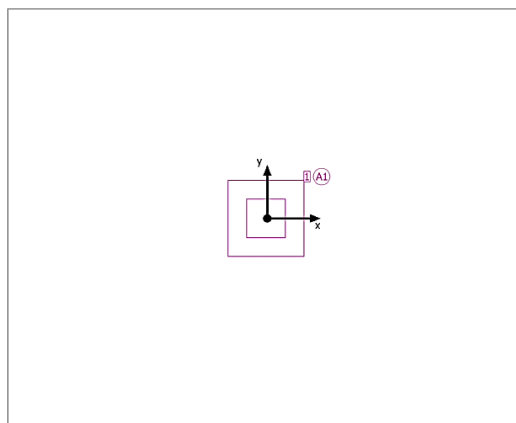


Figura 6.53 – Posicionamento da luminária no WC feminino.

Na figura 6.54 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

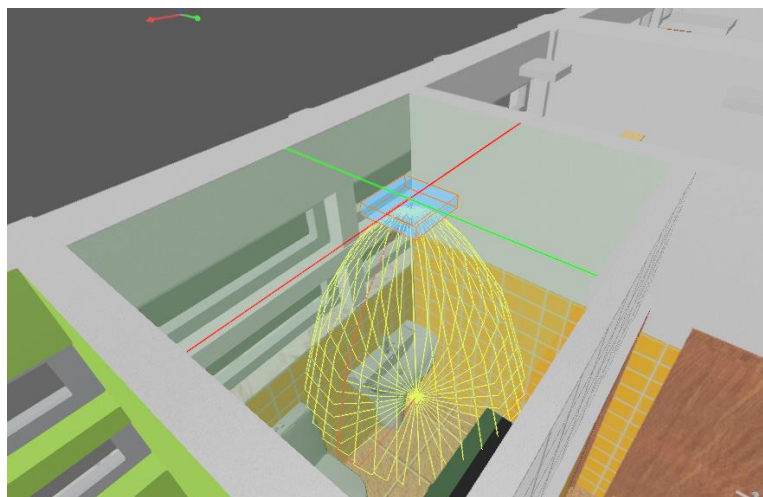


Figura 6.54 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do WC feminino.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.14.

Tabela 6.14 – Resultados obtidos para o WC feminino, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
220	12	4.61	2.10	12

A iluminância média de 220 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.10 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.55 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.56 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

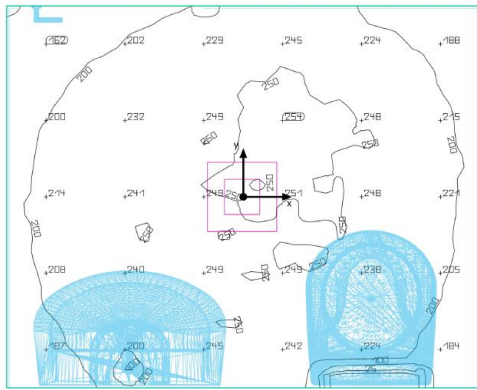


Figura 6.55 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no WC feminino.

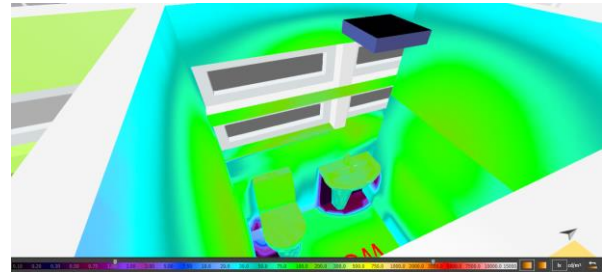


Figura 6.56 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no WC feminino.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 220 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 2.20%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.6.3 WC MASCULINO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Áreas gerais dentro de edificações – Ambientes de descanso, primeiros socorros e sanitários, com aplicação para: Vestiários, lavabos, casas de banho e toaletes.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 luminárias *G4 Surface*, versão *smart*, de 12 W (luminária 2) e 26 W (luminária 1). Na figura 6.57 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

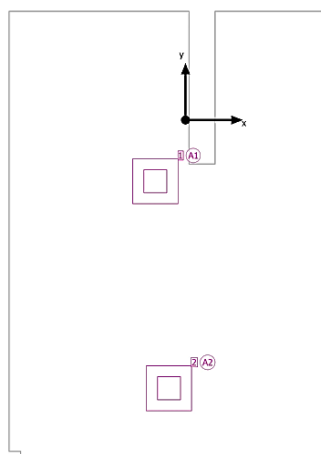


Figura 6.57 – Posicionamento das luminárias no WC masculino.

Na figura 6.58 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

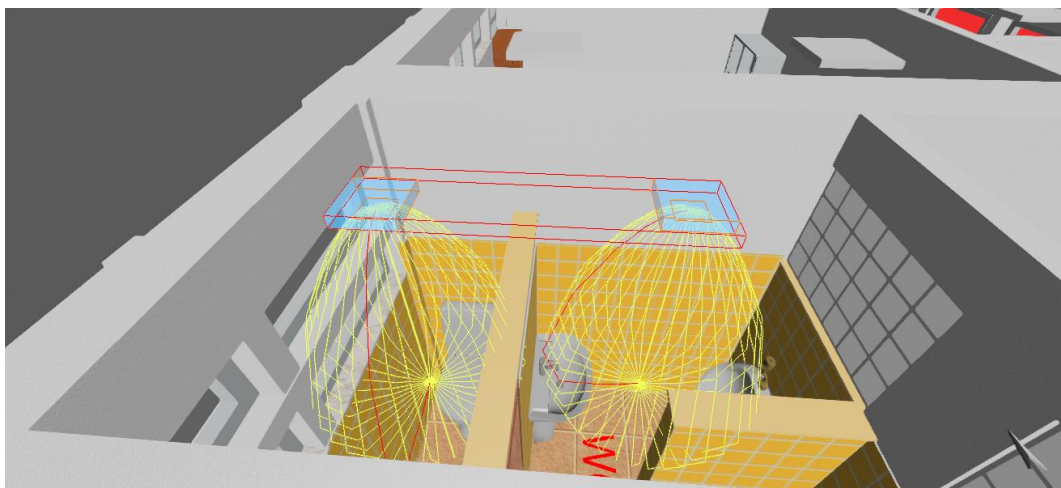


Figura 6.58 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do WC masculino.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.15.

Tabela 6.15 – Resultados obtidos para o WC masculino, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m²]	Densidade de Potência Relativa [W/m²/100lx]	Consumo anual [kWh/a]
231	38	8.46	3.67	41

A iluminância média de 231 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 3.67 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.59 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.60 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

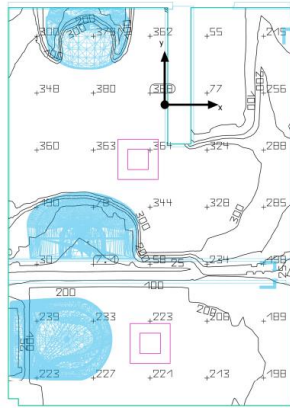


Figura 6.59 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no WC masculino.

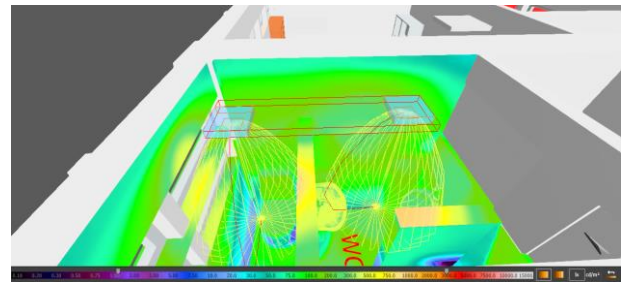


Figura 6.60 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no WC masculino.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 231 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 2.31%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.7 SALA DA DIREÇÃO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Locais de formação, com aplicação para: Ambientes comunitários para alunos e estudantes, ambientes de reunião.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 luminárias *Morus*. Na figura 6.61 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.62 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho na mesa existente na sala.

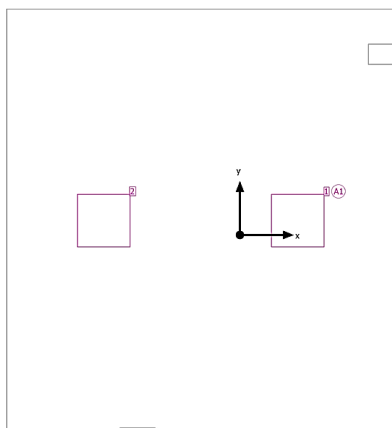


Figura 6.61 – Posicionamento das luminárias na sala da direção.

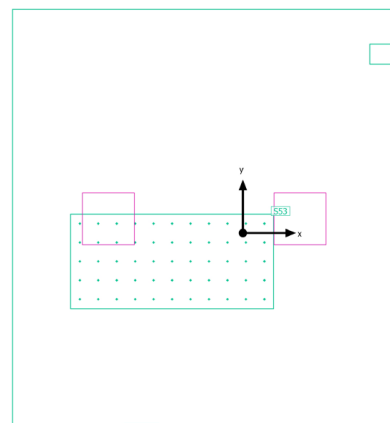


Figura 6.62 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala da direção.

Na figura 6.63 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

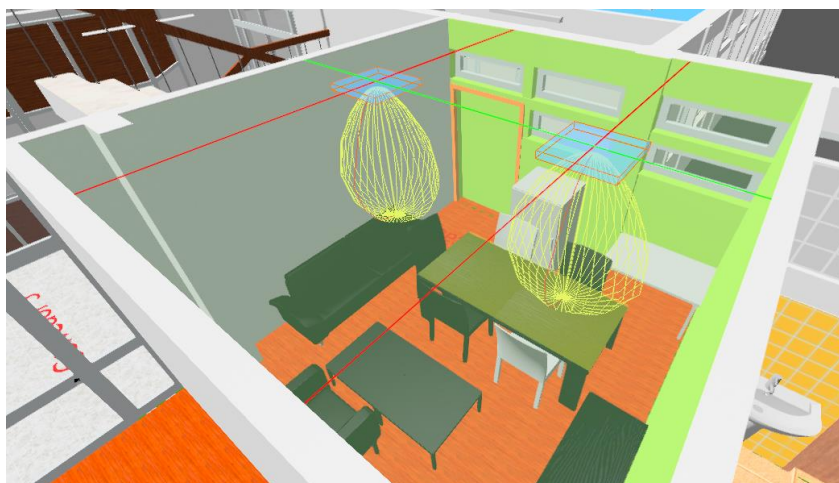


Figura 6.63 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala da direção.

Através da simulação, para um plano de trabalho de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.16.

Tabela 6.16 – Resultados obtidos para a sala de direção, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m²]	Densidade de Potência Relativa [W/m²/100lx]	Consumo anual [kWh/a]
285	21	80	3.78	1.33	150

A iluminância média de 285 lx e o UGR máx. de 21, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 22, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.33 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “*Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios*” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.64 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.65 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

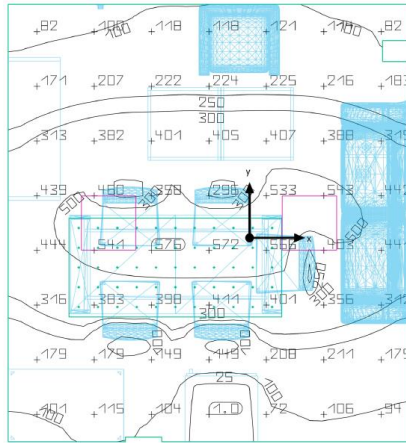


Figura 6.64 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na sala da direção.

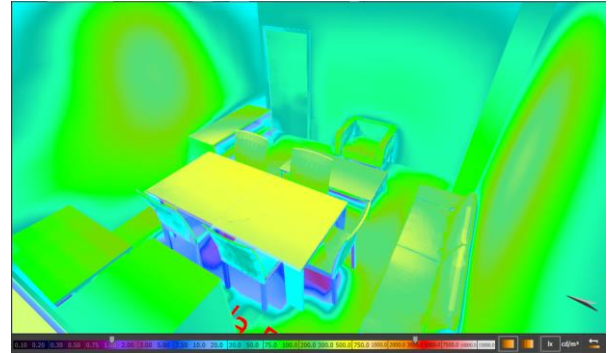


Figura 6.65 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala da direção.

Na figura 6.66 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR, para a mesa, com o código S53 na figura 6.62.

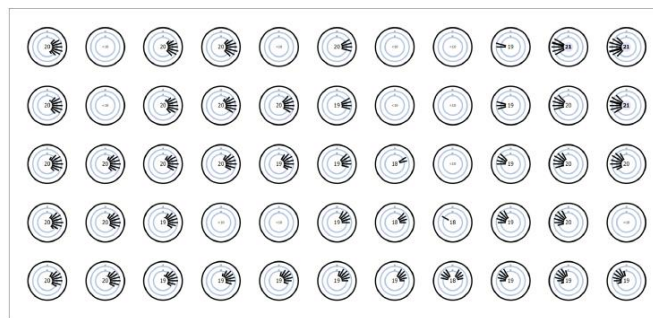


Figura 6.66 – Resultados do cálculo UGR para a mesa da sala da direção.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 285 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 2.85%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.8 ARQUIVO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Escritórios, com aplicação para: Arquivos.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 1 luminária *Coreline Calha*, do tipo suspensa, posicionada a 30 cm do teto. Na figura 6.67 pode ser visualizado o posicionamento da luminária no espaço.

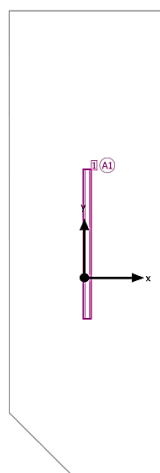


Figura 6.67 – Posicionamento da luminária no arquivo.

Na figura 6.68 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

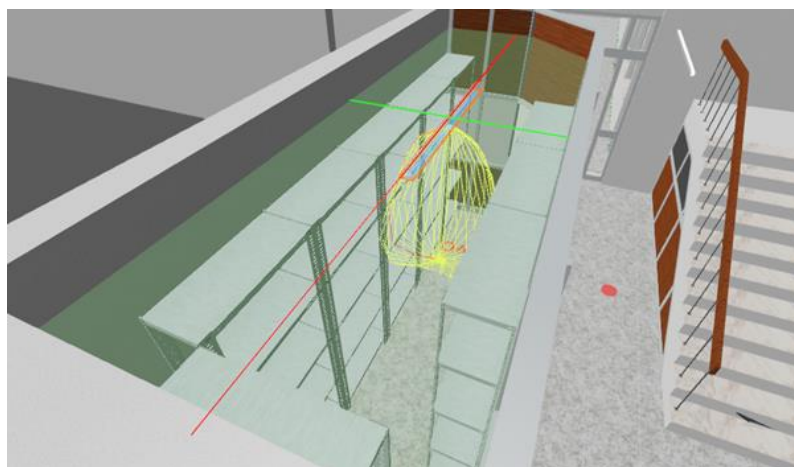


Figura 6.68 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do arquivo.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.17.

Tabela 6.17 – Resultados obtidos para o arquivo, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
207	32	3.50	1.69	5

A iluminância média de 207 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 200 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.69 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares (2), salas técnicas

(centros de dados, fotocópias e similares), parques de estacionamento interiores” obriga até a um máximo de $3.4 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.69 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.70 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

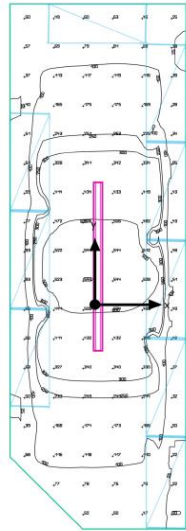


Figura 6.69 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no arquivo.

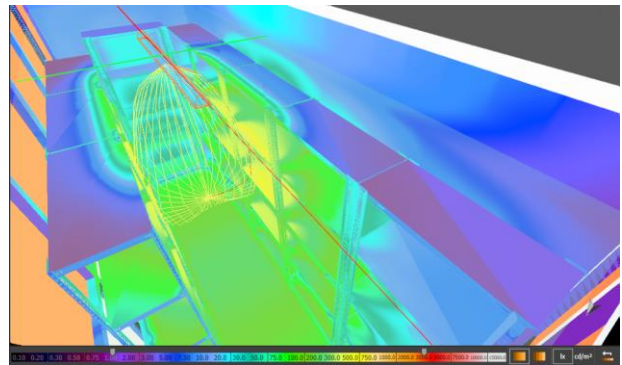


Figura 6.70 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no arquivo.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.9 GABINETE DE IMAGEM E COMUNICAÇÃO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Áreas gerais dentro de edificações – Ambientes de armazenamento e refrigeração, com aplicação para: Ambientes de depósitos e armazenamento.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integradas em réguas. Na figura 6.71 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

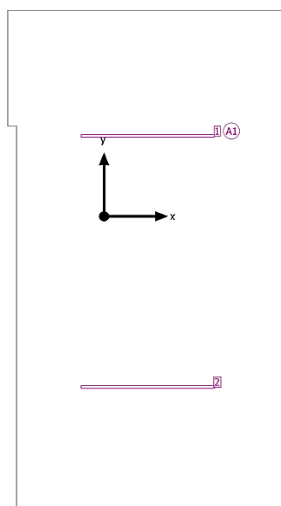


Figura 6.71 – Posicionamento das luminárias no gabinete de imagem e comunicação.

Na figura 6.72 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

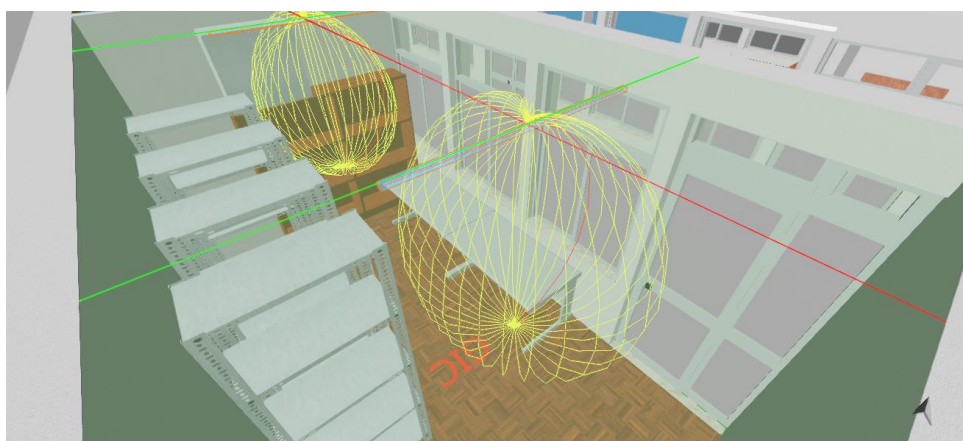


Figura 6.72 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete de imagem e comunicação.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.18.

Tabela 6.18 – Resultados obtidos para o gabinete de imagem e comunicação, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
115	40	2.30	2.01	7

A iluminância média de 115 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.01 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de

“Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares (2), salas técnicas (centros de dados, fotocópias e similares), parques de estacionamento interiores” obriga até a um máximo de $3.4 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.73 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.74 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

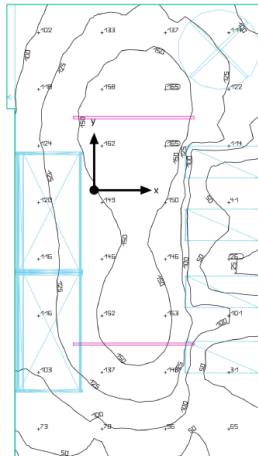


Figura 6.73 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete de imagem e comunicação.

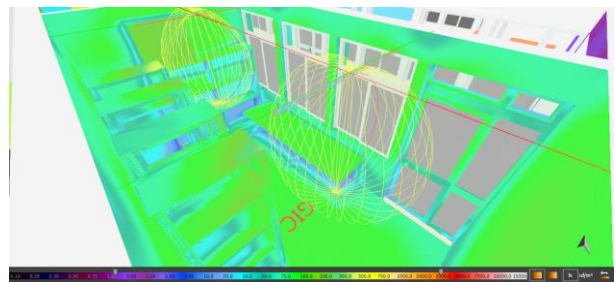


Figura 6.74 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete de imagem e comunicação.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois embora existam 3 janelas, nenhuma delas tem ligação ao exterior do edifício.

6.1.3.10 GABINETE DE EMPREGO E SAÍDAS PROFISSIONAIS

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Escritórios, com aplicação para: Ambientes de conferência e reunião.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 6 luminárias *Morus*. Na figura 6.75 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.76 podem ser visualizados as superfícies e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho na mesa existente na sala.

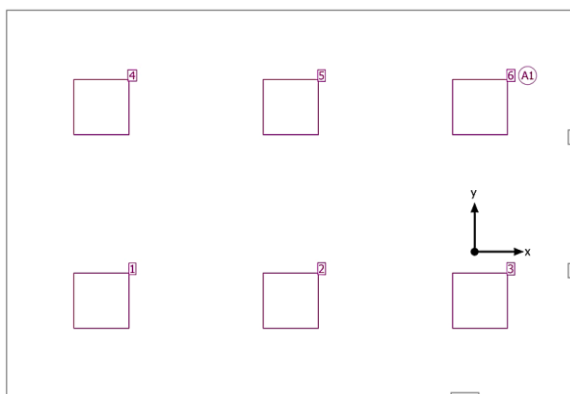


Figura 6.75 – Posicionamento das luminárias no gabinete de emprego e saídas profissionais.

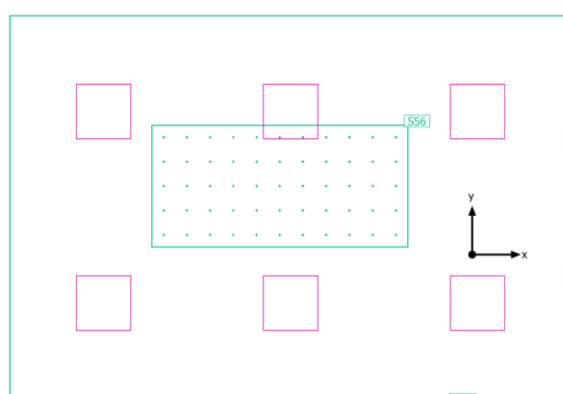


Figura 6.76 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR no gabinete de emprego e saídas profissionais.

