



Instituto Politécnico de Tomar  
**Escola Superior de Tecnologias de Tomar**

**Tiago Pinto Salgueiro**

# **Estágio na Volkswagen Autoeuropa**

Relatório de Estágio

Orientado por:

Professor Adjunto Mário Helder Rodrigues Gomes  
Instituto Politécnico de Tomar

Relatório de Estágio apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica - Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial







## RESUMO

---

Este relatório é referente ao estágio curricular do mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Controlo e Eletrónica industrial, que decorreu durante o ano letivo 2015/2016, na Área da Qualidade da empresa Autoeuropa.

O âmbito deste estágio consistiu no projeto de melhoria do sistema de iluminação da área da Sala de Medições no departamento de Qualidade, tendo como objetivo estar de acordo com a norma europeia EN12464-1, referente a iluminação de interiores, e a norma interna na Volkswagen VDI/ VDE 2627. No seguimento deste trabalho foi realizado um relatório semanal para controlo da temperatura e da humidade, e ainda foi criada uma base de dados para controlo dos tempos de medição de peças simples.

No decorrer do relatório será feita uma breve apresentação da área da Sala de Medições, do modo como é feito o controlo da temperatura da sala, e de todos os passos de desenvolvimento do projeto para melhoria das condições de iluminação neste departamento.

**Palavras-chave:** Iluminação; Medição; Controlo; Temperatura; Humidade.



# ABSTRACT

---

This report is relative of a traineeship, inserted into the master's degree in Electrotechnical Engineering – Control and Industrial Electronics, which occurred in the school year 2015/2016 at Autoeuropa company.

The scope of this internship consisted in the improvement project area lighting system Measurement room in the Quality department, to agree with the standard European norm EN 12464-1, respective to lighting, and the internal norm in Volkswagen VDI/VDE 2627.

Following this work was carried out a weekly report to control the temperature and humidity in the room, and was even created a database for control of simple parts measurement times.

During this report will be a brief presentation of the Measurement area, how is done the temperature control, and all project development steps to improve the lighting conditions in this department.

**Keywords:** Lighting; Measurement; Control; Temperature; Humidity.



## AGRADECIMENTOS

---

Quero agradecer ao meu orientador do Instituto Politécnico de Tomar, Professor Mário Helder, pela ajuda dada na realização deste relatório.

Quero agradecer ao meu orientador de estágio do Departamento do *Measuring* da Autoeuropa, Eng.º Vítor Martins, pela oportunidade que me deu de realizar este estágio, e pela disponibilidade que demonstrou sempre em ajudar no decorrer do estágio.

Quero agradecer a todo o pessoal pertencente ao departamento do *Measuring* pela amizade, companheirismo, e pelos conhecimentos e apoio dado no âmbito deste estágio.

Quero agradecer à minha família e namorada pelo incentivo, coragem e apoio dado durante o mestrado e especialmente durante esta reta final.

Quero agradecer também a todos os colegas de Curso pela amizade, companheirismo e apoio ao longo de toda esta jornada académica.



# ÍNDICE

RESUMO.....	III
ABSTRACT .....	V
AGRADECIMENTOS .....	VII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS .....	XIX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XXI
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Caracterização da empresa .....	1
1.2 Volkswagen Autoeuropa .....	2
1.2.1 Centro de Medições do departamento da Qualidade .....	4
2 O ESTÁGIO.....	9
2.1 Projeto de implementação de iluminação LED na área do Measuring.....	9
2.1.1 Luminotecnia .....	10
2.1.2 Tipos de Lâmpadas.....	15
2.1.2.1 Lâmpadas de Descarga .....	15
2.1.2.2 Lâmpadas de Indução .....	27
2.1.2.3 Lâmpadas de Incandescência.....	28
2.1.2.4 Lâmpadas LED (Ligth Emiting Diode) .....	30
2.1.3 Dispositivos Auxiliares.....	34
2.1.4 Luminárias .....	38
2.1.4.1 Luminárias para iluminação de Interior.....	41
2.1.4.1.1 Luminárias Encastradas .....	41
2.1.4.1.2 Luminárias de Montagem Suspensa .....	41

2.1.4.1.3	Luminárias de Montagem Saliente .....	42
2.1.4.1.4	Luminárias de Montagem Saliente Estanques .....	42
2.1.4.1.5	Luminária de Montagem Saliente do tipo Régua .....	43
2.1.4.1.6	Luminárias do tipo Downlight .....	44
2.1.4.1.7	Luminárias com Calha Eletrificada .....	45
2.1.5	Dimensionamento de um sistema de iluminação .....	46
2.1.5.1	Cálculo Luminotécnico.....	46
2.1.5.2	Eficiência do Sistema de Iluminação.....	53
2.1.5.3	Cálculo de rentabilidade .....	55
2.1.6	Iluminação de Espaços Interiores .....	58
3	Trabalho desenvolvido .....	63
3.1	Sala MCB VW428 (Antigo Masterbuck) .....	64
3.1.1	Situação atual do sistema de iluminação .....	64
3.1.2	Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED .....	69
3.2	Sala do Geometry Control .....	73
3.2.1	Situação atual do sistema de iluminação .....	73
3.2.2	Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED .....	76
3.3	Sala MBC VW364 (Antigo Cubing) .....	78
3.3.1	Situação atual do sistema de iluminação .....	78
3.3.2	Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED .....	81
3.4	Estudo de ergonomia .....	88
3.5	Controlo de Temperatura e Humidade no Measuring .....	90
3.5.1	Análise da informação .....	93
3.6	Base de dados de Inputs das Máquinas de Medição Dea e Zeiss .....	103
4	Conclusão .....	113
5	Referências bibliográficas .....	115
6	Anexos.....	117

6.1 Especificação do sistema de iluminação da Sala MBC VW364 ..... 117



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – “Carocha” de 1949 [1] .....	1
Figura 2 – Linha da Montagem Final [2] .....	3
Figura 3 - Diagrama do Measuring.....	4
Figura 4 - Processo de Masterbuck.....	5
Figura 5 - Diagrama de Cubing .....	6
Figura 6 - Volkswagen Sharan .....	7
Figura 7 - Exemplo do Software Catia .....	8
Figura 8 - Espectro Eletromagnético [4] .....	11
Figura 9 - Curva de Sensibilidade do olho humano a radiações monocromáticas [4] .....	11
Figura 10 - A superfície absorve os raios de luz incidente exceto os raios vermelhos [5]..	12
Figura 11 - Intensidade Luminosa, Fluxo, Luminância, Iluminância [6].....	13
Figura 12 - Lâmpadas de descarga .....	15
Figura 13 – Esquema de uma lâmpada de mercúrio [9] .....	16
Figura 14 - Fluxo de energia de uma lâmpada de vapor de mercúrio [9].....	17
Figura 15 – Configuração da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão [9] .....	18
Figura 16 – Fluxo de energia para uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão [9] .....	18
Figura 17 – Fluxo de energia para uma lâmpada de mercúrio de iodetos metálicos [9] .....	20
Figura 18 – Configuração da lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [9] .....	20
Figura 19 – Configuração da lâmpada de luz mista [9].....	21
Figura 20 – Esquema de uma lâmpada Fluorescente [10].....	23
Figura 21 - Exemplo de uma T5, T8 e T2 .....	23
Figura 22 – Comparação de uma lâmpada fluorescente T5 com uma T8 [11] .....	24
Figura 23 – Fluxo de energia para uma lâmpada fluorescente [9] .....	24
Figura 24 – Diferentes morfologias de uma lâmpada fluorescente [12] .....	25
Figura 25 – Esquema de uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão [13] .....	26
Figura 26 - Constituição de uma lâmpada de indução.....	27
Figura 27 – Fluxo de energia de uma lâmpada incandescente [9].....	29
Figura 28 – lâmpadas de halogéneo com diferentes aplicações [] .....	30
Figura 29- Esquema interior de um LED (Díodo emissor de Luz) [14].....	31
Figura 30- Diferentes configurações de lâmpadas LED Osram .....	31