Na figura 6.77 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

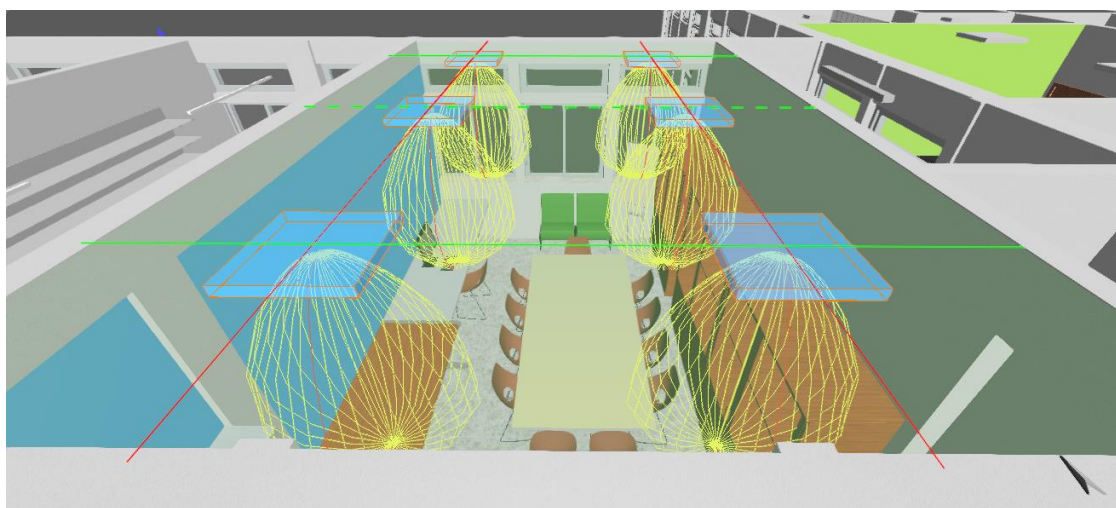


Figura 6.77 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do gabinete de emprego e saídas profissionais.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.19.

Tabela 6.19 – Resultados obtidos para o gabinete de emprego e saídas profissionais, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
560	12.8	240	9.29	1.66	460

A iluminância média de 560 lx e o UGR máx. de 12.8, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 500 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 19, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.66 W/m²/100lx, cumpre igualmente

com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “*Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio, salas de reuniões/conferências/auditórios*” obriga até a um máximo de 2.4 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.78 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.79 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

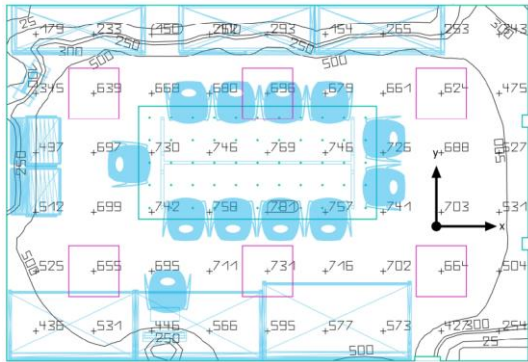


Figura 6.78 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no gabinete de emprego e saídas profissionais.

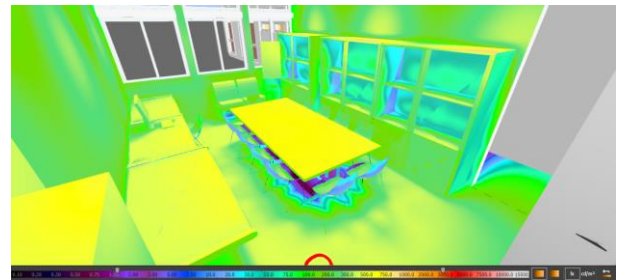


Figura 6.79 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no gabinete de emprego e saídas profissionais.

Na figura 6.80 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR na mesa, com o código S56 na figura 6.76.



Figura 6.80 – Resultados do cálculo UGR para a mesa do gabinete de emprego e saídas profissionais.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 560 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 5.60%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.11 SALA DA MANUTENÇÃO

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Ambientes de armazenamento e refrigeração, com aplicação para: Ambientes de depósito e armazenamento.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 1 lâmpada *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integrada em régua. Na figura 6.81 pode ser visualizado o posicionamento da luminária no espaço.

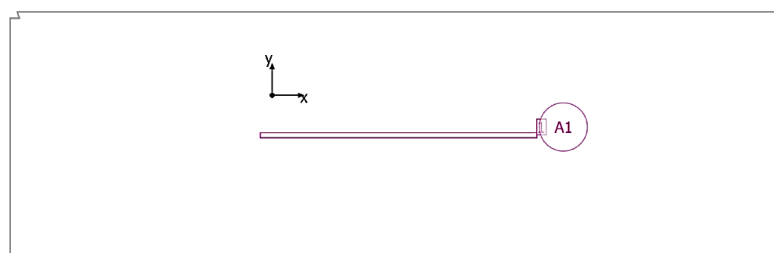


Figura 6.81 – Posicionamento da luminária na manutenção.

Na figura 6.82 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

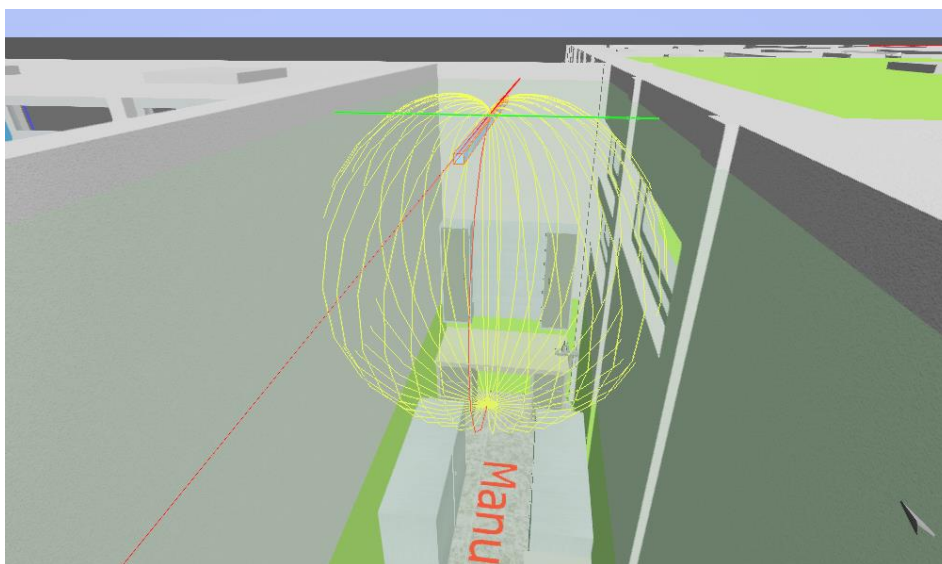


Figura 6.82 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da manutenção.

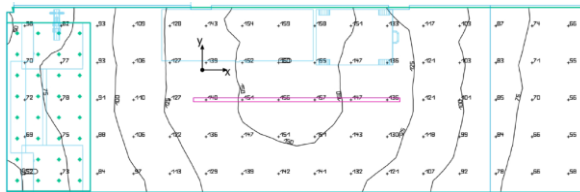
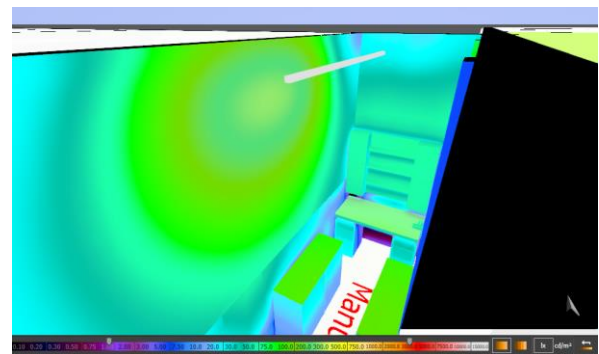
Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.20.

Tabela 6.20 – Resultados obtidos para a manutenção, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
109	20	3.56	3.26	3

A iluminância média de 109 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 3.26 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, como o espaço é muito pequeno, com valores insignificantes, e tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 3.26 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.83 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.84 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.


Figura 6.83 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na manutenção.

Figura 6.84 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na manutenção.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.12 SECÇÃO DE EVENTOS

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Ambientes de armazenamento e refrigeração, com aplicação para: Ambientes de depósito e armazenamento.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 24 W, integradas em régua. Na figura 6.85 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

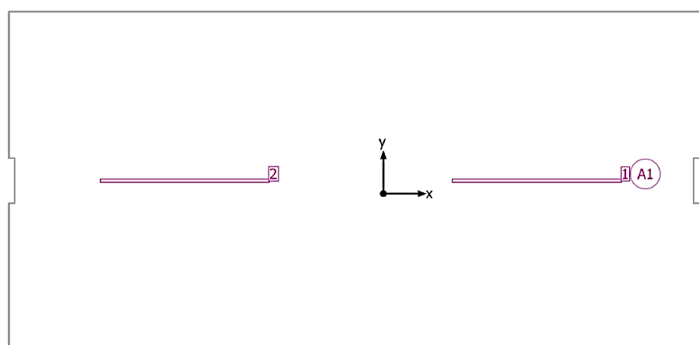


Figura 6.85 – Posicionamento da luminária na secção de eventos.

Na figura 6.86 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluída no modelo de simulação.

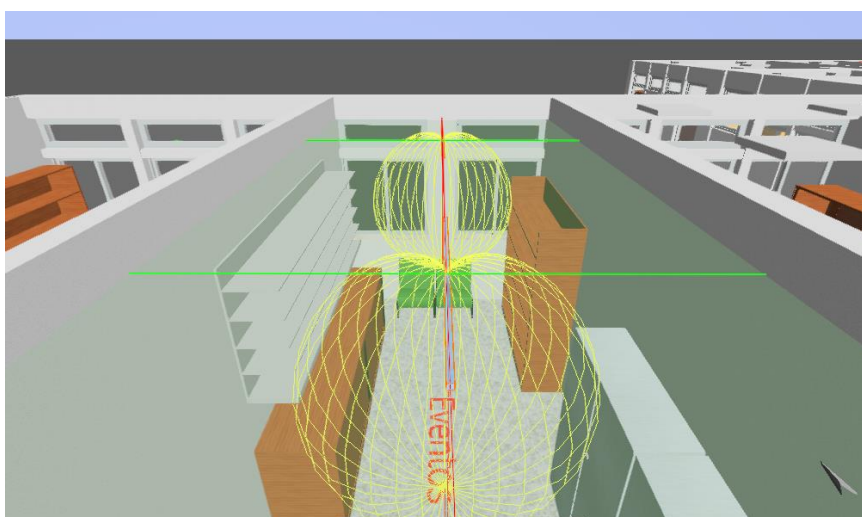


Figura 6.86 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da secção de eventos.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.21.

Tabela 6.21 – Resultados obtidos para a secção de eventos, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
121	48	2.59	2.14	8

A iluminância média de 121 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.14 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, como o espaço é muito pequeno, com valores insignificantes, e

tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de $3.8 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$, o valor de $2.14 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$ foi aceite e validado.

Na figura 6.87 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.88 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

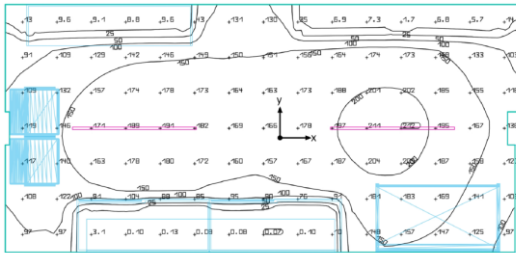


Figura 6.87 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas na secção de eventos.

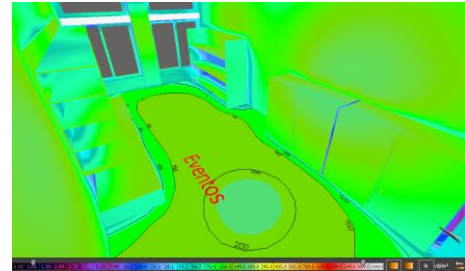


Figura 6.88 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na secção de eventos.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 121 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 1.21%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala poderá ter sombras e alguns contrastes na visualização. A iluminação artificial irá disfarçar a variação da luz natural.

6.1.3.13 SALA DA DISCÓRDIA

6.1.3.13.1 HALL DE ENTRADA DA DISCÓRDIA

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Zonas de tráfego dentro de edificações, com aplicação para: Áreas de tráfego e corredores.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integradas em réguas. Na figura 6.89 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.90 pode ser visualizado o ponto de cálculo para o UGR, que foi calculado para um ponto, à altura de 1.70 m, na zona de lançamento de dardos, com o objetivo de perceber se o sistema de iluminação ofusca a visão à pessoa que irá lançar os dardos.

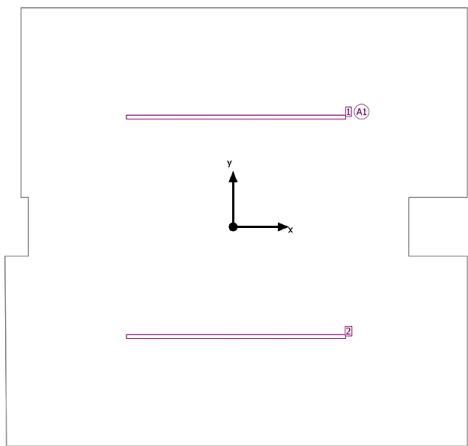


Figura 6.89 – Posicionamento da luminária no *hall* de entrada da discórdia.



Figura 6.90 – Ponto de cálculo para o UGR no *hall* de entrada da discórdia.

Na figura 6.91 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

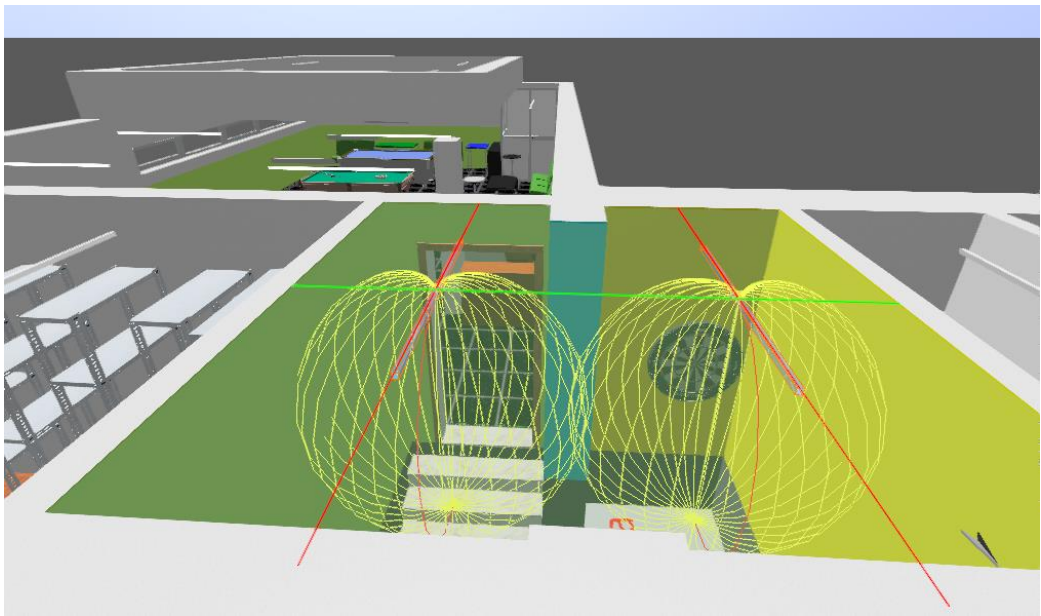


Figura 6.91 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do *hall* de entrada da discórdia.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.22.

Tabela 6.22 – Resultados obtidos para o *hall* de entrada da discórdia, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m²]	Densidade de Potência Relativa [W/m²/100lx]	Consumo anual [kWh/a]
125	22.1	20	4.39	3.52	44

A iluminância média de 125 lx e o UGR de 22.1, cumprem com o descrito na norma EN 12464- 1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 28, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 3.52 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, como o espaço é muito pequeno, com valores insignificantes, e tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 3.52 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.92 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.93 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

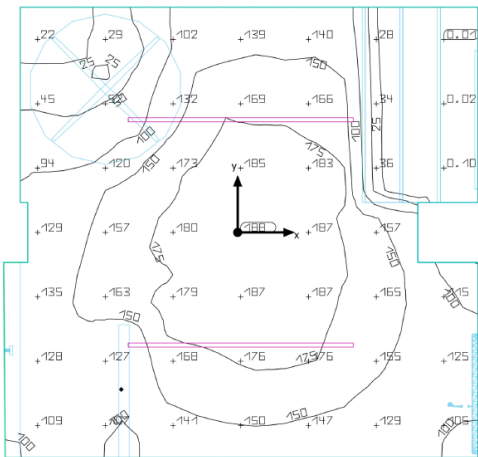


Figura 6.92 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no hall de entrada da discórdia.

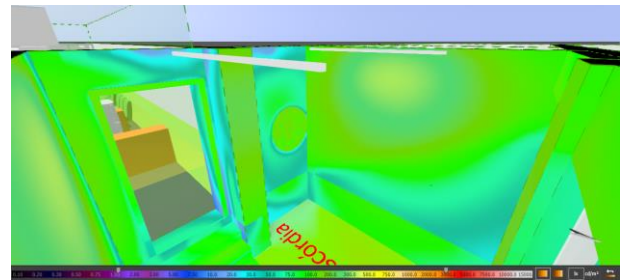


Figura 6.93 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no hall de entrada da discórdia.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois embora exista 1 janela, esta não tem ligação ao exterior do edifício.

6.1.3.13.2 SALÃO DE JOGOS DISCÓRDIA

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Locais de formação, com aplicação para: Sala didática.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 9 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 24 W, integradas em régua e 3 luminárias *PlainView*, para iluminação direta das 3 mesas de bilhar, existentes na sala. Na figura 6.94 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

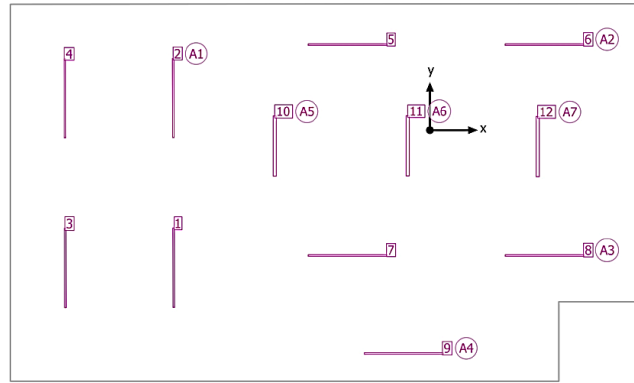


Figura 6.94 – Posicionamento da luminária no salão de jogos discórdia.

No que diz respeito à segregação dos sistemas de iluminação, foram projetados 7 grupos:

- A1 com as luminárias 1, 2, 3, 4;
- A2 com as luminárias 5 e 6;
- A3 com as luminárias 7 e 8;
- A4 com a luminária 9;
- A5 com a luminária 10;
- A6 com a luminária 11;
- A7 com a luminária 12;

Esta segregação tem como objetivo operar independentemente os diferentes grupos, através de comutadores on / off, e reduzir consumos desnecessários. Esta segregação foi projetada da forma anteriormente referida, para que:

1. A1 e A4, só estejam ligados, assim que se justifiquem;
2. A2 e A3, possam ser operados independentemente, uma vez que o sistema A3 está posicionado junto a janelas, proporcionando assim que A3 esteja desligado sempre que exista luz natural;
3. A5, A6 e A7, as luminárias só estejam ligadas quando se está a realizar um jogo na mesa de bilhar respetiva.

Na figura 6.95 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

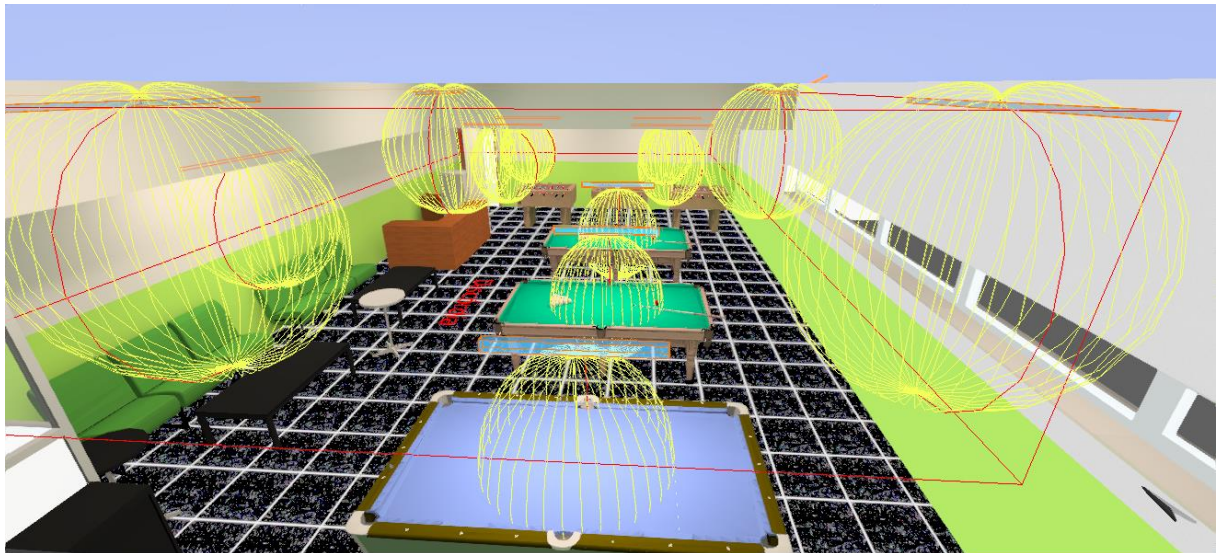


Figura 6.95 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do salão de jogos discórdia.

Através da simulação, para um plano de trabalho de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.23.

Tabela 6.23 – Resultados obtidos para o salão de jogos discórdia, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m²]	Densidade de Potência Relativa [W/m²/100lx]	Consumo anual [kWh/a]
314	336	5.51	1.75	660

A iluminância média de 314 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 300 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.75 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 1.75 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.96 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.97 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

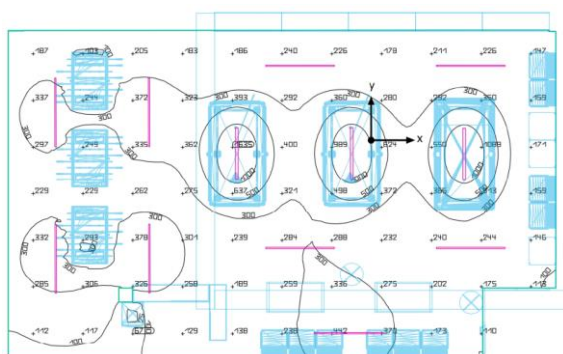


Figura 6.96 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no salão de jogos discórdia.

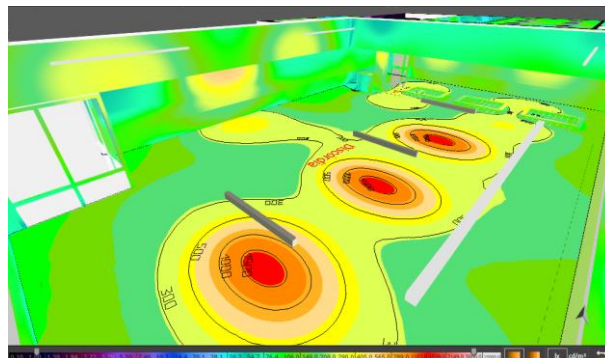


Figura 6.97 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no salão de jogos discórdia.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 314 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 3.14%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala tem boas condições visuais.

6.1.3.14 SALA DA SECÇÃO CULTURAL

6.1.3.14.1 SALA DE APOIO À CULTURAL

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Ambientes de armazenamento e refrigeração, com aplicação para: Ambientes de depósito e armazenamento.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 1 lâmpada *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1200 mm, 14 W, integrada em régua. Na figura 6.98 pode ser visualizado o posicionamento da luminária no espaço.

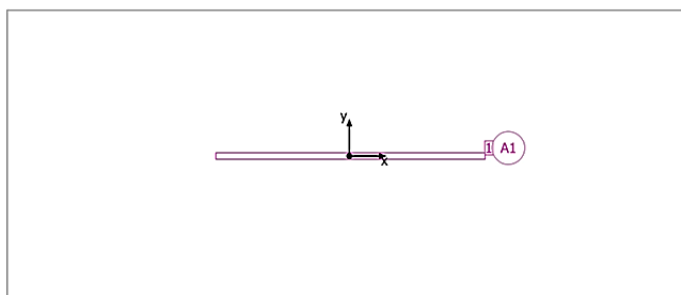


Figura 6.98 – Posicionamento da luminária na sala de apoio à cultural.

Na figura 6.99 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz da luminária, já incluída no modelo de simulação.

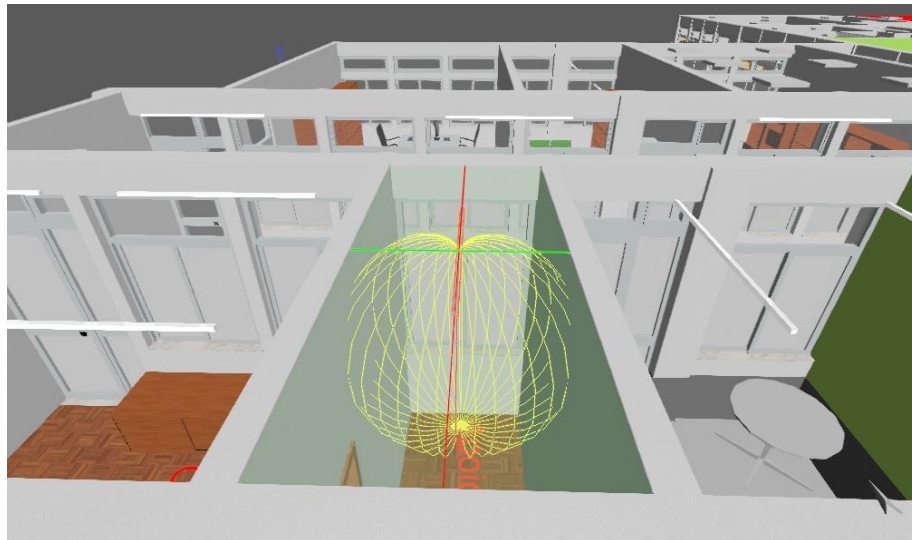


Figura 6.99 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala de apoio à cultural.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.24.

Tabela 6.24 – Resultados obtidos para a sala de apoio à cultural, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
124	14	3.53	2.86	2

A iluminância média de 124 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.86 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, como o espaço é muito pequeno, com valores insignificantes, e tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 2.86 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.100 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.101 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

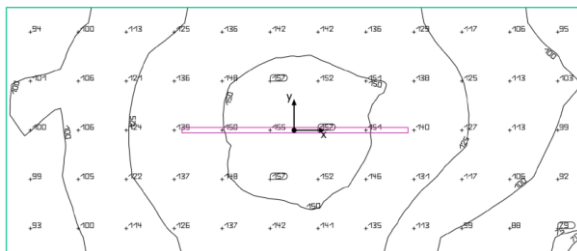


Figura 6.100 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isométricas na sala de apoio à cultural.

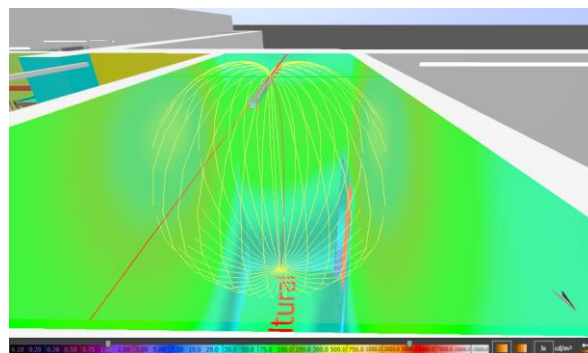


Figura 6.101 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância na sala de apoio à cultural.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.14.2 SALA PRINCIPAL DA SECÇÃO CULTURAL

Para este tipo de sala, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Locais de formação, com aplicação para: Ambientes para ensaios musicais.

Para o sistema de iluminação nesta sala, foi projetado um sistema com 4 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integradas em régua. Na figura 6.102 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como na figura 6.103 pode ser visualizada a superfície e pontos de cálculo para o UGR, que foi calculado para a área de trabalho na secretária existente na sala.

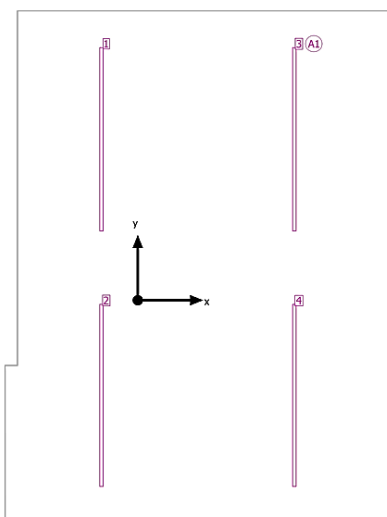


Figura 6.102 – Posicionamento das luminárias na sala principal da secção cultural.

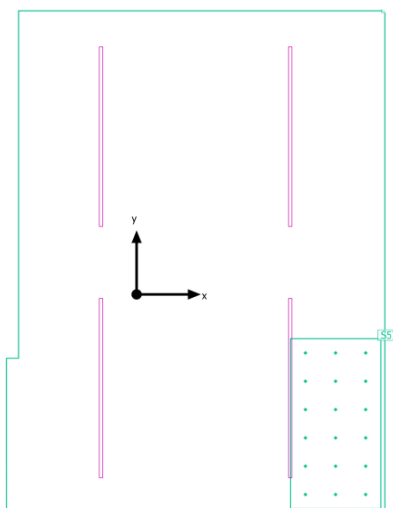


Figura 6.103 – Superfícies e pontos de cálculo para o UGR na sala principal da secção cultural.

Na figura 6.104 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

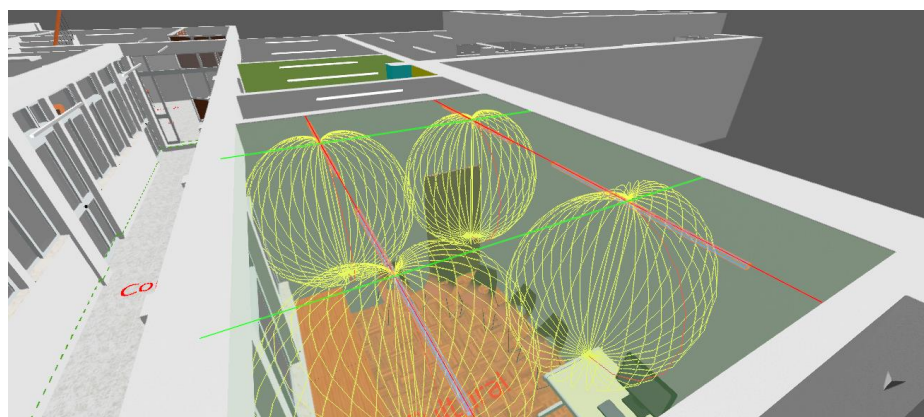


Figura 6.104 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo da sala principal da secção cultural.

Através da simulação, para um plano de uso de 0.80 m, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.25.

Tabela 6.25 – Resultados obtidos para a sala principal da secção cultural, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	UGR máx	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
313	18.6	80	6.18	1.98	110

A iluminância média de 313 lx e o UGR máx. de 18.6, cumprem com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 300 lx no mínimo para a iluminância média e menor de 19, para o UGR. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.98 W/m²/100lx, não existe nada específico na Portaria n.º 349-D/2013, onde se enquadre este tipo de espaço. No entanto, tendo em conta o valor mais elevado para a densidade de potência relativa, especificada na Portaria, que é de 3.8 W/m²/100lx, o valor de 1.98 W/m²/100lx foi aceite e validado.

Na figura 6.105 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.106 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

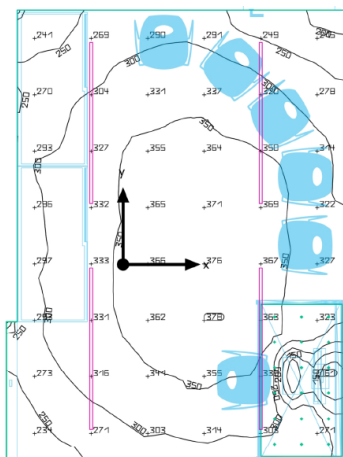


Figura 6.105 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isógrafas na sala principal da secção cultural.

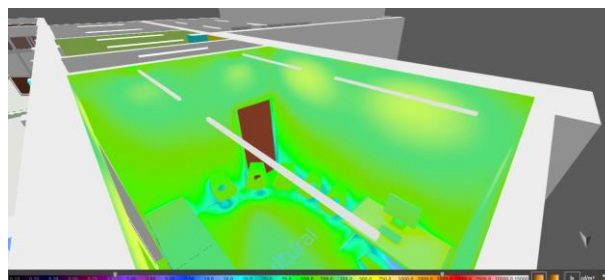


Figura 6.106 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminação na sala principal da secção cultural.

Na figura 6.107 podem ser visualizados os resultados obtidos para os diversos pontos de cálculo do UGR, para a secretária, com o código S57 na figura 6.103.

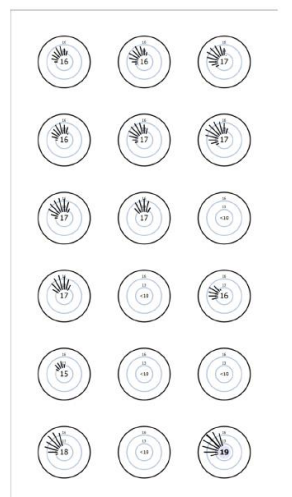


Figura 6.107 – Resultados do cálculo UGR para a secretária da sala principal da secção cultural.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois embora exista 1 janela, esta não tem ligação ao exterior do edifício.

6.1.3.15 ZONAS DE CIRCULAÇÃO

6.1.3.15.1 CORREDOR 1

Para este corredor, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Áreas gerais, com aplicação para: *Hall* de entrada.

Para o sistema de iluminação neste corredor, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integradas em réguas. Na figura 6.108 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como o posicionamento do sensor de movimento, a amarelo, referido no subcapítulo 6.1.1.

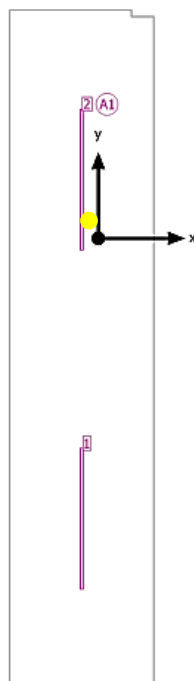


Figura 6.108 – Posicionamento das luminárias e do sensor de movimento no corredor 1.

Na figura 6.109 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

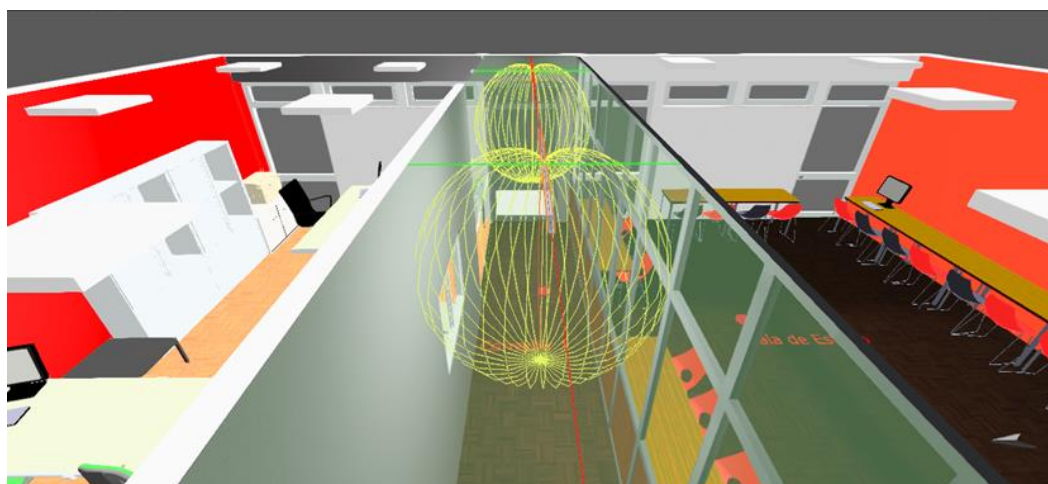


Figura 6.109 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 1.

Através da simulação, para um plano de uso ao nível do chão, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.26.

Tabela 6.26 – Resultados obtidos para o corredor 1, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
111	40	3.65	3.29	66

A iluminância média de 111 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 3.29 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.110 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.111 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

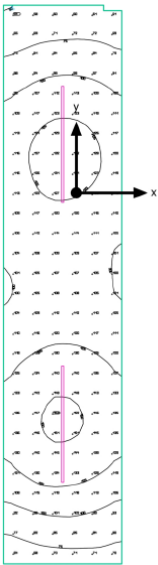


Figura 6.110 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 1

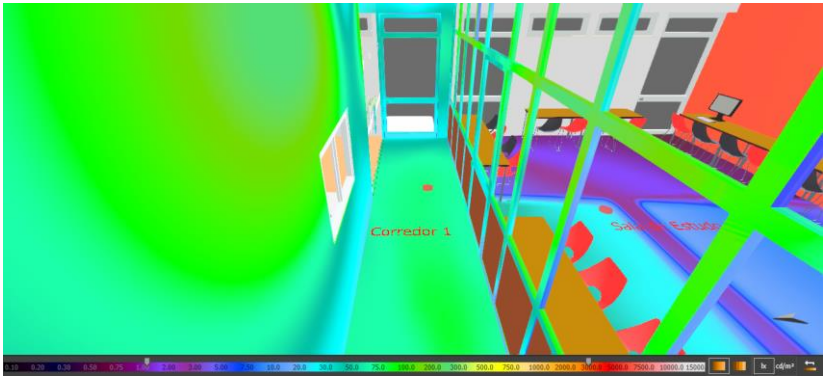


Figura 6.111 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 1.

Na determinação do fator de luz natural, sabendo que a iluminância interior da sala é de 111 lx e utilizando a equação 3.4, obtém-se um fator de luz natural de 1.11%. De acordo com a tabela 3.1, do subcapítulo 3.3.2.2, esta sala poderá ter sombras e alguns contrastes na visualização. A iluminação artificial irá disfarçar a variação da luz natural.

6.1.3.15.2 CORREDOR 2

Para este corredor, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Zonas de tráfego dentro de edificações, com aplicação para: Áreas de tráfego e corredores.

Para o sistema de iluminação neste corredor, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 24 W, integradas em réguas. Na figura 6.112 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço, bem como o posicionamento do sensor de movimento referido no subcapítulo 6.1.1.

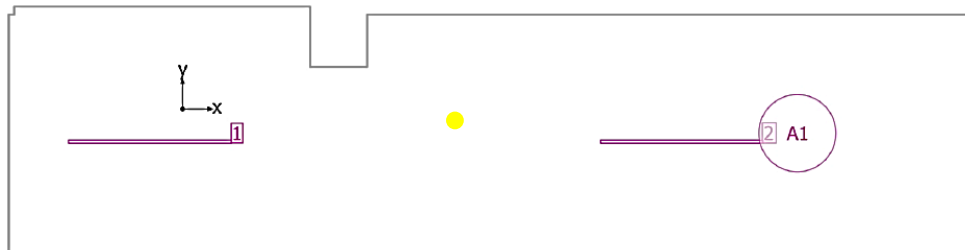


Figura 6.112 – Posicionamento das luminárias e do sensor de movimento no corredor 2.

Na figura 6.113 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

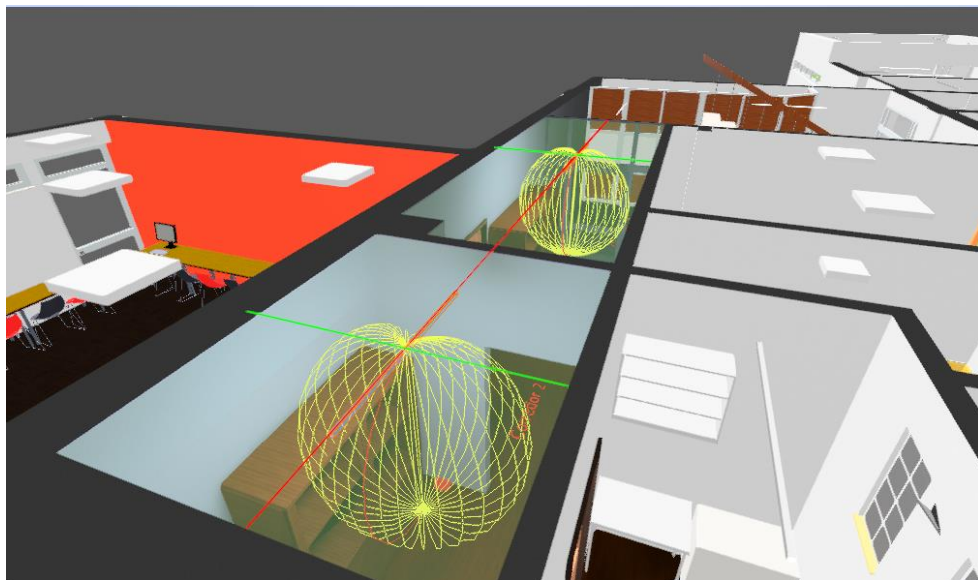


Figura 6.113 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 2.

Através da simulação, para um plano de uso ao nível do chão, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.27.

Tabela 6.27 – Resultados obtidos para o corredor 2, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m²]	Densidade de Potência Relativa [W/m²/100lx]	Consumo anual [kWh/a]
103	48	2.49	2.41	40

A iluminância média de 103 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.41 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.114 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.115 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

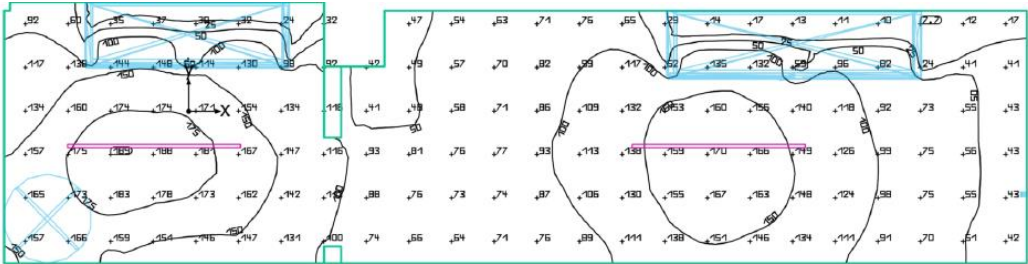


Figura 6.114 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 2.