Figura 31 - Led Tubular [15].....	32
Figura 32 – LED tubular [16].....	34
Figura 33 – Arrancador Smart Starter Philips [17].....	35
Figura 34 – Circuito com um condensador, balastro, ignitor e lâmpada [18].....	35
Figura 35 – Ignitor da Philips [19] .....	35
Figura 36 – Condensadores de compensação [20] .....	36
Figura 37 – Balastro Eletromagnético [21] .....	37
Figura 38 - Balastro eletrônico [22] .....	38
Figura 39- Diagrama polar de uma luminária de iluminação de interior [23].....	39
Figura 40 – Exemplo de tipos de iluminação [24].....	40
Figura 41- Luminária encastrada [25] .....	41
Figura 42 – Luminária de montagem suspensa [26].....	41
Figura 43 – Luminária de montagem saliente [26].....	42
Figura 44 – Luminária de montagem saliente estanque [26].....	42
Figura 45 – Luminária de montagem saliente do tipo Régua [26] .....	43
Figura 46 – Luminária do tipo Downlight [26] .....	44
Figura 47 – Luminária com calha eletrificada [26] .....	45
Figura 48 – Altura útil ( <i>hu</i> ) [4].....	48
Figura 49 – Distribuição de luminárias tendo em conta as paredes do recinto [31].....	52
Figura 50 – Ambiente gráfico de um projeto realizado em DIALux [29].....	53
Figura 51 – Planta do departamento (Measuring) .....	63
Figura 52 – Resultados obtidos com medição real na sala MBC VW 428 .....	66
Figura 53 – Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW 428 .....	67
Figura 54 – Espectro da Luminária utilizada na sala MBC VW 364 .....	68
Figura 55 – Representação de cores Falsas na sala VW 428 (situação atual).....	69
Figura 56 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW 428 com luminárias LED .....	70
Figura 57 – Luminária Led TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS .....	71
Figura 58 - Representação de cores Falsas na sala VW 428 com luminárias LED.....	72
Figura 59 - Resultados obtidos com medição real na sala do Geometry Control .....	73
Figura 60 - Resultados simulados em DIALux na sala Geometry Control atual .....	74
Figura 61 – Luminária atual da sala Geometry Control (Etap modelo E31/258 P2) .....	75

Figura 62 - Representação de cores Falsas na sala Geometry Control (situação atual) .....	75
Figura 63 - Resultados simulados em DIALux na sala Geometry Control com luminárias LED .....	76
Figura 64 - Representação de cores Falsas na sala Geometry Control com luminárias LED .....	77
Figura 65 - Resultados obtidos com medição real na sala MBC VW364 .....	78
Figura 66 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 atual .....	79
Figura 67 – Espectro da luminária utilizada atualmente na sala MBC VW364 .....	80
Figura 68 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW364 (situação atual).....	81
Figura 69 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 com luminárias LED (Opção A) .....	82
Figura 70 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW 364 com luminárias LED (Opção A) .....	83
Figura 71 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 com luminárias Led (Opção B) .....	84
Figura 72 - Valores de iluminância para zona de inspeção da sala MBC VW 364 (Opção B) .....	85
Figura 73 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW 364 com luminárias LED (Opção B) .....	86
Figura 74 - Divisão em três zonas de trabalhos distintas com novas luminárias LED.....	86
Figura 75 - Representação de cores falsas nas três zonas de trabalhos distintas com novas luminárias LED.....	87
Figura 76 – Localização dos sensores de temperatura e humidade – Zona do Geometry Control e MBC VW428.....	92
Figura 77 - – Localização dos sensores de temperatura e humidade – Zona MBC VW364	93
Figura 78 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - 22°C+/-2°C .....	94
Figura 79 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação - 22°C+/-2°C .....	94
Figura 80 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 60min(<1°C) .....	95
Figura 81 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>1°C) .....	95
Figura 82 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 4 horas (<1.5°C).....	96