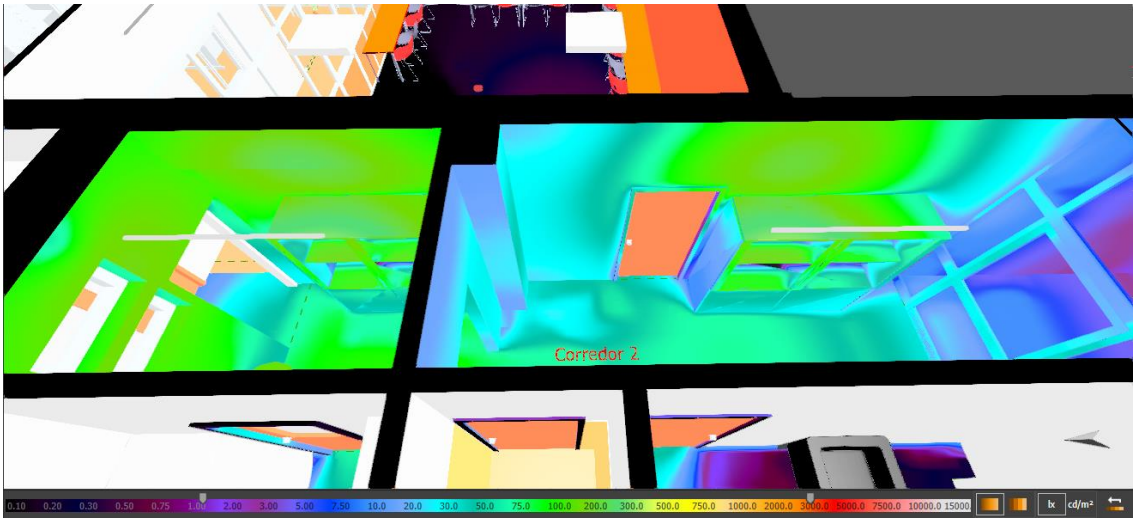


Figura 6.115 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 2.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.15.3 CORREDOR 3

Para este corredor, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Zonas de tráfego dentro de edificações, com aplicação para: Áreas de tráfego e corredores.

Para o sistema de iluminação neste corredor, foi projetado um sistema com 2 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 24 W, integradas em réguas. Na figura 6.116 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

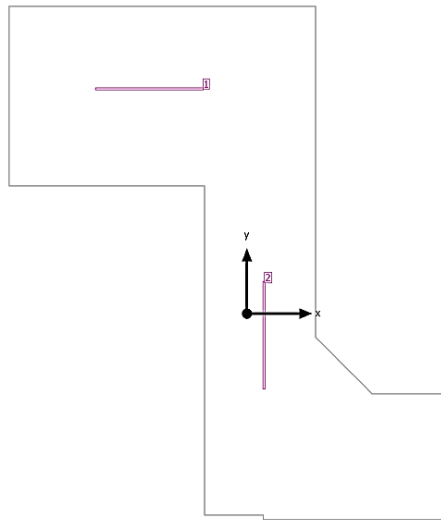


Figura 6.116 – Posicionamento das luminárias no corredor 3.

Na figura 6.117 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

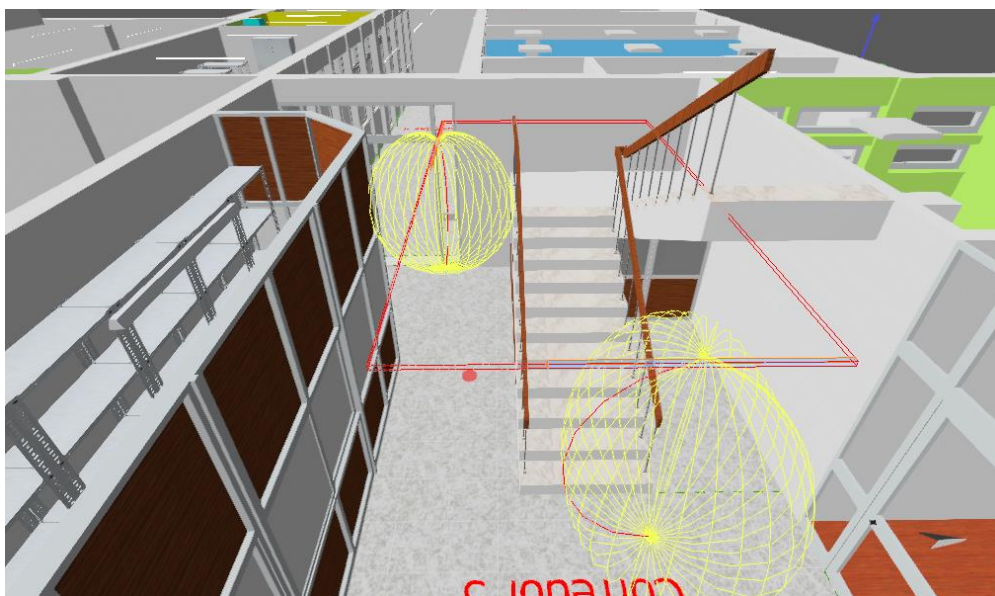


Figura 6.117 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 3.

Através da simulação, para um plano de uso ao nível do chão, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.28.

Tabela 6.28 – Resultados obtidos para o corredor 3, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
111	48	2.23	2.02	40

A iluminância média de 111 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 2.02 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.118 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.119 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

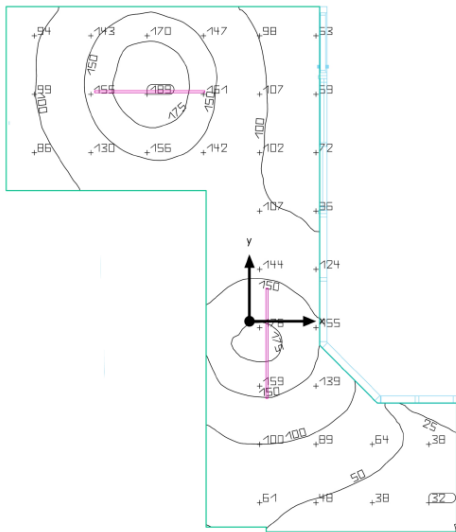


Figura 6.118 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 3.

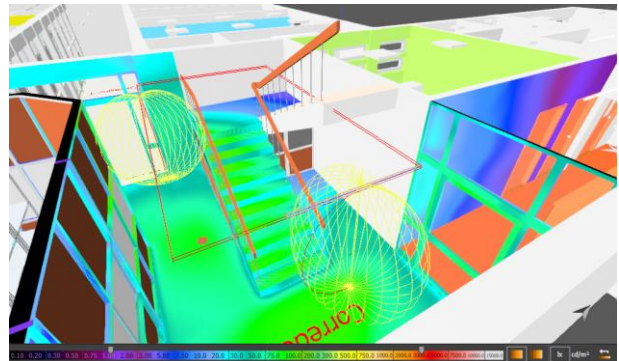


Figura 6.119 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 3.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.1.3.15.4 CORREDOR 4

Para este corredor, foi definido, de acordo com a norma EN 12464-1, um perfil de utilização de: Zonas de tráfego dentro de edificações, com aplicação para: Áreas de tráfego e corredores.

Para o sistema de iluminação neste corredor, foi projetado um sistema com 4 lâmpadas *MASTER LEDtubo InstantFit* de 1500 mm, 20 W, integradas em réguas. Na figura 6.120 pode ser visualizado o posicionamento das luminárias no espaço.

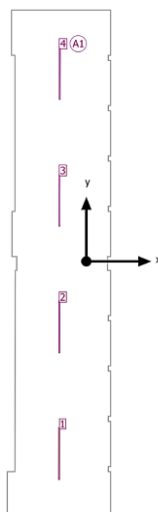


Figura 6.120 – Posicionamento das luminárias no corredor 4.

Na figura 6.121 podem ser visualizadas as curvas de distribuição de luz das luminárias, já incluídas no modelo de simulação.

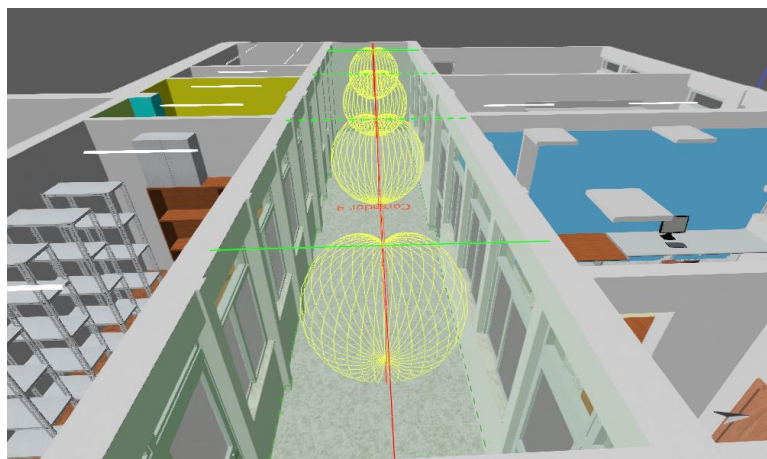


Figura 6.121 – Curvas de distribuição de luz inseridas no modelo do corredor 4.

Através da simulação, para um plano de uso ao nível do chão, foram obtidos os resultados descritos na tabela 6.29.

Tabela 6.29 – Resultados obtidos para o corredor 4, através de simulação em DIALux evo 9.

Iluminância Média [lux]	Potência Instalada [W]	Densidade de Potência [W/m ²]	Densidade de Potência Relativa [W/m ² /100lx]	Consumo anual [kWh/a]
101	80	1.98	1.96	88

A iluminância média de 101 lx, cumpre com o descrito na norma EN 12464-1 que é de 100 lx no mínimo para a iluminância média. Na questão da densidade de potência relativa, que é de 1.96 W/m²/100lx, cumpre igualmente com a Portaria n.º 349-D/2013, que no caso de “Hall/Entradas, Corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3), salas de refeições (exceto restaurantes)” obriga até a um máximo de 3.8 W/m²/100lx. Esta legislação está descrita no subcapítulo 2.1.

Na figura 6.122 pode ser visualizada a iluminância obtida para os diversos pontos de cálculo na sala, bem como as linhas isográficas correspondentes aos níveis de iluminância. Na figura 6.123 podem ser visualizadas as cores falsas relativas à distribuição de iluminância, com o modelo em 3D.

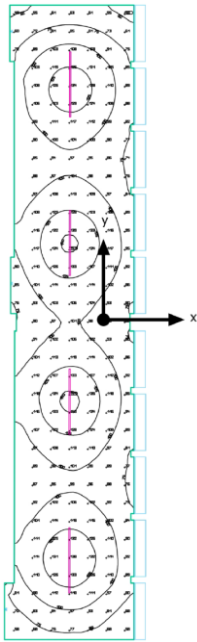


Figura 6.122 – Iluminância obtida nos diversos pontos de cálculo e linhas isográficas no corredor 4.

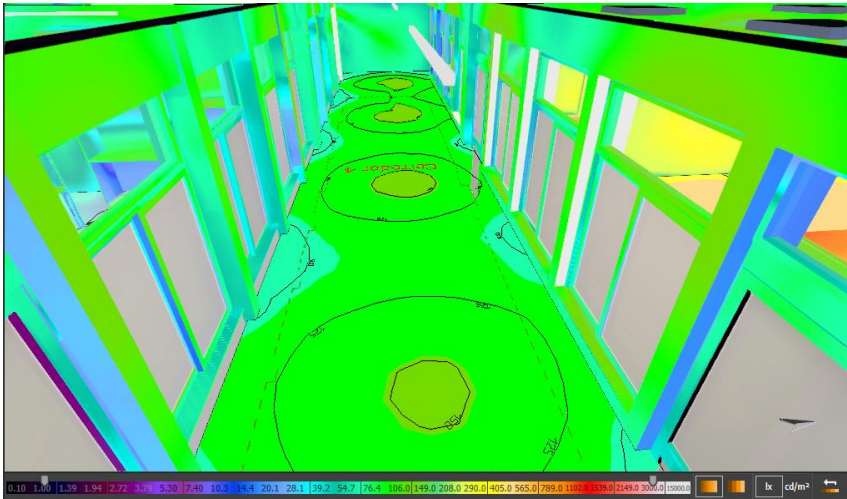


Figura 6.123 – Cores falsas relativas à distribuição de iluminância no corredor 4.

Para esta sala, não foi determinado o fator de luz natural, pois não existe qualquer janela para o exterior.

6.2 RESULTADO E SIMULAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Tendo em conta o trabalho desenvolvido no *Sunny Design*, apresentado no subcapítulo 5.4.1 – Desenvolvimento do trabalho em *Sunny Design*, foram comparadas as duas primeiras simulações em sistema isolado da rede. Posteriormente comparou-se as três simulações em sistema ligado à rede. Após as comparações tomou-se a decisão de qual sistema é mais vantajoso para o caso de estudo em questão.

6.2.1 SISTEMA ISOLADO DA REDE

Na figura 6.124 são apresentados os resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 6 painéis fotovoltaicos.

Quantidade total de módulos FV:	6	Rendimento energético espec.*:	1512 kWh/kWp
Potência de pico:	1,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,00 kW	Energia fotovoltaica utilizada:	2.464,14 kWh
Potência activa CA:	2,00 kW	Percentagem fotovoltaica utilizada:	90,6 %
Relação de potência activa:	111,1 %	Percentagem fotovoltaica no fornecimento de energia (durante o dia):	82,8 %
Energia fotovoltaica disponível máxima*:	2.720,84 kWh	Grau de cobertura solar média anual:	61,9 %
Factor de utilização da energia:	100 %		

Figura 6.124 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 6 painéis fotovoltaicos.

Na figura 6.125 são apresentados os resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 16 painéis fotovoltaicos.

Quantidade total de módulos FV:	16	Rendimento energético espec.*:	1524 kWh/kWp
Potência de pico:	4,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	5,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	5,00 kW	Energia fotovoltaica utilizada:	3.481,16 kWh
Potência activa CA:	5,00 kW	Percentagem fotovoltaica utilizada:	47,6 %
Relação de potência activa:	104,2 %	Percentagem fotovoltaica no fornecimento de energia (durante o dia):	116,7 %
Energia fotovoltaica disponível máxima*:	7.316,24 kWh	Grau de cobertura solar média anual:	90,8 %
Factor de utilização da energia:	100 %		

Figura 6.125 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, isolado da rede, com 16 painéis fotovoltaicos.

Analisando os resultados obtidos para as duas primeiras simulações em rede isolada, observa-se que o parâmetro “*Energia fotovoltaica disponível máxima*” é muito superior no sistema de

16 painéis, mas, no entanto, o parâmetro “*Energia fotovoltaica utilizada*” apenas aumenta em cerca de 1 000 kWh.

Analisando cuidadosamente e recorrendo ao parâmetro “*Percentagem fotovoltaica utilizada*” como termo de comparação decisor, onde se observa que este parâmetro é muito menor no sistema com 16 painéis, comparativamente ao sistema de 6 painéis. Este fator leva à escolha, entre estes dois sistemas, do sistema de 6 painéis, com uma “*Percentagem fotovoltaica utilizada*” de 90.6%. O elevado investimento inicial nos 16 painéis, não compensa, em relação à energia que irá ser utilizada na instalação.

6.2.2 SISTEMA LIGADO À REDE

Na figura 6.126 são apresentados os resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 6 painéis fotovoltaicos.

Quantidade total de módulos FV:	6	Rendimento energético espec.*:	1512 kWh/kWp
Potência de pico:	1,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,00 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	2,00 kW	Autoconsumo:	1.857,77 kWh
Relação de potência activa:	111,1 %	Quota de autoconsumo:	68,3 %
Rendimento energético anual*:	2.720,96 kWh	Taxa de autonomia:	53,2 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	28 t
Rácio de desempenho*:	84,5 %		

Figura 6.126 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 6 painéis fotovoltaicos.

Na figura 6.127 são apresentados os resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 8 painéis fotovoltaicos.

Quantidade total de módulos FV:	8	Rendimento energético espec.*:	1525 kWh/kWp
Potência de pico:	2,40 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,50 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,50 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	2,50 kW	Autoconsumo:	2.137,06 kWh
Relação de potência activa:	104,2 %	Quota de autoconsumo:	58,4 %
Rendimento energético anual*:	3.659,63 kWh	Taxa de autonomia:	61,2 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	37 t
Rácio de desempenho*:	85,2 %		

Figura 6.127 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 8 painéis fotovoltaicos.

Na figura 6.128 são apresentados os resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 12 painéis fotovoltaicos.

Quantidade total de módulos FV:	12	Rendimento energético espec.*:	1526 kWh/kWp
Potência de pico:	3,60 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	3,68 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	3,68 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	3,68 kW	Autoconsumo:	2.400,06 kWh
Relação de potência activa:	102,2 %	Quota de autoconsumo:	43,7 %
Rendimento energético anual*:	5.493,26 kWh	Taxa de autonomia:	68,8 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	56 t
Rácio de desempenho*:	85,3 %		

Figura 6.128 – Resultados obtidos para a simulação de um sistema fotovoltaico, ligado à rede, com 12 painéis fotovoltaicos.

Na tabela 6.30 é realizada uma comparação de parâmetros importantes para uma escolha que se ajuste melhor a este projeto, entre as três simulações do sistema ligado à rede.

Tabela 6.30 – Comparação de parâmetros entre as três simulações de sistemas ligados à rede.

	6	8	12
Custos de eletricidade evitados no primeiro ano (aprox.)	520 €	598 €	672 €
Poupança total após 20 anos	12 146 €	14 446 €	17 316 €
Custos de eletricidade evitados após 20 anos (aprox.)	13 851 €	16 024 €	18 148 €
Compensação por injeção na rede após 20 anos	1 579 €	2 800 €	5 734 €

Período de amortização previsto em anos / Payback (aprox.)	4	5	5
Custos de produção de eletricidade ao longo de 20 anos (aprox.)	0.064 €/kWh	0.063 €/kWh	0.063 €/kWh
Rendimento anual	18.50 %	16.50 %	13.19 %
Investimento total	2 340 €	3 120 €	4 680 €

Comparando as três simulações, o sistema projetado com 6 painéis fotovoltaicos é o mais vantajoso para este caso de estudo. Começando por comparar as “*Quotas de autoconsumo*”, o sistema de 6 painéis evidencia-se pelo seu valor de 68.3 %, comparativamente às outras simulações.

Comparando dados das simulações, demonstrados na tabela 6.30, os parâmetros de período de amortização, rendimento anual e investimento total, são de extrema relevância, para a viabilidade deste projeto. Nestes parâmetros, mais uma vez, a simulação com 6 painéis fotovoltaicos destaca-se em relação às outras simulações, com o investimento inicial e o período de amortização mais baixo e o rendimento anual mais elevado, fatores preponderantes para a escolha num projeto.

Tendo em conta as simulações, anteriormente discutidas e comparadas, o projeto com 6 painéis fotovoltaicos, é o escolhido de entre os sistemas com ligação à rede.

6.2.3 DECISÃO DE TIPO DE SISTEMA

Tendo em consideração a discussão nos subcapítulos 6.2.1 e 6.2.2, a decisão do tipo de sistema a aplicar neste caso de estudo é crucial.

Comparando os dois tipos de sistemas, o sistema isolado da rede terá sempre custos adicionais, mais concretamente com a bateria. O seu custo elevado e a sua manutenção, são fatores relevantes a ter em conta. Por outro lado, no sistema com ligação à rede, a grande vantagem é venda de excedente de energia elétrica à rede. Para se ter uma noção, a bateria projetada no sistema isolado da rede, tem um custo de 2 029 €, quase igual ao investimento inicial para todo o sistema com ligação à rede escolhido, que é de 2 340 €.

Tendo em conta os fatores anteriormente discutidos, para este caso de estudo, o projeto escolhido é o sistema de 6 painéis fotovoltaicos, com ligação à rede.

6.3 INVESTIMENTO INICIAL TOTAL

Na tabela 6.31 pode ser visualizado um orçamento para o investimento total para a aplicação das medidas apresentadas no presente relatório.

Tabela 6.31 – Orçamento para o investimento inicial na aplicação das medidas apresentadas no presente relatório.

Luminárias / Componente	Unidades	Preço por unidade s/IVA	Preço total s/IVA
Morus	19	133.06 €	2 528.14 €
Viva LED	5	274.02 €	1 370.10 €
Radiance LED Surface	2	189.49 €	378.98 €
MASTER LEDtubo InstantFit – 1500 mm 20 W	16	31.75 €	508.00 €
MASTER LEDtubo InstantFit – 1500 mm 24 W	15	34.15 €	512.25 €
MASTER LEDtubo InstantFit – 1200 mm 14 W	1	30.58 €	30.58 €
G4 Surface – 12 W	2	121.77 €	243.54 €
G4 Surface – 26 W	2	184.77 €	369.54 €
CoreLine Calha	1	203.00 €	203.00 €
PlainView	1	217.00 €	217.00 €
Sensor de movimento	2	99.00 €	198.00€
Regulador <i>Dimming</i>	1	111.00 €	111.00 €
Régua 1500 mm	31	1.72 €	53.32 €
Régua 1200 mm	1	1.28 €	1.28 €
Instalação Painéis Fotovoltaicos			2 340 €
Total	Preço sem IVA		9 064.73 €
	Preço com IVA (23%)		11 149.62 €

Capítulo

7

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste capítulo é realizada uma análise ao trabalho desenvolvido neste projeto onde são abordados os objetivos alcançados e possíveis melhorias futuras.

7 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A realidade virtual (RV) proporciona a construção de uma simulação, que usa uma tecnologia de interface entre um utilizador e um sistema, através de recursos gráficos 3D.

A RV pode ser utilizada para aperfeiçoar a aprendizagem dos alunos, sobretudo na educação a distância (EAD), aproximando o aluno dos conteúdos a aprender. O uso da RV tem vários benefícios para os alunos promovendo um envolvimento imediato, uma melhor compreensão de assuntos complexos, aperfeiçoando a apreensão de conteúdos e permitindo aos alunos poderem explorar e aprender mais dinamicamente as matérias.

A RV possibilita que os gestores de projeto vejam as condições em tempo real, permitindo a perceção dos problemas de forma a reagir mais rapidamente. Como a RV permite uma tomada de decisão mais rápida, viabiliza uma melhor tomada de decisão. Proporciona uma compreensão, melhor e mais rápida, das ideias partilhadas, que impossibilita que haja uma má interpretação do projeto.

Os *softwares* especializados foram utilizados na conceção do projeto como forma de imersão em espaços multifacetados, permitindo visualizar os conceitos e características de um determinado modelo de iluminação em formato tridimensional.