Figura 83 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>1.5°C)	96
Figura 84 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 24 horas (<2°C)	97
Figura 85 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>2°C)	97
Figura 86 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 24 horas (<2°C)	98
Figura 87 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>2°C)	98
Figura 88 - Análise Comparativa entre sensores – Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - (<0,5°C)	99
Figura 89 - Análise comparativa entre sensores por semana – (>0.5°C)	99
Figura 90 - Análise da Temperatura – Sala 1 G.C. & VW428 Área e da Saída da conduta do AC	100
Figura 91 - Análise da Temperatura – Sala 1 G.C. & VW428 Área, Saída da conduta do AC e Exterior	101
Figura 92 - Análise da Humidade – Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - 30% a 60%	102
Figura 93 - Análise comparativa da humidade por semana - 30% a 60%	102
Figura 94 - Análise da Humidade – Sala 1 G.C. & VW428 Área e a Humidade exterior - Norma 30% a 60%	103
Figura 95 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Dea 1	104
Figura 96 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Dea 2	104
Figura 97 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Zeiss 1	104
Figura 98 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Zeiss 2	105
Figura 99 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Clinching 1	105
Figura 100 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Clinching 2	105
Figura 101 - Menu de entrada da base de dados	106
Figura 102 - Menu principal	107
Figura 103 - Folha de registo de medição de uma peça	108
Figura 104 - Tabela de registo do tempo de medição de cada peça	111
Figura 105 – Gráficos do tempo de utilização das máquinas	112

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro resumo das grandezas .....	13
Tabela 2 - Tonalidade de cor de uma lâmpada .....	14
Tabela 3 - Valores característicos da lâmpada de vapor de mercúrio .....	17
Tabela 4 - Valores característicos da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão .....	19
Tabela 5 - Valores característicos da lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos .....	20
Tabela 6 - Valores característicos da lâmpada de luz mista .....	22
Tabela 7 - Valores característicos da lâmpada fluorescente .....	24
Tabela 8 - Valores característicos da lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.....	27
Tabela 9 - Valores característicos da lâmpada de indução .....	28
Tabela 10 - Valores característicos da lâmpada de halogéneo .....	30
Tabela 11 - Valores característicos de uma lâmpada LED.....	32
Tabela 12 - Características dos diversos tipos de lâmpadas .....	33
Tabela 13 - Níveis de iluminância adequados a diferentes tarefas ou atividades [28] .....	47
Tabela 14 - Tabela de fator de utilização exemplo [31] .....	49
Tabela 15 - Coeficientes de reflexão [4] .....	50
Tabela 16 - Tabela de fator de manutenção [4] .....	50
Tabela 17 - Tabela de um sistema de iluminação.....	56
Tabela 18 – Exemplo de custos com os sistemas atual e de melhoria.....	58
Tabela 19 - Valores de iluminância inscritos na EN 12464-1:2011 de acordo com o local ou atividade.....	65
Tabela 20 - Tabela de iluminância da sala VW 428 atual (Resultados simulados em DIALux) .....	67
Tabela 21 - Tabela de iluminância da sala VW 428 atual (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED) .....	70
Tabela 22 - Tabela de iluminância da sala Geometry Control atual (Resultados simulados em DIALux) .....	74
Tabela 23 - Tabela de iluminância da sala Geometry Control (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED).....	76
Tabela 24 - Tabela de iluminância da sala MBC VW364 atual (Resultados simulados em DIALux) .....	79

Tabela 25 - Tabela de iluminância da sala MBC VW 364 (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED) “Opção A” .....	82
Tabela 26 - Tabela de iluminância da sala MBC VW 364 (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED) “Opção B” .....	84
Tabela 27 - Consumos energéticos na sala MBC VW 428 e Geometry Control .....	88
Tabela 28 - Saving com a introdução de novas luminárias LED .....	88
Tabela 29 - Consumos totais e parciais na sala MBC VW364.....	88
Tabela 30 - Norma em vigor para temperatura e humidade nas salas de medição.....	91

## **LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS**

LED – Ligth Emiting Diode

OLED – Organic Ligth Emiting Diode

SI – Sistema International

UGR – Unified Glare Rating

IRC – Índice de Restituição Cromática



## LISTA DE SÍMBOLOS

% – Percentagem

A – Ampere

°C – Graus Celsius

$\Delta T$  - Variação de Tempo

$\Delta t$  - Variação de Temperatura

V – Volt

W – Watt

E – Iluminância (lux)

$\Phi$  – Fluxo Luminoso (Lúmen)

I - Intensidade Luminosa (Candela)



# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório descreve o estágio de mestrado que decorreu entre o mês de outubro de 2015 e o mês de junho de 2016, na empresa Volkswagen Autoeuropa, no departamento do *Measuring*.

No capítulo 1 começa-se por efetuar uma breve descrição da empresa. De seguida faz-se também uma descrição sobre a área de acolhimento, e as principais atividades realizadas na mesma.

No capítulo 2 descreve-se o estágio que teve incidência no projeto de iluminação *LED* no departamento da Qualidade, na área do *Measuring*, entre outras funções desempenhadas ao longo do estágio.

Finalmente, no capítulo 3 indicam-se as conclusões.

## 1.1 Caracterização da empresa

O grupo Volkswagen é atualmente um dos maiores fabricantes de automóveis do mundo, com sede na cidade de Wolfsburg, na Alemanha.

A origem da empresa remonta à década de 1937, e ao projeto de construção do automóvel que ficaria conhecido na Alemanha como “Käfer”, nos Estados Unidos e Grã-Bretanha como “Beetle”, em Portugal como “carocha”. Na figura 1 apresenta-se uma fotografia do VW Carocha [1].



Figura 1 – “Carocha” de 1949 [1]

O objetivo era criar um automóvel barato, que estivesse acessível para qualquer pessoa, ou seja, que pudesse através de um sistema de poupança, voltado para a sua aquisição. O engenheiro responsável pelo desenvolvimento do modelo foi Ferdinand Porsche (1875-1952), apesar de grande parte do desenho ter sido inspirado nos carros desenvolvidos por Hans Ledwinka para a empresa Tatra.

Após 1948, a Volkswagen tornou-se um elemento simbólico e económico, da recuperação da Alemanha Ocidental. Em 1964, ocorre a aquisição da Audi/Auto-Union pelo grupo Volkswagen. A Audi detinha os conhecimentos tecnológicos sobre tração dianteira e motores refrigerados a água, que a Volkswagen tanto necessitava para produzir um sucessor do seu “tipo 1” designado anteriormente por “Carocha”. A influência da Audi abriu caminho a uma nova geração de automóveis tais como: Polo, Golf e Passat.

Com o passar do tempo e dos anos, a empresa assumiu um papel muito importante na indústria automóvel, sendo proprietário atualmente de marcas como Audi, Bentley, Bugatti, Ducati, Lamborghini, Seat, Porsche, Skoda, MAN, Scania e Volkswagen Camiões. A empresa assume obviamente um grande compromisso com os seus clientes.

## **1.2 Volkswagen Autoeuropa**

A iniciação da construção da Autoeuropa (Automóveis Lda.), teve início em 1991 no parque industrial de Palmela, situado no distrito de Setúbal, através de uma parceria entre a Volkswagen e a Ford. Estas constituíram uma “join-venture” (empreendimento conjunto) e as responsabilidades foram divididas: a Volkswagen liderou o desenvolvimento do veículo e a Ford o planeamento das instalações fabris e o aprovisionamento [2].

O início da sua produção efetiva deu-se em 1995 com a produção do (MPV) VW Sharan, Seat Alhambra e a Ford Galaxy.

Em 1999, o grupo Volkswagen assume 100% do capital social da Autoeuropa, esta medida não afetou a atividade produtiva da fábrica, mantendo assim o fabrico dos mesmos modelos nos anos seguintes.