Os *softwares* necessários para criar esta experiência do projeto ficaram bastante económicos, pois estes foram disponibilizados gratuitamente. A simulação pode ser usada como uma forma de treino/preparação, neste caso concreto, no campo da engenharia de iluminação.

7.1 CONCLUSÕES

Para garantir uma iluminação adequada a cada espaço, é necessário que os sistemas de iluminação obedeçam a determinados parâmetros. Existem determinadas características que não devem ser descartadas. Aspetos como a luz natural devem ser muito bem pensados e projetados, de forma a que o seu aproveitamento seja máximo.

O projeto luminotécnico deve ser realizado com vista à obtenção de níveis de iluminância adequados ao local e tarefas a desempenhar. Nesse sentido, foram utilizados quatro *softwares* de apoio ao projeto.

No caso do *AutoCAD*, o objetivo de suporte do projeto, nomeadamente em termos de planeamento e preparação da planta em 2D para o *SketchUp*, foi cumprido. Existiram dificuldades na preparação da planta em 2D, nomeadamente na remoção dos chamados pontos críticos. Estes pontos resultam da existência de inúmeros recortes na fachada e ao elevado

número de fenestração. Estas dificuldades exigiram rigor, precisão e sentido de orientação para o trabalho.

No que ao *SketchUp* diz respeito, onde a sua utilização tinha o objetivo de facilitar a fase de edificação e de elevar o rigor do modelo, esse objetivo foi alcançado, embora inicialmente se tenha sentido algumas dificuldades na utilização do *software*, nomeadamente a inicialização do projeto, onde se recorreu a plataformas digitais, de modo a aprender as funcionalidades do *software*. Sem dúvida que o modelo em *SketchUp* se torna mais realista, aliando uma enorme facilidade de desenho em 3D. No que diz respeito à exportação para *DIALux evo 9*, não simplifica em nada o processo do projeto, isto porque, o processo torna-se demasiado complexo. Existiu uma enorme dificuldade para ultrapassar este processo de exportação, pois a falta de interoperabilidade entre o *SketchUp* e o *DIALux evo 9*, foi uma enorme barreira. De modo a ultrapassar esta dificuldade, redesenhou-se o projeto, por forma a criar um modelo e objetos, com as características especificadas (Conceito BIM), o que se torna penoso e leva muito tempo. Dependendo do contexto, os ganhos de realismo no modelo e a simplicidade de edificação, podem não ser compensados com o tempo despendido para a especificação de cada objeto. No caso deste projeto, com planeamento de cerca de 10 meses, isso não se verificou, mas em projetos com prazos mais reduzidos, isso pode tornar-se um problema.

No caso do *DIALux evo 9*, o objetivo de projetar sistemas de iluminação eficientes foi cumprido. Concretamente neste caso de estudo, isso foi um objetivo conseguido, uma vez que, as soluções luminotécnicas apresentadas, garantem níveis de iluminância de acordo com as normas e leis em vigor atualmente.

Fica explicito neste relatório que a utilização de objetos correspondentes à realidade de cada sala em estudo e a aproximação do modelo 3D à realidade, são fatores relevantes para obter resultados luminotécnicos de acordo com a realidade e rigor pretendido.

É de considerar que, os resultados obtidos em *DIALux* podem conter erros, uma vez que existiram limitações por parte do modelo, bem como limitações em termos de *hardware* utilizado para efetuar as simulações, o que obrigou a simular cada sala individualmente, sabendo que poderá existir um desvio de 10-15 lx a menos nos resultados obtidos.

É de extrema relevância a aplicação destes sistemas de iluminação neste caso de estudo, uma vez que os sistemas de iluminação existentes atualmente não cumprem com a norma EN 12464- 1. Este facto pode trazer graves problemas para a saúde física, mental e social dos seus colaboradores.

Com sistemas de iluminação deficientes e em incumprimento, foi inevitável um aumento em termos de potência instalada. De forma a tornar o projeto mais eficiente, foi utilizado o *software Sunny Design* com o objetivo de projetar um sistema de painéis fotovoltaicos, por forma suportar a energia elétrica consumida na iluminação. Esse objetivo foi atingido com uma

solução de 6 painéis fotovoltaicos, com ligação à rede, para um consumo anual estimado em 3490 kWh/a. Existiram algumas dificuldades iniciais no que diz respeito à utilização do *software*, ultrapassadas com recurso a pesquisas e investigação sobre o mesmo. Aquando dos resultados iniciais, nomeadamente para o sistema de rede isolada, existiram dificuldades na interpretação dos mesmos, ultrapassadas com uma análise mais cuidada e precisa dos resultados. Tendo em consideração a tabela 6.30, pode-se afirmar que a solução é bastante económica, com um *payback* de 4 anos, no que diz respeito ao sistema de painéis fotovoltaicos. Se for considerado o parâmetro de custos de eletricidade evitados após 20 anos da tabela 6.30, os ganhos serão de 692.55 €, ao ano. Com um investimento inicial total de 9 064.73 € s/IVA, como apresentado a tabela 6.31, o *payback* simples para este projeto é de cerca de 13 anos, resultado bastante satisfatório, tendo em conta o elevado investimento inicial total.

Conclui-se que, a utilização destes *softwares* como apoio num projeto luminotécnico, traz vantagens ao mesmo, desde que estes sejam utilizados com objetivos bem definidos e bem planeados. Fica evidente a importância de sistemas de iluminação bem projetados e os benefícios que trazem em diversos espaços, principalmente espaços corporativos.

Tornar os sistemas cada vez mais eficientes é uma prioridade nos próximos anos. Em projetos que assim o permitam, é de extrema relevância, utilizar e aproveitar ao máximo um componente tão importante nos dias de hoje, a luz natural.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo como base o estudo realizado e as conclusões anteriormente apresentadas, as possibilidades de trabalhos futuros visa um estudo para que exista uma maior sinergia entre o *software SketchUp* e o *DIALux evo 9*. É um estudo que implica algum tempo e alguma perseverança, pois as dificuldades são acrescidas. Desde logo implicará compreender e saber os *softwares* na íntegra. É importante ter-se conhecimento acrescido no que à modelação 3D diz respeito. Outra dificuldade relevante será a interação com as empresas que desenvolvem os *softwares*, pois sem abertura por parte das mesmas para alguma alteração nos seus *softwares*, pode ser uma barreira enorme a ser superada.

Conseguindo atingir uma forma simples e rápida de exportar o modelo em *SketchUp*, e que o *DIALux* consiga carregar o modelo em perfeitas condições e pronto para o estudo luminotécnico, poder-se-á atingir ótimos resultados em termos de suporte a estudos luminotécnicos, uma vez que se consegue aliar o que de melhor há nos dois *softwares*, o rigor e simplicidade na criação do modelo 3D do *SketchUp*, com as ótimas e sofisticadas ferramentas de cálculo do *DIALux evo 9*.

É de extrema importância que se realizem estudos na área da simplificação dos processos e interoperabilidade entre *softwares* especializados de apoio a estudos luminotécnicos, por forma

a que se simplifiquem os processos inerentes aos projetos luminotécnicos e que sejam criados mecanismos que visem aproximar os modelos 3D da realidade das edificações, de modo a elevar o nível de rigor e exigência que os estudos luminotécnicos requerem.

Capítulo

8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Neste capítulo são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas neste relatório.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AE ISEC. (2020). *História da AE ISEC*. Retrieved from <http://aeisec.pt/historia/>
- Alves, F. L. (2008). *Medidas de Eficiência Energética na Iluminação Integrando Luz Natural*.
- Amaral, L. (2020). Retrieved from Arquiteto Leandro Amaral: <https://arquitetoleandroamaral.com/o-que-e-sketchup/>
- Amariz, L. C. (2020). Retrieved from Infoescola: <https://www.infoescola.com/informatica/autocad/>
- Auralight. (2020). Retrieved from <http://www.auralight.pt/product/morus/>
- BEGA. (2020). *Types of luminaires*. Retrieved from BEGA: <https://www.bega.com/en/knowledge/about-light-and-illumination/03-leuchtentypen/#start>
- Biblus. (2017, Março 20). *IFC e BIM: IFC, o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?* Retrieved from <http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-que-serve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/>
- Bommel, W. v. (2019). *Interior Lighting: Fundamentals, Technology and Application*. Holanda: Springer.
- CIE. (2011). CIE S 017/E:2011. *ILV: International Lighting Vocabulary* .
- CIE. (2017). CIE Technical Report 222:2017. *Decision scheme for lighting controls in non-residential buildings*, pp. 1-12.
- EEE. (2020). *LUMINÁRIAS ESTANQUES*. Retrieved from <http://media.eee.pt/CATALOGO//Luminarias/MHPD-650px.png>
- França, R. (2020, Julho 10). Retrieved from Loricrizel: <http://www.loricrizel.arq.br/o-que-e-dialux-evo-por-que-utilizar-essa-ferramenta/>
- Gordon, G. (2003). *Interior Lighting for Designers*. John Wiley & Sons, Inc.
- IEA. (2020, Junho). *Iluminação*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/lighting>

- Lawrence Berkeley National Laboratory. (2017, Janeiro). Electricity end uses, energy efficiency, and distributed energy resources baseline.
- LED BOX. (2016, Maio 4). *Diferenças entre COB, SMD e MicroLED*. Retrieved from <https://www.led-box.ro/blog-led/diferente-smd-cob-micro-led>
- Lorenz, K., Marques, J. G., & Monteiro, T. (2016, Junho). Diodos emissores de luz e iluminação. *Gazeta de Física*, 50.
- Moretti, I. (2019, Julho 12). *Casa & Festa*. Retrieved from <https://casaefesta.com/claraboia/>
- OSRAM. (2010). *Manual Luminotécnico Prático*.
- Padmasali, A., & Kini, S. (2015). LED life prediction based on lumen depreciation and colour shift. *The Society of Light and Lighting*, 1-16.
- Philips. (2020). Retrieved from https://www.lighting.philips.pt/prof/luminarias-de-interior#pfpath=0-CINDOOR_GR
- Philips. (2020, abril). Retrieved from Master LEDtubo Instantfit: <https://www.lighting.philips.pt/prof/lampadas-e-tubos-led/tubos-led/master-tubo-led-instantfit-equipamentos-eletronicos-t8>
- Philips. (2020, abril). Retrieved from Coreline Calha: <https://www.lighting.philips.pt/prof/luminarias-de-interior/sistemas-de-linhas-de-luz/sistema-basico-de-linha-continua/coreline-calha>
- Philips. (2020, abril). Retrieved from Plainview: <https://www.lighting.philips.pt/prof/luminarias-de-interior/montagem-suspensa-plainview-suspenso>
- Quercus. (2009, Setembro 1). Retrieved from <https://www.quercus.pt/comunicados/2009/setembro/844-1-de-setembro-primeiro-dia-do-adeus-as-lampadas-incandescentes-em-toda-a-europa>
- Silva, R. F. (2013, Março 24). Estudo da Eficiência Energética na Iluminação - Desenvolvimento de uma Ferramenta de Cálculo Luminotécnico e de Rentabilidade. pp. 32-36.
- SMA. (2020). *About SMA*. Retrieved from <https://www.sma.de/en/company/about-sma.html>
- SMA. (2020). *Product Description*. Retrieved from <https://manuals.sma.de/SDesign/en-US/1392996491.html>

- SMA. (2020). *Sunny Design*. Retrieved from <https://www.sma.de/en/products/planning-software/sunny-design.html>
- Stefani, S. (2013, Setembro). Retrieved from Render Blog: <https://blog.render.com.br/diversos/o-que-e-o-sketchup/>
- The Society of Light and Lighting. (2009). *The SLL Lighting Handbook*.
- Thorlux. (2020, abril). Retrieved from Radiance Surface: <https://www.thorlux.co.uk/products/radiance-surface>
- Thorlux. (2020, abril). Retrieved from G4 Surface: <https://www.thorlux.co.uk/products/g4-surface>
- Thorlux. (2020, abril). *VIVA LED*. Retrieved from <https://www.thorlux.co.uk/products/viva>
- Tregenza, P., & Wilson, M. (2011). *Daylighting, Architecture and Lighting Design*. Routledge.
- U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2017, Setembro). Solid-state lighting 2017 suggested research topics.
- Viva Decora. (2018, Julho 28). Retrieved from Viva Decora: <https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/calculo-luminotecnico-software/>
- Zaask. (2019). Retrieved from Zaask: <https://www.zaask.pt/blog/o-que-e-o-autocad-e-para-que-serve/>

Capítulo

9

ANEXOS

Neste capítulo são apresentados os anexos que complementam o presente relatório.

9 ANEXOS

ANEXO A – LUMINÁRIAS TESTADAS NAS SIMULAÇÕES EM DIALUX EVO 9

SECRETARIA

Tabela 9.1 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a secretaria.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Philips	BN126C LED100S/840 PSU TW1 L1800	10000	75	133	4000	>80	121.00	3	225	363.00	400		Não passa no UGR e Em
Philips	BN126C LED64S/840 PSU TW1 L1200	6400	49	131	4000	>80	85.00	4	196	340.00	319		Não passa no UGR e Em
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	6	240	798.36	536		Passa em ambos
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	6	216	990.00	433		Não passa na Em
Thorlux	VIVA LED 625X625	3020	21	143	4000	>80	274.02	9	189	2 466.18	464		Não passa na Em

SALA DE ESTUDO

Tabela 9.2 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de estudo.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Philips	BN126C LED64S/840 PSU TW1 L1200	6400	49	131	4000	>80	85.00	3	147	255.00	212		Não passa no UGR
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	4	160	532.24	297		Não passa no UGR
Thorlux	VIVA LED 625X625	3020	24	125.8	4000	>80	274.02	5	120	1 370.10	221		Passa em ambos
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	4	144	660.00	251		Não passa no UGR

GABINETE DA PRESIDÊNCIA

Tabela 9.3 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete da presidência.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Thorlux	VIVA LED 625X625	4775	36	133	4000	>80	274.02	2	72	548.04 €	422		Não passa no UGR e Em
Thorlux	Radiance SURFACE 600X600	7650	51	150	4000	>80	189.49	2	102	378.98 €	543		Passa em ambos
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	2	72	330.00 €	354		Não passa no UGR e Em
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	2	80	266.12	444		Não passa na Em

SALA DE REUNIÕES

Tabela 9.4 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de reuniões.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Thorlux	VIVA LED 625X625	4775	36	133	4000	>80	274.02	6	216	1 644.12	599		Encastradas!!!
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	5	200	665.30	516		Escolhida
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	6	216	990.00	519		Muito caras

COPA

Tabela 9.5 – Simulação realizada em DIALux evo 9 para a Copa.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	1	20	31.75	111	Passa na Em

CASAS DE BANHO – WC

WC HALL

Tabela 9.6 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o *hall* do WC.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	3050	26	117	4000	>80	184.77	1	26	184.77	248	Passa na Em Sensor incorporado
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	1	20	31.75	105	Não passa na Em Sensor à parte

WC FEMININO

Tabela 9.7 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o WC feminino.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 12W - SMART - Area Lens	1640	12	137	4000	>80	121.81	1	12	121.81		Sensor de movimento incluído

WC MASCULINO

Tabela 9.8 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o WC masculino.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	3050	26	117	4000	>80	184.77	2	52	369.54	290	Sensor de Movimento incluído
Philips	DN570C LED24S/840 PSD-VLC-E C WH	2400	21	124	4000	>80	429.00	1	21	429.00	249	Preço elevado
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 12W - SMART - Area Lens	1640	12	137	4000	>80	121.81	1	38	306.58	231	Melhor Solução
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	3050	26	117	4000	>80	184.77	1				

SALA DA DIREÇÃO

Tabela 9.9 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala da direção.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	2	80	266.12	285		Mais barato e UGR mais baixo
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	2	72	330.00	237		Mais caro
Thorlux	Radiance SURFACE 600X600	7650	51	150	4000	>80	189.49	2	102	378.98	370		Não passa no UGR
Thorlux	Radiance SURFACE 120X30	7651	51	143	4000	>80	189.53	2	102	379.06	352		Não passa no UGR
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	7652	26	111	4000	>80	184.77	3	78	554.31€	254		Não passa no UGR

ARQUIVO

Tabela 9.10 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o arquivo.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	4	80	127.00	211	Densidade de Potência Relativa elevada
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	4	96	136.60	253	Densidade de Potência Relativa elevada
Philips	MASTER LEDtubo HF 1050mm UO 17W840 T8	2600	17	153	4000	80	29.99	3	51	89.97	137	Não passa no UGR
Philips	TMS022 2xTL-D36W HFS	6500	72	90	4000	>80	38.00	2	144	76.00	137	Não passa no UGR
Philips	TMS022 2xTL-D58W HFS	10300	110	94	4000	>80	40.00	2	220	80.00	219	Densidade de Potência Relativa elevada
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Area Lens	3050	26	117	4000	>80	184.77	2	52	369.54	214	Densidade de Potência Relativa elevada
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 12W - SMART - Area Lens	1640	12	137	4000	>80	121.81	3	36	365.43	162	Não passa no UGR
Philips	CoreLine Calha - LL121X LED45S/840 1x PSU	4500	32	141	4000	>80	203.00	1	32	203.00	207	Passa em todos os parâmetros

GABINETE DE IMAGEM E COMUNICAÇÃO

Tabela 9.11 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete de imagem e comunicação.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	2	40	63.5	115	Passa em todos os parâmetros

GABINETE DE EMPREGO E SAÍDAS PROFISSIONAIS

Tabela 9.12 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o gabinete de emprego e saídas profissionais.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
AuraLight	Morus Saliente 600X600	5000	40	125	4000	80	133.06	6	240	798.36	559		Passa em todos os parâmetros
SYLVANIA	START PANEL UGR19 600 4000K G4	4300	36	120	4000	80	165.00	6	216	990.00	488		Não passa na Em
Thorlux	Radiance SURFACE 600X600	7650	51	150	4000	>80	189.49	4	204	757.96	484		Não passa no UGR e Em

SALA DA MANUTENÇÃO

Tabela 9.13 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala da manutenção.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	1	24	34.15	135		Densidade de Potência Relativa elevada
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	1	20	31.75	109		Passa em todos os parâmetros
Philips	TMS022 2xTL-D36W HFS	6500	72	90	4000	80	38.00	1	72	38.00	104		Densidade de Potência Relativa elevada
Philips	TMS022 1xTL-D36W HFS	3250	36	90	4000	80	35.00	1	36	35.00	73.9		Não passa na Em

SECÇÃO DE EVENTOS

Tabela 9.14 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a secção de eventos.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	2	48	68.30	121	Passa em todos os parâmetros
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	2	40	63.50	93.9	Não passa na Em
Philips	TMS022 2xTL-D36W HFS	6500	72	90	4000	80	38.00	1	72	38.00	67.4	Não passa na Em

SALA DA DISCÓRDIA

HALL DE ENTRADA DA DISCÓRDIA

Tabela 9.15 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o *hall* de entrada da discórdia.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	2	40	63.50	125	Passa em todos os parâmetros

SALÃO DE JOGOS DISCÓRDIA

Tabela 9.16 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o salão de jogos da discórdia.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	4	260	874.00	212	Não passa na Em
Philips	SP140P L1135 1 xLED38S/840	3800	40	95	4000	80	249.00	3				
ESYLUX	ALVA	1050	10	105	4000	80		6				
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	4	519	4 702.60	330	Passa em todos os parâmetros, muito caro e elevada potência instalada
TRILUX	Lunexo H1 CDP-I	6700	63	106	4000	80	638.00	3				
TRILUX	OFFset W2 RAX	3100	39	79	4000	80	442.00	6				
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	9	336	958.35	314	Passa em todos os parâmetros, mais barato e menos potência instalada
Philips	SP140P LED38S/840 PSU PI3 SM2 L1135	3800	40	90	4000	>80	217.00	3				

SALA DA SECÇÃO CULTURAL

SALA DE APOIO À CULTURAL

Tabela 9.17 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala de apoio à cultural.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	1	20	31.75	109	Densidade de Potência Relativa elevada
Philips	MASTER LEDtubo HF 1200mm HO 14W840 T8	2100	14	150	4000	83	30.58	1	14	30.58	124	Passa em todos os parâmetros

SALA PRINCIPAL DA SECÇÃO CULTURAL

Tabela 9.18 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para a sala principal da secção cultural.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	U G R	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	4	80	127.00	313		Passa em todos os parâmetros
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	163	4000	80	34.15	4	96	136.60	373		Não passa no UGR
Philips	TMS022 2xTL-D36W HFS	6500	72	90	4000	>80	38.00	3	216	114.00	329		Não passa no UGR
Philips	TMS022 2xTL-D58W HFS	10300	110	94	4000	>80	40.00	2	220	80.00	356		Não passa no UGR

ZONAS DE CIRCULAÇÃO

CORREDOR 1

Tabela 9.19 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 1.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER LED tubo 1200mm HO 840 T5	3900	26	150	4000	80	41.04	2	52	82.08	113	Passa em todos os parâmetros
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	2	40	63.50	111	Passa em todos os parâmetros; Mais barata

CORREDOR 2

Tabela 9.20 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 2.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	162.5	4000	80	34.15	2	48	68.30	103	Passa em todos os parâmetros; Mais barata
Thorlux	G4 LED Surface Plain - 26W - SMART - Corridor Lens	2885	26	111	4000	>80	185.26	2	52	370.52	146	Passa em todos os parâmetros

CORREDOR 3

Tabela 9.21 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 3.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	3	60	95.25	135	Passa em todos os parâmetros
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 24W840	3900	24	162.5	4000	80	34.15	2	48	68.30	111	Passa em todos os parâmetros; Mais barata

CORREDOR 4

Tabela 9.22 – Simulações realizadas em DIALux evo 9 para o corredor 4.

Marca	Luminária	Fluxo Luminoso [lm]	P [W]	Eficiência da Luminária [lm/W]	Temperatura da cor [K]	RA	Preço [€]	Nº de Luminárias	Potência total [W]	Custo Total [€]	Em [lux]	Notas
Philips	MASTER tubo LED InstantFit 1500mm UO 20W840	3100	20	155	4000	80	31.75	4	80	127.00	101	Passa em todos os parâmetros

ANEXO B – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EM DIALUX EVO 9

SECRETARIA

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EU_acwQUa2lGkrdrCaRd-2IBfS7sJ4T38S3g3l671mqnHQ?e=mJMrJW

SALA DE ESTUDO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EaggopNgcCBFpTzURGNhUmIBYM6Uxa_ZgIQ2ZJvLqIrg8A?e=mYIevK

GABINETE DA PRESIDÊNCIA

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EU3NkT-Yco9OuXV9q7aIJt8B9hqFCtbJKk_8v5iEZ3kmgQ?e=bpFCMa

SALA DE REUNIÕES

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EfwoRPmYtN5Ng8OUop5M34sBkpobtkkT7ZBah6kz1G-9nA?e=flMrr1

COPA

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EXQvpWEzb1BLmdw8PKIVS60BxihRvCDYLQ5BQnrxHuyvnA?e=7j7AyE

CASAS DE BANHO – WC

WC HALL

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/ERmQwfJ6VHhPrwt_LO5yImcBQHUjwGC89M_tJG6vKMDCKQ?e=2XbzigY

WC FEMININO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EV_TIR3XVfJHsDe0oW1iejABwAG33edOjLlSFcPgNlvN3g?e=Qb47CH

WC MASCULINO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EXFkuCAfkmpBkWarqPoS8A8BFRRPgNMiV3pK0zYBAUOCJQ?e=jzwmtA

SALA DA DIREÇÃO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EdoS66mhib1DtOPLP25gRxABYIr5n2K47uM6DnEj5RZb8Q?e=dOfwDs

ARQUIVO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EbQmUSqwKQ1GpMifDLvvhCgBiZ-DhQY0V6vtO2TnAvSk-g?e=05gCgz

GABINETE DE IMAGEM E COMUNICAÇÃO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EeXonOtGZdtHonrzsFV0NuEBFzdS2Vjewopq0B-voykGTA?e=dFWYVF

GABINETE DE EMPREGO E SAÍDAS PROFISSIONAIS

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EWO8Qflo0eJDnqUcOsF6XiQBMR7EGKbs1y9w-NfBHFg-mQ?e=kFV81t

SALA DA MANUTENÇÃO

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EYRq5Xq_h6hJm_slNlYsy0UBNjNpNHFBG_hpsAz3qkzK7g?e=ZwO6PA

SECÇÃO DE EVENTOS

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EUhDDvS7hGpOsLWtJkm9krQBt9izRF1SRaP7-nF4ohDB4Q?e=HD4ua1

SALA DA DISCÓRDIA

HALL DE ENTRADA DA DISCÓRDIA

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/ETUZqj1KnIxHi2mWM_1dSsYBhKZDqze8DKSzfD04_s_7bw?e=ZMUim1

SALÃO DE JOGOS DISCÓRDIA

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/Ea-6xwHtDQpPuPdLxLcA1QEBMDodGCZ5lu5sdzQ59SkROQ?e=DkI5eL

SALA DA SECÇÃO CULTURAL

SALA DE APOIO À CULTURAL

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EWD5MNDYylRKkUKGBuMh_WM BtSpDIXNxbM-qvaSOqrm-rg?e=X7dOKY

SALA PRINCIPAL DA SECÇÃO CULTURAL

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EdencvdnoLdEgJWfWi8LFhQBH-JDdlk_BnUfrM4yKn2a5Q?e=MkEaNJ

ZONAS DE CIRCULAÇÃO

CORREDOR 1

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EYlYdQPvScBIEU4GaV1dLkBT1L1i0_2fZRn80kTvBDYMw?e=iMFEhy

CORREDOR 2

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/Ef3W3WwMhkFJmQnhAF34WEUBkwDVDrhI6W2iT6aT4iX3iw?e=w5vgXK

CORREDOR 3

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/EbTTctzYbzZMpQPZRwXhCuoBLxaFbTcQ74NBBVMLzJSLGQ?e=ABWXXI

CORREDOR 4

Link para o relatório dos resultados obtidos na simulação em DIALux evo 9: https://isecpt-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/a21230350_isec_pt/ES3yARk3XwJBn_hpZ2Qd-6ABolJO2XW87WBU9W17d3IQkw?e=hEbGcj

ANEXO C – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EM SUNNY DESIGN

SISTEMA ISOLADO DA REDE

6 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 230V (230V / 400V)

Vista geral do sistema

6 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Superfície 1)

Azimute: -1 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 1,80 kWp



1 x SMA SB 2.0-1VL-40

Bateria



1 x SMA Sunny Island 4.4M

Baterias: Lítio

Capacidade nominal total: 13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)

Daí utilizável: 10,62 kWh (corresponde a 221 Ah com C10)

Grupo gerador (genset)



Potência activa: 2,6 kW

Eficiência energética média: 3,50 kWh/l

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	6	Rendimento energético espec.*:	1512 kWh/kWp
Potência de pico:	1,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,00 kW	Energia fotovoltaica utilizada:	2.464,14 kWh
Potência activa CA:	2,00 kW	Percentagem fotovoltaica utilizada:	90,6 %
Relação de potência activa:	111,1 %	Percentagem fotovoltaica no fornecimento de energia (durante o dia):	82,8 %
Energia fotovoltaica disponível máxima*:	2.720,84 kWh	Grau de cobertura solar média anual:	61,9 %
Factor de utilização da energia:	100 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: AE ISEC

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Projecto parcial Projecto Fotovoltaico

1 x SMA SB 2.0-1VL-40 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	1,80 kWp
Quantidade total de módulos FV:	6
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	2,10 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	2,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	117 %
Factor de dimensionamento:	90 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1360,4 h



SMA SB 2.0-1VL-40

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 1

6 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: -1 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:		
Número de strings:	1		
Módulos FV:	6		
Potência de pico (entrada):	1,80 kWp		
Tensão FV típica:	✓ 204 V		
Tensão FV mín.:	188 V		
Potência CC mín. (tensão de rede 230 V):	50 V		
Tensão FV máx.:	✓ 294 V		
Tensão CC máx.:	600 V		
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 8,2 A		
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	10 A		
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	18 A		
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 8,8 A		

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Dimensionamento dos cabos

Nome do projecto: AE ISEC

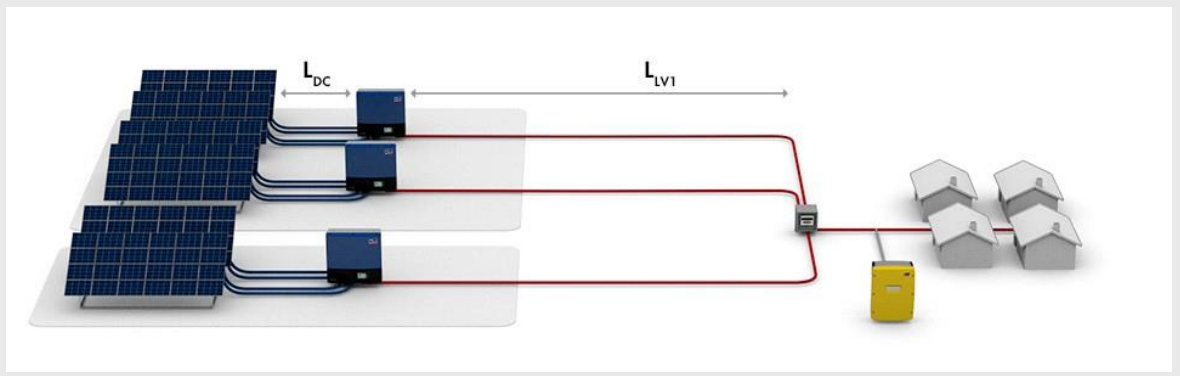
Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Vista geral

	✓ CC	✓ LV	✓ Total
Potência dissipada no modo nominal	1,76 W	15,28 W	17,04 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,09 %	0,81 %	0,90 %
Comprimento total do cabo	4,00 m	10,00 m	14,00 m
Secções dos cabos	3,5 mm ²	1,5 mm ²	3,5 mm ² 1,5 mm ²

Gráfico



Cabos de CC

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Queda de tensão	Potência dissipada rel.
Projecto Fotovoltaico					
1 x SMA SB 2. 0-1VL-40 Sistema parcial 1	A Cobre	2,00 m	3,5 mm ²	186,1 mV	0,09 %

Cabos LV1

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Resistência de linha	Potência dissipada rel.
Projecto Fotovoltaico					
1 x SMA SB 2. 0-1VL-40 Sistema parcial 1	Cobre	10,00 m	1,5 mm ²	R: 229,333 mΩ XL: 1,500 mΩ	0,81 %

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições climáticas reais, da eficiência efectiva e das condições de operação dos componentes do sistema, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade em caso de divergências entre os resultados operacionais calculados e reais.

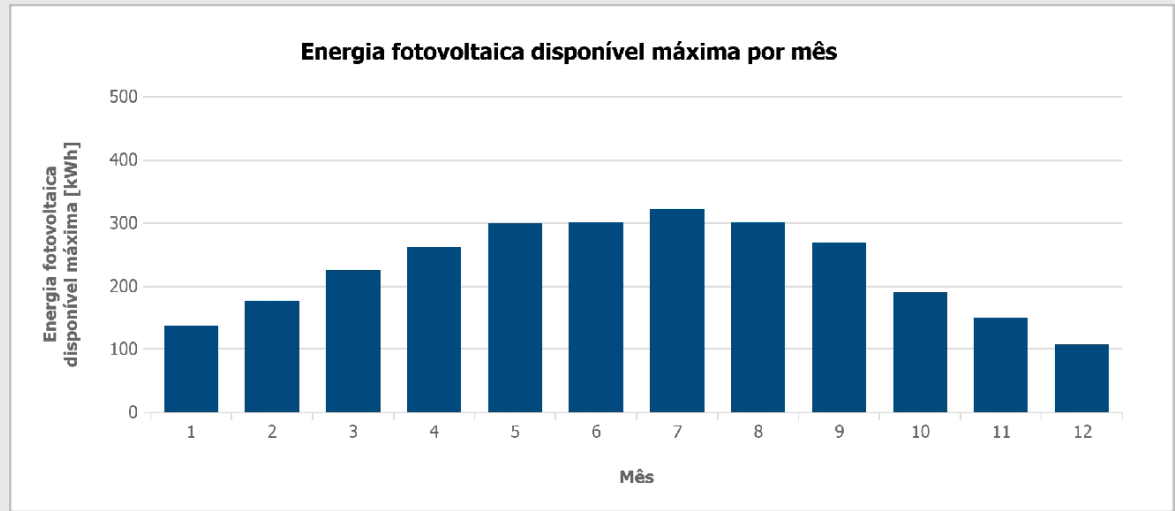
Valores mensais

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

Mês	Energia fotovoltaica disponível máxima [kWh]	Energia fotovoltaica utilizada [kWh]	Consumo [kWh]	Grau de cobertura solar
1	136	136	355	33 %
2	175	173	312	48 %
3	223	220	323	58 %
4	260	239	273	79 %
5	298	259	273	85 %
6	299	252	237	96 %
7	320	252	247	93 %
8	299	259	256	95 %
9	267	243	246	85 %
10	188	180	296	54 %
11	149	146	341	36 %
12	106	106	331	27 %

Análise do sistema energia e potência

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Potência

Sistema compatível

Potência nominal CA inversores fotovoltaicos / sistema de armazenamento: 0,61



Potência nominal CA grupo gerador / sistema de armazenamento: 1

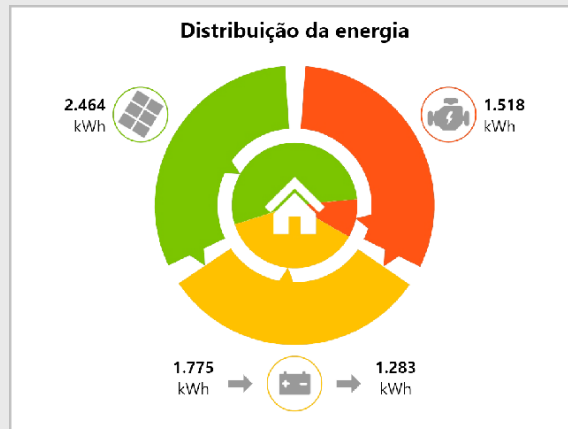


Capacidade útil de armazenamento: 10,6 kWh (1 d)



Potência nominal CA conjunta do sistema:	8,6 kW
Potência nominal CA inversores fotovoltaicos:	2 kW
Potência nominal CA sistema de armazenamento:	3,3 kW
Potência nominal CA grupo gerador:	3,3 kW
Reserva de potência:	0 kW
Défice de energia:	0 kWh
Potência nominal CA inversores fotovoltaicos / sistema de armazenamento:	0,61
Potência nominal CA grupo gerador / sistema de armazenamento:	1
Capacidade útil de armazenamento:	10,6 kWh
Tempo de autonomia:	1 d
Grau de cobertura solar média anual:	61,9 %

Energia



Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Energia fotovoltaica disponível máxima:	2.721 kWh
Energia fotovoltaica utilizada:	2.464 kWh
Energia fotovoltaica directamente consumida:	1.859 kWh
Energia fotovoltaica temporariamente armazenada:	605 kWh
Produção anual de energia do grupo gerador:	1.518 kWh
Ciclos de carga-descarga da bateria por ano:	134
Consumo anual de combustível:	379 l

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUINTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

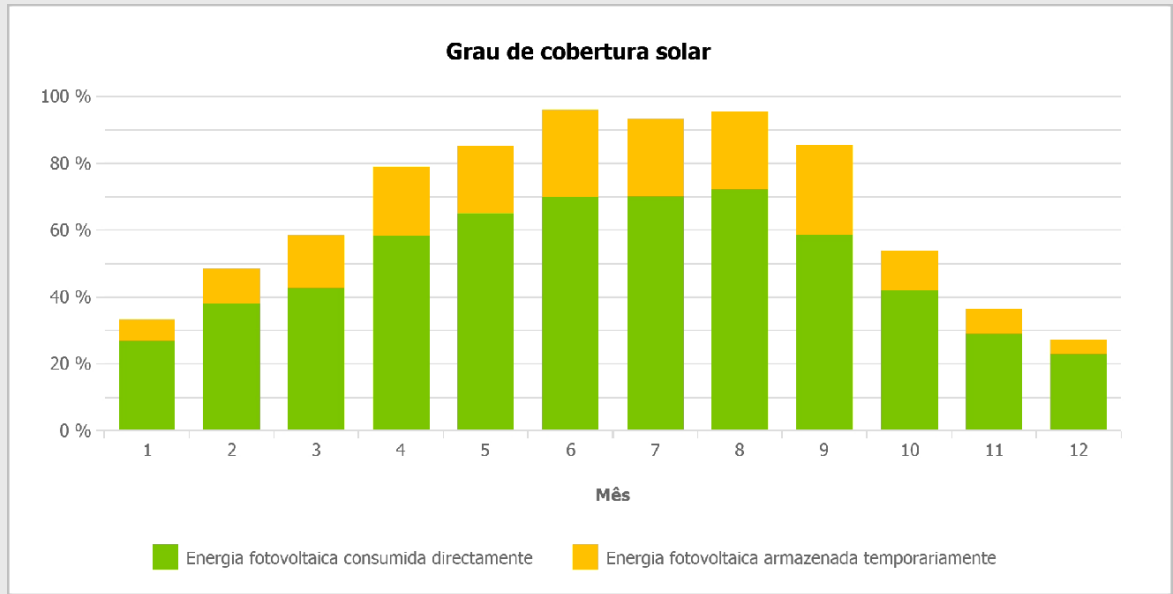
Análise do sistema energia e potência

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Grau de cobertura solar



Mês	Grau de cobertura solar [%]	Percentagem fotovoltaica utilizada [%]	Consumo total de energia de combustível [l]
1	33	100	69
2	48	99	47
3	58	98	39
4	79	92	16
5	85	87	12
6	96	84	3
7	93	79	5
8	95	87	3
9	85	91	11
10	54	96	39
11	36	98	64
12	27	100	71

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUENTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

Sistema de armazenamento

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Potência			
Potência CA a 25 °C:		3,3 kW	
Potência CA a 40 °C:		3 kW	
Potência CA a 25 °C durante 30 min:		4,4 kW	
Acumulador			
Baterias:		Lítio	
Capacidade nominal total:		13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)	
Daí utilizável:		10,62 kWh (corresponde a 221 Ah com C10)	
Componentes do sistema			
	Aparelho	Configurações por cluster/aparelho	
Cluster 1	 SMA Sunny Island 4.4M	Baterias:	Lítio
		Capacidade:	13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)
		Daí utilizável:	80 % (corresponde a 221 Ah com C10)

Vista geral do perfil de carga

Nome do projecto: AE ISEC

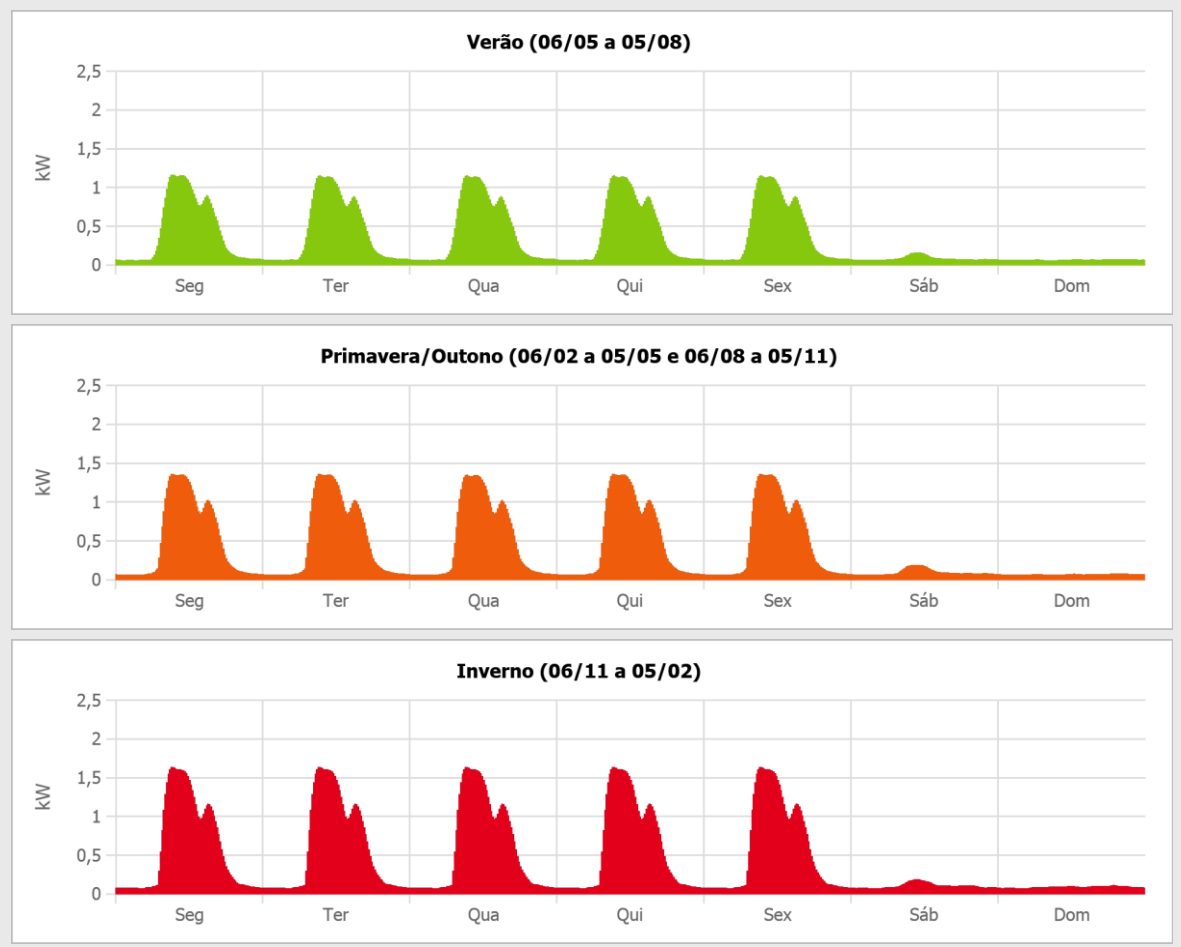
Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Vista geral

Perfil de carga	Consumo anual de energia	Potência de 30 minutos
Empresa (dias úteis, das 8 às 18 horas)	3490 kWh	1,6 kW
Total	3.490 kWh	1,6 kW

Perfis médios semanais por estação



Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUINTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

16 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 230V (230V / 400V)

Vista geral do sistema

16 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Superfície 1)

Azimute: -1 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 4,80 kWp



1 x SMA SB5.0-1AV-41

Bateria



1 x SMA Sunny Island 4.4M

Baterias: Lítio

Capacidade nominal total: 13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)

Daí utilizável: 10,62 kWh (corresponde a 221 Ah com C10)

Grupo gerador (genset)



Potência activa: 2,6 kW

Eficiência energética média: 3,50 kWh/l

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	16	Rendimento energético espec.*:	1524 kWh/kWp
Potência de pico:	4,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	5,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	5,00 kW	Energia fotovoltaica utilizada:	3.481,16 kWh
Potência activa CA:	5,00 kW	Percentagem fotovoltaica utilizada:	47,6 %
Relação de potência activa:	104,2 %	Percentagem fotovoltaica no fornecimento de energia (durante o dia):	116,7 %
Energia fotovoltaica disponível máxima*:	7.316,24 kWh	Grau de cobertura solar média anual:	90,8 %
Factor de utilização da energia:	100 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: AE ISEC

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA SB5.0-1AV-41 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	4,80 kWp
Quantidade total de módulos FV:	16
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	5,25 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	5,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	109 %
Factor de dimensionamento:	96 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1463,2 h



SMA SB5.0-1AV-41

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 1

8 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: -1 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Superfície 1

8 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: -1 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	1	1	
Módulos FV:	8	8	
Potência de pico (entrada):	2,40 kWp	2,40 kWp	
Tensão FV típica:	✓ 272 V	✓ 272 V	
Tensão FV mín.:	250 V	250 V	
Potência CC mín. (tensão de rede 230 V):	100 V	100 V	
Tensão FV máx.:	✓ 391 V	✓ 391 V	
Tensão CC máx.:	600 V	600 V	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 8,2 A	✓ 8,2 A	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	15 A	15 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	20 A	20 A	
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 8,8 A	✓ 8,8 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Dimensionamento dos cabos

Nome do projecto: AE ISEC

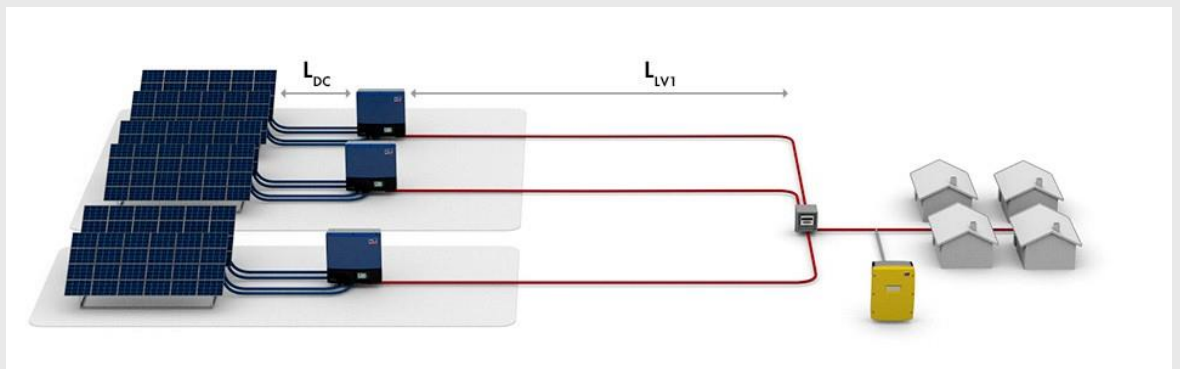
Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Vista geral

	✓ CC	✓ LV	✓ Total
Potência dissipada no modo nominal	4,93 W	46,45 W	51,38 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,09 %	0,93 %	1,02 %
Comprimento total do cabo	8,00 m	10,00 m	18,00 m
Secções dos cabos	2,5 mm ²	3,5 mm ²	2,5 mm ² 3,5 mm ²

Gráfico



Cabos de CC

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Queda de tensão	Potência dissipada rel.
Projecto parcial 1					
1 x SMA SB5.0-1AV-41 Sistema parcial 1	A	Cobre	2,00 m	260,5 mV	0,09 %
	B	Cobre	2,00 m	260,5 mV	0,09 %

Cabos LV1

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Resistência de linha	Potência dissipada rel.
Projecto parcial 1					
1 x SMA SB5.0-1AV-41 Sistema parcial 1	Cobre	10,00 m	3,5 mm ²	R: 98,286 mΩ XL: 1,500 mΩ	0,93 %

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições climáticas reais, da eficiência efectiva e das condições de operação dos componentes do sistema, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade em caso de divergências entre os resultados operacionais calculados e reais.