- No final de 2000 efetuou-se a produção de MPV facelift, e deu-se início da atividade da unidade de negócio de cunhos e cortantes
- Em fevereiro de 2006 finaliza-se a produção da Ford Galaxy;
- Em junho de 2006 iniciou-se o SOP VW Eos;

- No início de 2008 iniciou-se o SOP VW Scirocco;
- No final de 2009 descontinuou-se a antiga linha de MPV, para a implementação da linha única de produção;
- No início de 2010 iniciou-se a produção do novo MPV e Facelift do EOS;
- No início de 2015 deu-se a produção do Facelift Scirocco, em julho do mesmo ano finaliza-se a produção Volkswagen Eos.

Desde a sua inauguração a Autoeuropa tem sido alvo de vários acordos entre a Volkswagen e o Governo Português, com vista a expandir-se e modernizar-se constantemente de modo a manter os elevados padrões do grupo para se tornar numa referência a nível do grupo. Estes investimentos tiveram como objetivo a instalação de novas infraestruturas, modernização de equipamentos e formação de colaboradores ao longo do tempo, de modo a tornar as linhas e métodos de produção cada vez mais eficientes e aumentar as competências.

Atualmente a fábrica conta com cerca de 3500 colaboradores. Em 2015 a Autoeuropa foi eleita como a melhor fábrica da marca Volkswagen no âmbito do programa “Macth18.FACTORY”, que visa a melhoria das unidades de produção da marca nas áreas de eficiência, espírito de equipa, competência, qualidade, inovação e lançamento de produtos. Na Figura 2 apresenta-se a linha da Montagem Final da VW Autoeuropa [3].

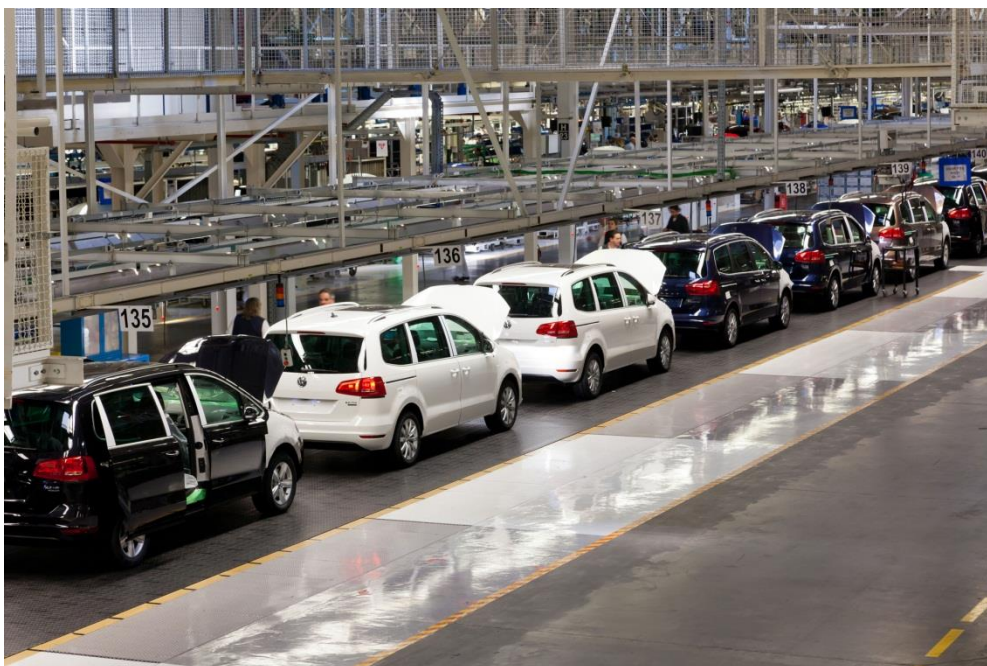


Figura 2 – Linha da Montagem Final [3]

### **1.2.1 Centro de Medições do departamento da Qualidade**

Neste ponto faz-se uma breve descrição sobre a área onde se realizou o estágio no âmbito do Trabalho Final de Mestrado.