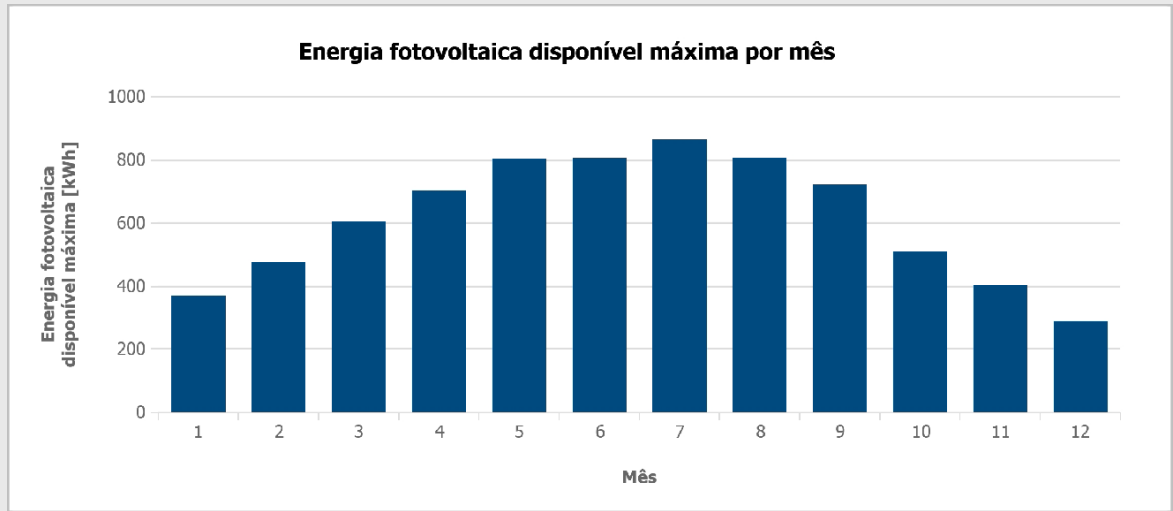
Valores mensais

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

Mês	Energia fotovoltaica disponível máxima [kWh]	Energia fotovoltaica utilizada [kWh]	Consumo [kWh]	Grau de cobertura solar
1	367	305	355	76 %
2	472	335	312	94 %
3	601	340	323	95 %
4	698	294	273	100 %
5	800	288	273	100 %
6	802	251	237	100 %
7	860	262	247	100 %
8	804	271	256	100 %
9	718	264	246	100 %
10	507	294	296	90 %
11	401	310	341	81 %
12	286	268	331	69 %

Análise do sistema energia e potência

Nome do projecto: AE ISEC

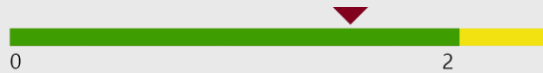
Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Potência

Sistema compatível

Potência nominal CA inversores fotovoltaicos / sistema de armazenamento: 1,52



Potência nominal CA grupo gerador / sistema de armazenamento: 1

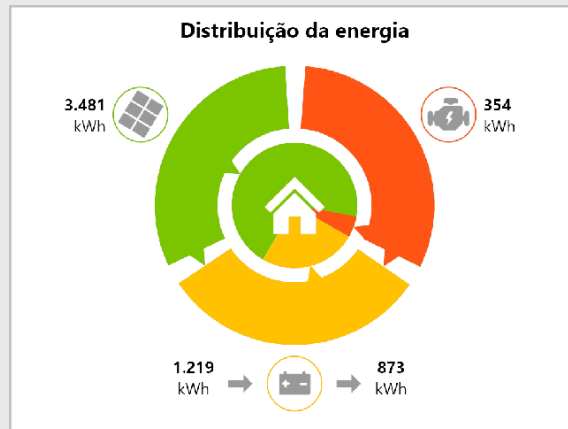


Capacidade útil de armazenamento: 10,6 kWh (1 d)



Potência nominal CA conjunta do sistema:	11,6 kW
Potência nominal CA inversores fotovoltaicos:	5 kW
Potência nominal CA sistema de armazenamento:	3,3 kW
Potência nominal CA grupo gerador:	3,3 kW
Reserva de potência:	0 kW
Défice de energia:	0 kWh
Potência nominal CA inversores fotovoltaicos / sistema de armazenamento:	1,52
Potência nominal CA grupo gerador / sistema de armazenamento:	1
Capacidade útil de armazenamento:	10,6 kWh
Tempo de autonomia:	1 d
Grau de cobertura solar média anual:	90,8 %

Energia



Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Energia fotovoltaica disponível máxima:	7.316 kWh
Energia fotovoltaica utilizada:	3.481 kWh
Energia fotovoltaica directamente consumida:	2.538 kWh
Energia fotovoltaica temporariamente armazenada:	943 kWh
Produção anual de energia do grupo gerador:	354 kWh
Ciclos de carga-descarga da bateria por ano:	92
Consumo anual de combustível:	89 l

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUINTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

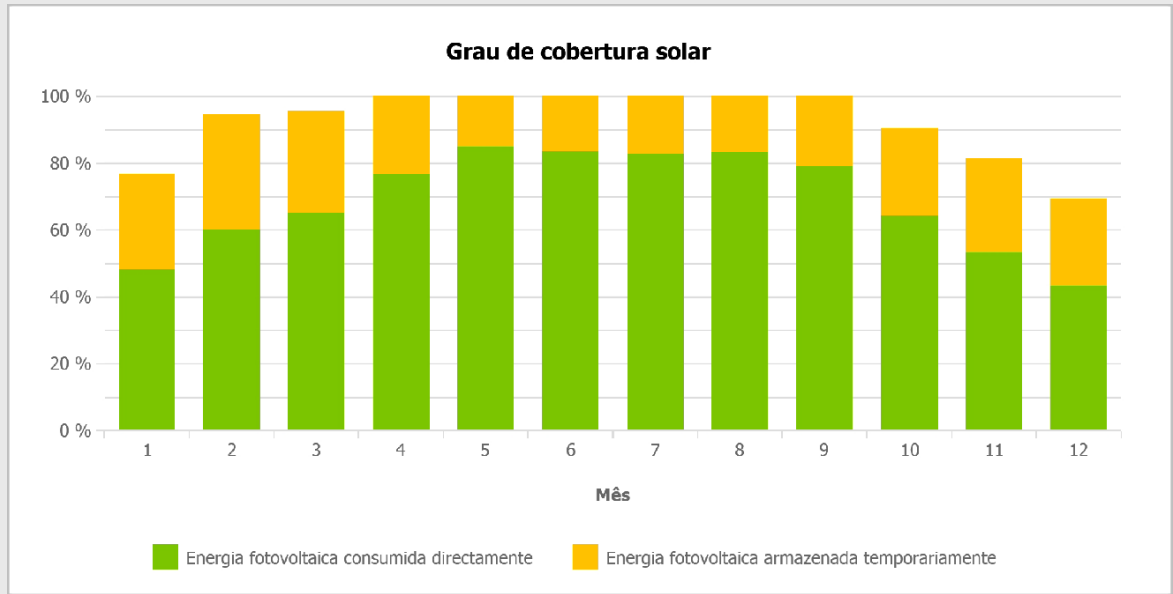
Análise do sistema energia e potência

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Grau de cobertura solar



Mês	Grau de cobertura solar [%]	Percentagem fotovoltaica utilizada [%]	Consumo total de energia de combustível [l]
1	76	83	24
2	94	71	5
3	95	57	4
4	100	42	0
5	100	36	0
6	100	31	0
7	100	30	0
8	100	34	0
9	100	37	0
10	90	58	8
11	81	77	18
12	69	94	30

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUENTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

Sistema de armazenamento

Nome do projecto: AE ISEC

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Potência			
Potência CA a 25 °C:		3,3 kW	
Potência CA a 40 °C:		3 kW	
Potência CA a 25 °C durante 30 min:		4,4 kW	
Acumulador			
Baterias:		Lítio	
Capacidade nominal total:		13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)	
Daí utilizável:		10,62 kWh (corresponde a 221 Ah com C10)	
Componentes do sistema			
	Aparelho	Configurações por cluster/aparelho	
Cluster 1	 SMA Sunny Island 4.4M	Baterias:	Lítio
		Capacidade:	13,28 kWh (corresponde a 277 Ah com C10)
		Daí utilizável:	80 % (corresponde a 221 Ah com C10)

Vista geral do perfil de carga

Nome do projecto: AE ISEC

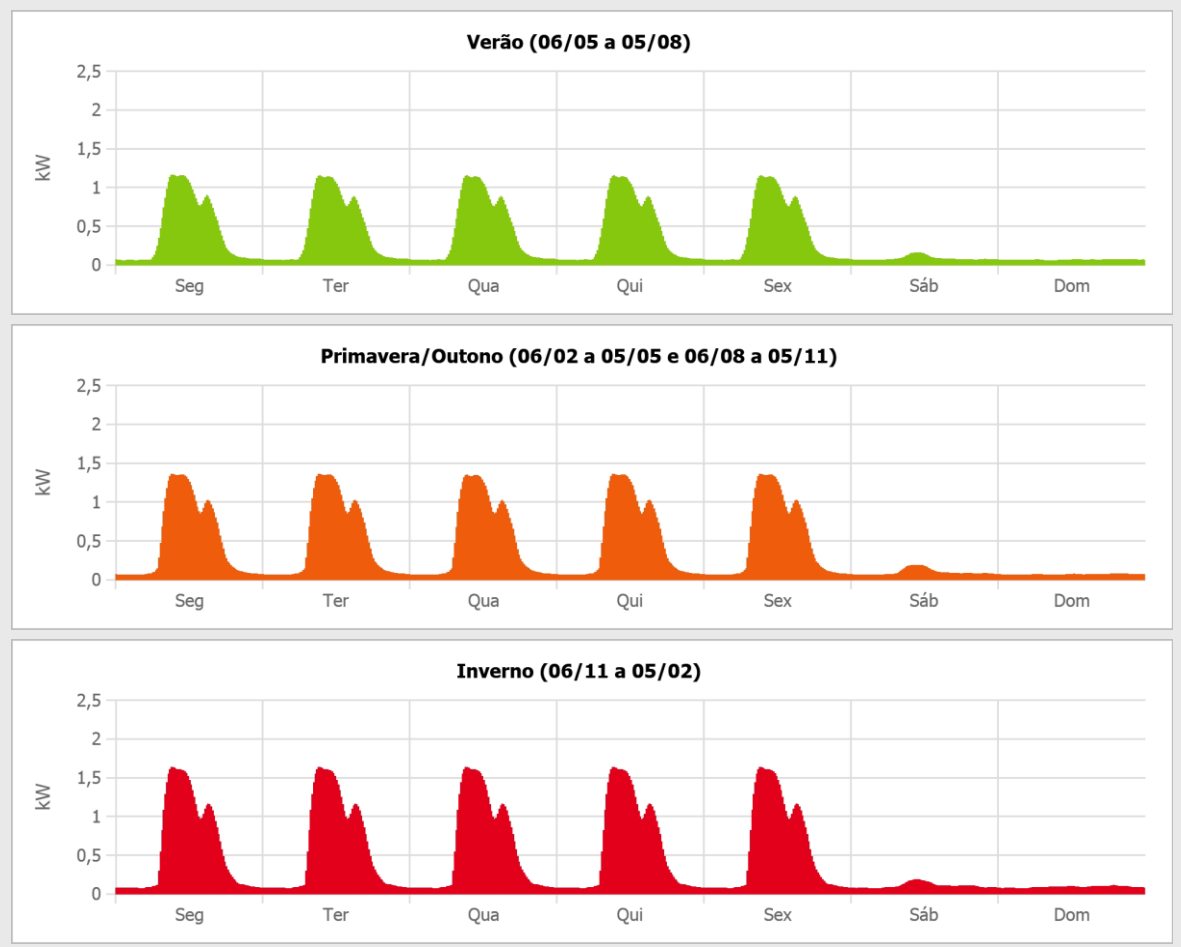
Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Vista geral

Perfil de carga	Consumo anual de energia	Potência de 30 minutos
Empresa (dias úteis, das 8 às 18 horas)	3490 kWh	1,6 kW
Total	3.490 kWh	1,6 kW

Perfis médios semanais por estação



Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente com base em pressupostos padronizados. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições reais de insolação, da eficiência efectiva e das condições de operação do grupo gerador, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. POR CONSEQUINTE, A SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NÃO ASSUME QUALQUER RESPONSABILIDADE POR MENORES RENDIMENTOS EM CASO DE DIVERGÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS OPERACIONAIS CALCULADOS E REAIS.

SISTEMA LIGADO À REDE**6 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS****Projecto:** Novo projecto**Local de instalação:** Portugal / Coimbra**Número do projecto:** ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema**6 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Superfície 1)**

Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 1,80 kWp

**1 x SMA SB 2.0-1VL-40****Dados de dimensionamento fotovoltaico**

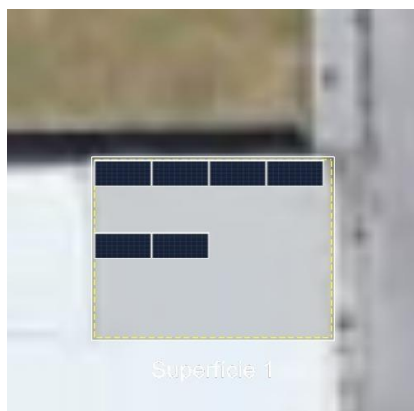
Quantidade total de módulos FV:	6	Rendimento energético espec.*:	1512 kWh/kWp
Potência de pico:	1,80 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,00 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,00 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	2,00 kW	Autoconsumo:	1.857,77 kWh
Relação de potência activa:	111,1 %	Quota de autoconsumo:	68,3 %
Rendimento energético anual*:	2.720,96 kWh	Taxa de autonomia:	53,2 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	28 t
Rácio de desempenho*:	84,5 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

O seu sistema energético em resumo

Projecto: Novo projecto



Electricista Silva
Rua Silva 21
54321 Lisboa

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-mail: info@el-silva.de
Internet: www.el-silva.de

Número do ---

país de: Portugal / Coimbra
Instalação: 20/05/2020

Criada com Sunny Design 5.0.0.R
© SMA Solar Technology AG 2020

Sistema energético

Sistema fotovoltaico



Inversor fotovoltaico
1 x SMA SB 2.0-1VL-40



Geradores fotovoltaicos
6 x .SMA SMA Demo Poly 300W

Componentes adicionais



Gestão energética

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

1,80 kWp

Vantagens



Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)

1.579 EUR



Taxa de autonomia

53,2 %



Custos de eletricidade evitados no primeiro ano

520 EUR



Redução de CO₂ após 20 ano(s)

28 t

Poupança total após 20 ano(s)

12.146 EUR

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA SB 2.0-1VL-40 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	1,80 kWp
Quantidade total de módulos FV:	6
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	2,10 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	2,00 kW
Tensão de rede:	20,0 kV
Razão de potência nominal:	117 %
Factor de dimensionamento:	90 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1360,5 h



SMA SB 2.0-1VL-40

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 1

6 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:		
Número de strings:	1		
Módulos FV:	6		
Potência de pico (entrada):	1,80 kWp		
Tensão FV típica:	✓ 204 V		
Tensão FV mín.:	188 V		
Potência CC mín. (tensão de rede 20,0 kV):	50 V		
Tensão FV máx.:	✓ 294 V		
Tensão CC máx.:	600 V		
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 8,2 A		
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	10 A		
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	18 A		
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 8,8 A		

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

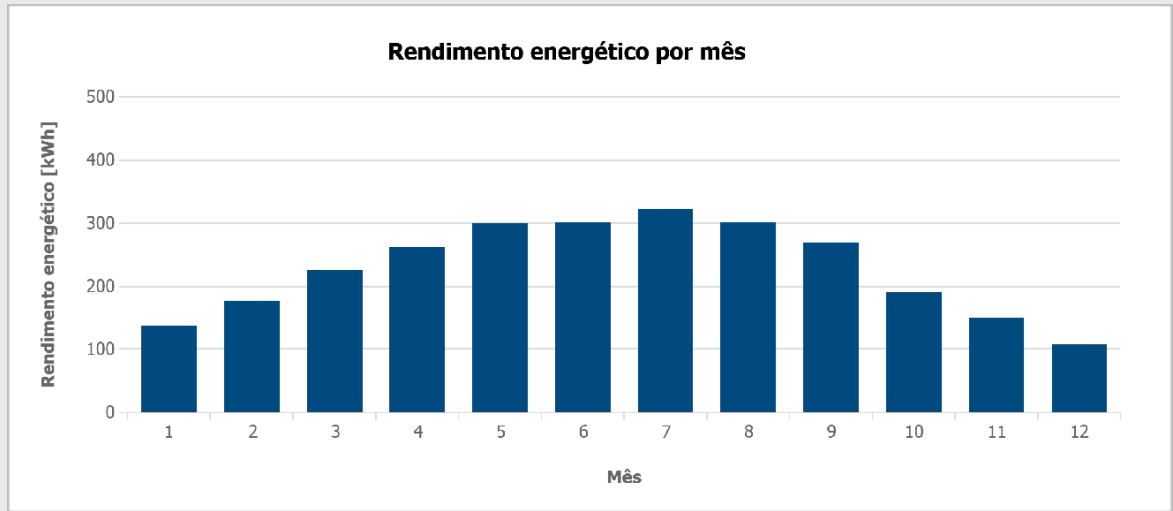
Valores mensais

Nome do projecto: Novo projecto

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

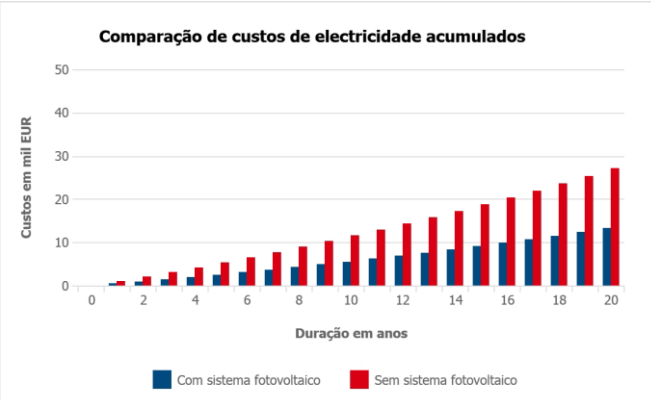
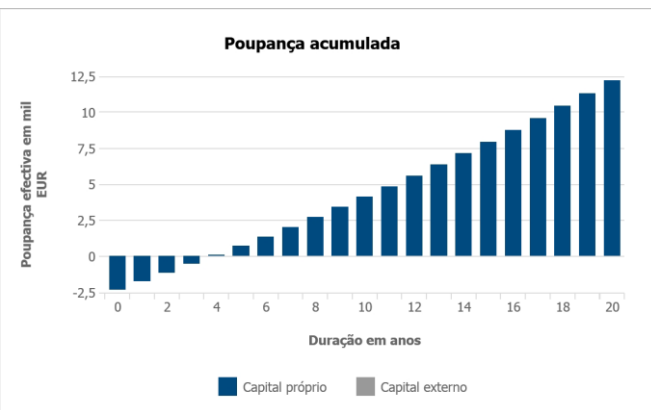
Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	136 (5,0 %)	110	26	245
2	176 (6,5 %)	135	40	176
3	224 (8,2 %)	160	64	163
4	260 (9,5 %)	176	84	97
5	298 (10,9 %)	197	100	76
6	299 (11,0 %)	183	115	54
7	320 (11,8 %)	189	131	58
8	299 (11,0 %)	196	103	60
9	267 (9,8 %)	167	101	80
10	188 (6,9 %)	140	48	156
11	149 (5,5 %)	115	33	225
12	106 (3,9 %)	89	17	242

Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.)	520 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	12.146 EUR
Custos de electricidade evitados após 20 ano(s) (aprox.)	13.851 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	1.579 EUR
Período de amortização previsto em anos (aprox.)	4
Custos de produção de electricidade ao longo de 20 ano(s) (aprox.)	0,064 EUR/kWh
Rendimento anual	18,50 %
Investimento total	2.340,00 EUR



Comparação custos anuais electricid.

Hoje sem sistema fotovoltaico

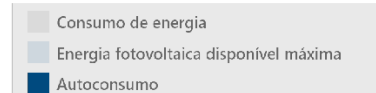
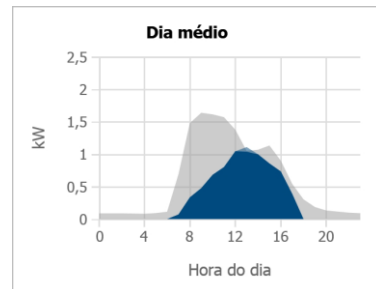
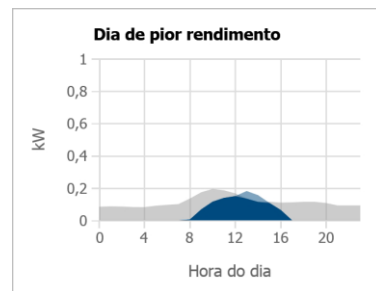
977 EUR

Em 20 ano(s) sem sistema fotovoltaico

1.765 EUR

Hoje com sistema fotovoltaico

387 EUR



Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Financiamento

A moeda é **EUR**

A quota-parte de capital próprio é de **100 %**

A quota-parte de capital externo é de **0 %**

O financiamento total é de **0,00 EUR**

A taxa de inflação é de **3,00 %**

O período de análise da rentabilidade é de **20 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,28000 EUR/kWh**

AS tarifas especiais não são consideradas

A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**

A compensação por injeção na rede é de **0,10000 EUR/kWh**

A duração da compensação por injeção na rede é de **20 anos**

A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**

O lucro proveniente da electricidade injectada após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh**

Estimativa não vinculativa dos custos

Nome do projecto: Novo projecto

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Custos do projecto

Sistema fotovoltaico	1.300,00 EUR/kWp x 1,80 kWp	2.340,00 EUR
Outros custos		---
Investimento total		2.340,00 EUR

Custos fixos

Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	1,50 % dos custos de investimento	35,10 EUR
--	-----------------------------------	-----------

8 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**Projecto:** Novo projecto**Local de instalação:** Portugal / Coimbra**Número do projecto:** ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema**8 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Superfície 1)**

Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 2,40 kWp

**1 x SMA SB 2.5-1VL-40****Dados de dimensionamento fotovoltaico**

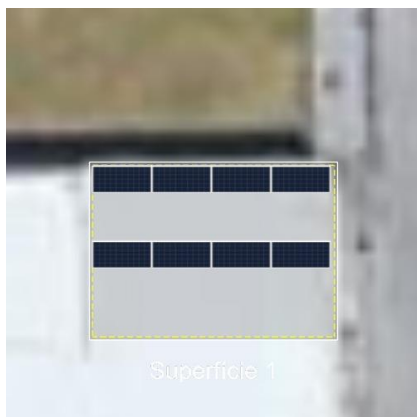
Quantidade total de módulos FV:	8	Rendimento energético espec.*:	1525 kWh/kWp
Potência de pico:	2,40 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	2,50 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	2,50 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	2,50 kW	Autoconsumo:	2.137,06 kWh
Relação de potência activa:	104,2 %	Quota de autoconsumo:	58,4 %
Rendimento energético anual*:	3.659,63 kWh	Taxa de autonomia:	61,2 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	37 t
Rácio de desempenho*:	85,2 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

O seu sistema energético em resumo

Projecto: Novo projecto



Ruben Ladeira
ISEC - Coimbra

Número do ---

país de: Portugal / Coimbra
Datação: 21/05/2020

Criada com Sunny Design 5.0.0.R
© SMA Solar Technology AG 2020

Sistema energético

Sistema fotovoltaico



Inversor fotovoltaico
1 x SMA SB 2.5-1VL-40



Geradores fotovoltaicos
8 x .SMA SMA Demo Poly 300W

Componentes adicionais



Gestão energética

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

2,40 kWp

Vantagens



Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)

2.800 EUR



Taxa de autonomia

61,2 %



Custos de eletricidade evitados no primeiro ano

598 EUR



Redução de CO₂ após 20 ano(s)

37 t

Poupança total após 20 ano(s)

14.446 EUR

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra**Temperatura ambiente:**

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1
1 x SMA SB 2.5-1VL-40 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	2,40 kWp
Quantidade total de módulos FV:	8
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	2,65 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	2,50 kW
Tensão de rede:	20,0 kV
Razão de potência nominal:	110 %
Factor de dimensionamento:	96 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1463,9 h


SMA SB 2.5-1VL-40
Dados de dimensionamento fotovoltaico
Entrada A: Superfície 1

8 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:		
Número de strings:	1		
Módulos FV:	8		
Potência de pico (entrada):	2,40 kWp		
Tensão FV típica:	✓ 272 V		
Tensão FV mín.:	250 V		
Potência CC mín. (tensão de rede 20,0 kV):	50 V		
Tensão FV máx.:	✓ 391 V		
Tensão CC máx.:	600 V		
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 8,2 A		
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	10 A		
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	18 A		
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 8,8 A		

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

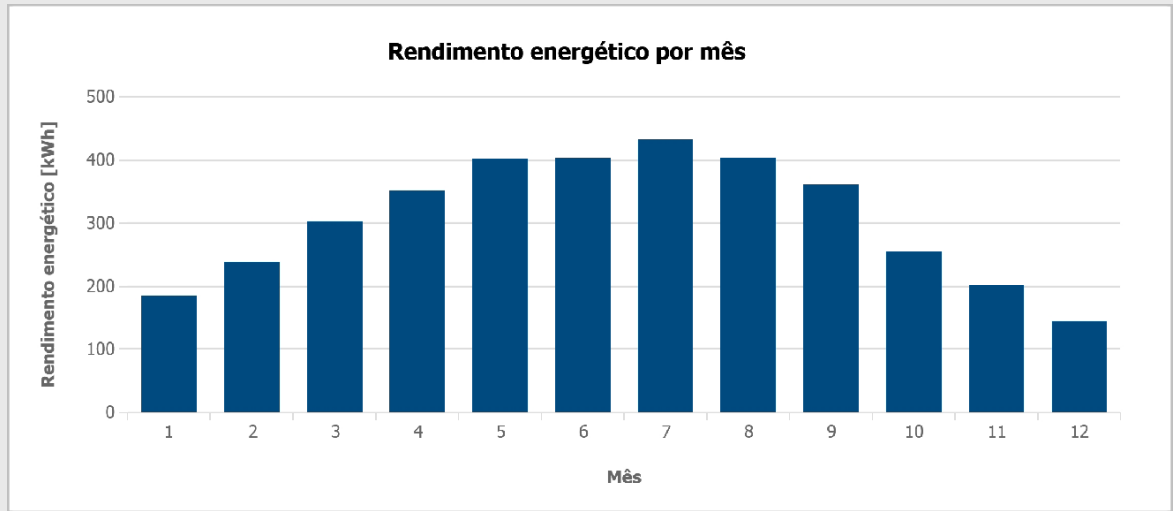
Valores mensais

Nome do projecto: Novo projecto

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

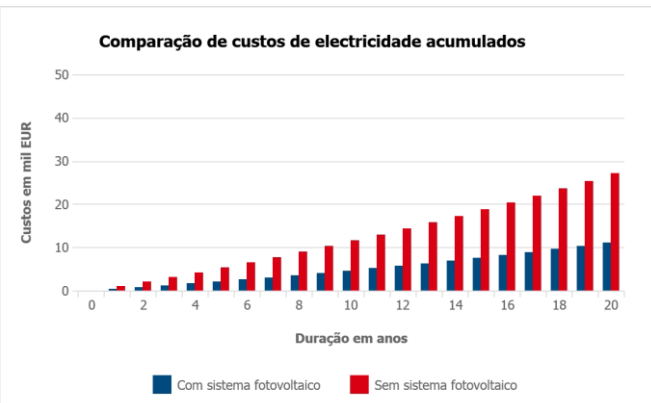
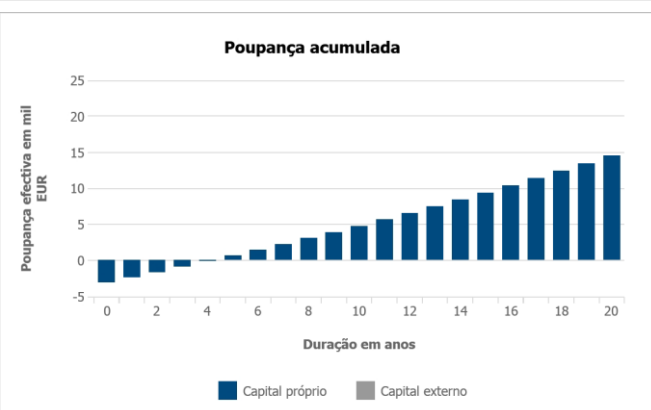
Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	184 (5,0 %)	137	47	218
2	236 (6,5 %)	166	71	146
3	301 (8,2 %)	188	113	135
4	349 (9,5 %)	199	150	74
5	400 (10,9 %)	221	179	52
6	401 (11,0 %)	198	203	39
7	430 (11,8 %)	205	226	43
8	402 (11,0 %)	212	190	44
9	359 (9,8 %)	185	174	61
10	253 (6,9 %)	166	87	129
11	201 (5,5 %)	146	55	195
12	143 (3,9 %)	113	30	218

Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.)	598 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	14.446 EUR
Custos de electricidade evitados após 20 ano(s) (aprox.)	16.024 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	2.800 EUR
Período de amortização previsto em anos (aprox.)	5
Custos de produção de electricidade ao longo de 20 ano(s) (aprox.)	0,063 EUR/kWh
Rendimento anual	16,50 %
Investimento total	3.120,00 EUR



Comparação custos anuais electricid.

Hoje sem sistema fotovoltaico

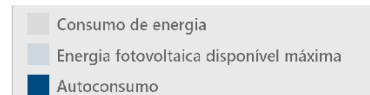
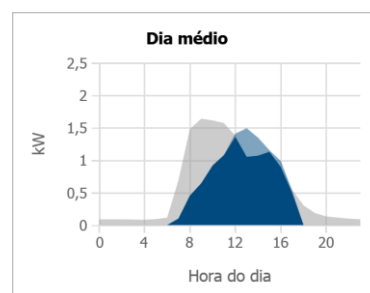
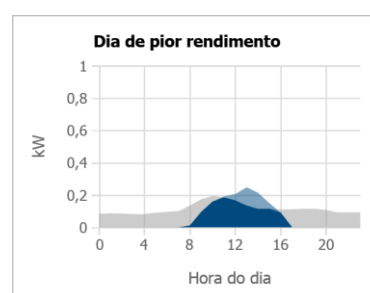
977 EUR

Em 20 ano(s) sem sistema fotovoltaico

1.765 EUR

Hoje com sistema fotovoltaico

241 EUR



Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Financiamento

A moeda é **EUR**

A quota-parte de capital próprio é de **100 %**

A quota-parte de capital externo é de **0 %**

O financiamento total é de **0,00 EUR**

A taxa de inflação é de **3,00 %**

O período de análise da rentabilidade é de **20 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,28000 EUR/kWh**

AS tarifas especiais não são consideradas

A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**

A compensação por injeção na rede é de **0,10000 EUR/kWh**

A duração da compensação por injeção na rede é de **20 anos**

A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**

O lucro proveniente da electricidade injectada após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh**

Estimativa não vinculativa dos custos

Nome do projecto: Novo projecto

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Custos do projecto

Sistema fotovoltaico	1.300,00 EUR/kWp x 2,40 kWp	3.120,00 EUR
Outros custos		---
Investimento total		3.120,00 EUR

Custos fixos

Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	1,50 % dos custos de investimento	46,80 EUR
--	-----------------------------------	-----------

12 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**Projecto:** Novo projecto**Local de instalação:** Portugal / Coimbra**Número do projecto:** ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema**12 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Superfície 1)**

Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 3,60 kWp

**1 x SMA SB3.6-1AV-41****Dados de dimensionamento fotovoltaico**

Quantidade total de módulos FV:	12	Rendimento energético espec.*:	1526 kWh/kWp
Potência de pico:	3,60 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	3,68 kVA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	3,68 kW	Consumo anual de energia:	3.490 kWh
Potência activa CA:	3,68 kW	Autoconsumo:	2.400,06 kWh
Relação de potência activa:	102,2 %	Quota de autoconsumo:	43,7 %
Rendimento energético anual*:	5.493,26 kWh	Taxa de autonomia:	68,8 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	56 t
Rácio de desempenho*:	85,3 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

O seu sistema energético em resumo

Projecto: Novo projecto



Electricista Silva
Rua Silva 21
54321 Lisboa

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-mail: info@el-silva.de
Internet: www.el-silva.de

Número do ---

Projeto: Portugal / Coimbra
Instalação: 20/05/2020

Criada com Sunny Design 5.0.0.R
© SMA Solar Technology AG 2020

Sistema energético

Sistema fotovoltaico



Inversor fotovoltaico
1 x SMA SB3.6-1AV-41



Geradores fotovoltaicos
12 x .SMA SMA Demo Poly 300W

Componentes adicionais



Gestão energética

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

3,60 kWp

Vantagens



Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)

5.734 EUR



Taxa de autonomia

68,8 %



Custos de eletricidade evitados no primeiro ano

672 EUR



Redução de CO₂ após 20 ano(s)

56 t

Poupança total após 20 ano(s)

17.316 EUR

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA SB3.6-1AV-41 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	3,60 kWp
Quantidade total de módulos FV:	12
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	3,88 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	3,68 kW
Tensão de rede:	20,0 kV
Razão de potência nominal:	108 %
Factor de dimensionamento:	97,8 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1492,7 h



SMA SB3.6-1AV-41

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 1

12 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Azimute: 0 °, Inclinação: 30 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	1		
Módulos FV:	12		
Potência de pico (entrada):	3,60 kWp	---	
Tensão FV típica:	✓ 408 V	---	
Tensão FV mín.:	376 V	---	
Potência CC mín. (tensão de rede 20,0 kV):	100 V	100 V	
Tensão FV máx.:	✓ 587 V	---	
Tensão CC máx.:	600 V	600 V	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 8,2 A	---	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	15 A	15 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	20 A	20 A	
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 8,8 A	---	

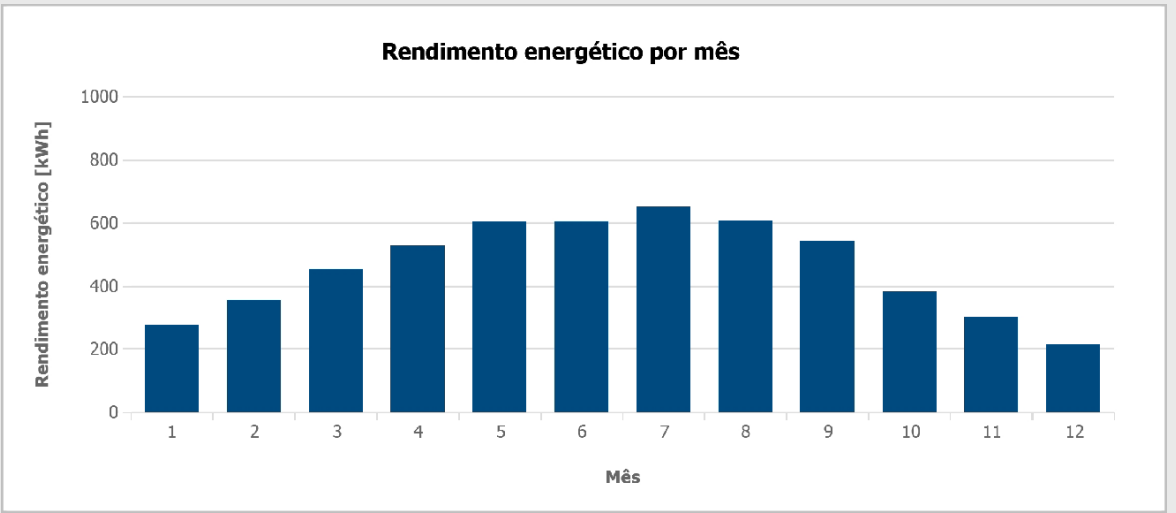
Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Valores mensais

Nome do projecto: Novo projecto
Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Diagrama



Tabela

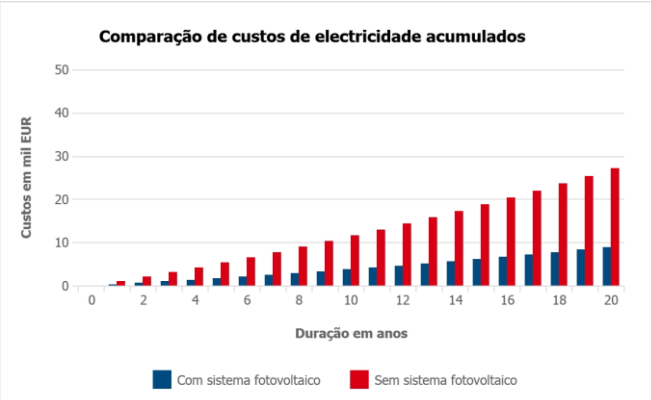
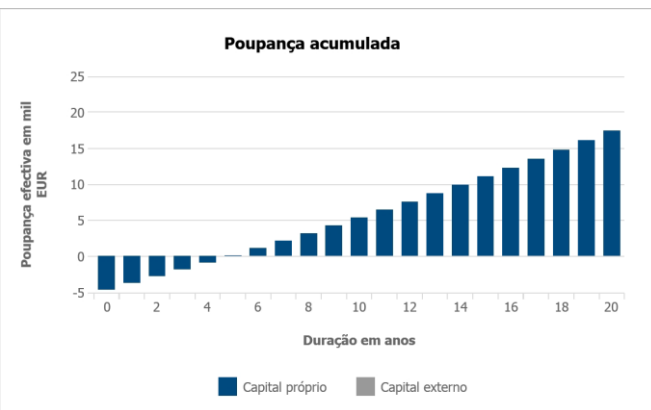
Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	275 (5,0 %)	170	105	185
2	354 (6,5 %)	197	158	115
3	451 (8,2 %)	216	235	107
4	524 (9,5 %)	217	308	56
5	600 (10,9 %)	239	362	34
6	603 (11,0 %)	207	396	31
7	646 (11,8 %)	213	433	34
8	604 (11,0 %)	222	382	34
9	540 (9,8 %)	201	339	45
10	380 (6,9 %)	193	187	102
11	301 (5,5 %)	181	119	159
12	214 (3,9 %)	145	69	186

Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.)	672 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	17.316 EUR
Custos de electricidade evitados após 20 ano(s) (aprox.)	18.148 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	5.734 EUR
Período de amortização previsto em anos (aprox.)	5
Custos de produção de electricidade ao longo de 20 ano(s) (aprox.)	0,063 EUR/kWh
Rendimento anual	13,19 %
Investimento total	4.680,00 EUR



Comparação custos anuais electricid.

Hoje sem sistema fotovoltaico

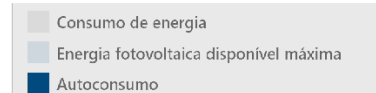
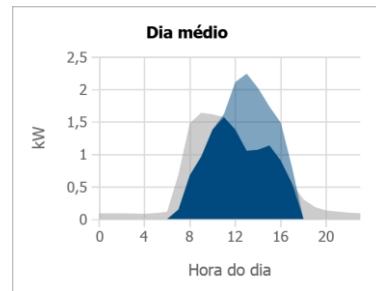
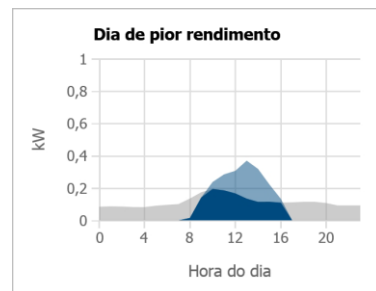
977 EUR

Em 20 ano(s) sem sistema fotovoltaico

1.765 EUR

Hoje com sistema fotovoltaico

9 EUR



Análise da rentabilidade

Projecto: Novo projecto

Número do projecto:

Financiamento

A moeda é **EUR**

A quota-parte de capital próprio é de **100 %**

A quota-parte de capital externo é de **0 %**

O financiamento total é de **0,00 EUR**

A taxa de inflação é de **3,00 %**

O período de análise da rentabilidade é de **20 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,28000 EUR/kWh**

AS tarifas especiais não são consideradas

A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**

A compensação por injeção na rede é de **0,10000 EUR/kWh**

A duração da compensação por injeção na rede é de **20 anos**

A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**

O lucro proveniente da electricidade injectada após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh**

Estimativa não vinculativa dos custos

Nome do projecto: Novo projecto

Local de instalação: Portugal / Coimbra

Número do projecto:

Custos do projecto

Sistema fotovoltaico	1.300,00 EUR/kWp x 3,60 kWp	4.680,00 EUR
Outros custos		---
Investimento total		4.680,00 EUR

Custos fixos

Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	1,50 % dos custos de investimento	70,20 EUR
--	-----------------------------------	-----------