O centro de Medições, *Masterbuck* e *Cubing* desenvolve a sua atividade organizada em cinco equipas:

*Masterbuck*, *Cubing*, Medições e Controlo Geométrico, Análises e Amostras Iniciais e Projetos e Programação “Off-line”.

Na figura 3 mostra-se o diagrama do departamento da sala de medições(*Measuring*) adotado na VW Autoeuropa.

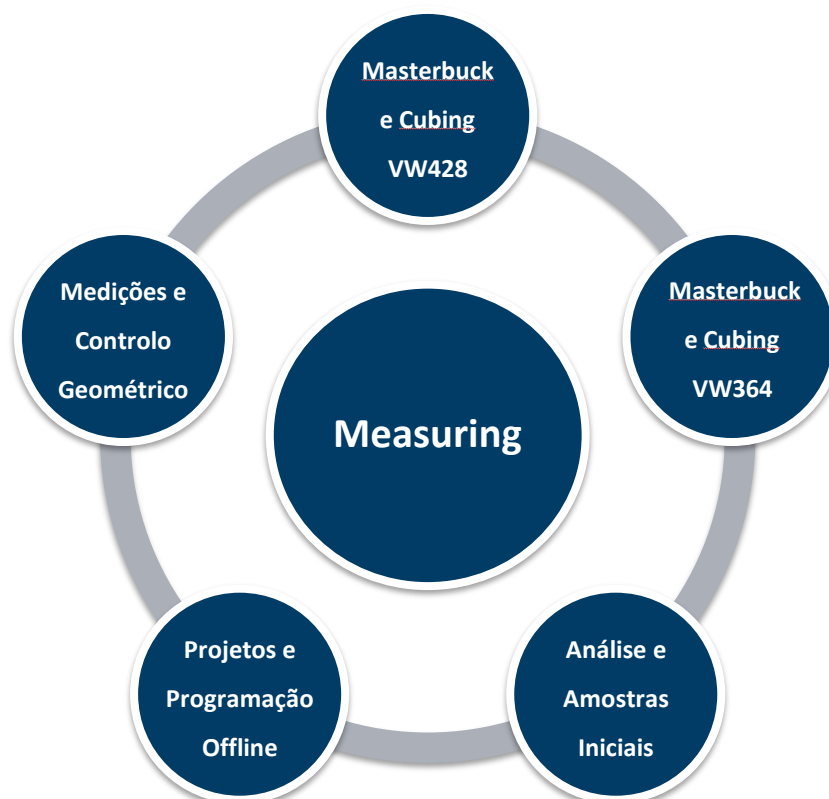


Figura 3 - Diagrama do Measuring

## Masterbuck

O *Masterbuck* é uma ferramenta da Volkswagen que permite melhorar a qualidade dos veículos através da análise de peças montadas numa estrutura nominal de alumínio (*Outer Masterbock*) numa escala de 1:1.

O objetivo é realizar uma análise às peças exteriores (painéis laterais, portas, capot e portão traseiro) através de um sistema de posicionamento designado de RPS (*Reference Point System*).

A montagem de peças compradas CP7 permite verificar a condição final entre as mesmas e as peças metálicas. Esta ferramenta permite verificar a situação do veículo no sistema de produção (Figura4).



Figura 4 - Processo de Masterbuck

## Cubing

O *cubing* é uma ferramenta da Volkswagen à escala de 1:1 em alumínio ou aço inox maquinado, com uma tolerância de duas décimas de milímetro (0.2mm).

As peças são montadas conforme o PDM (*Product Description Manual*) em “ambiente zero”, ou seja, sem variações do processo de construção da carroçaria.

Através da análise dimensional é possível quantificar os desvios detetados nas peças provenientes do fornecedor, e se estas cumprem com as características estabelecidas no desenho e acordadas com a Engenharia (Figura5).

Diagrama

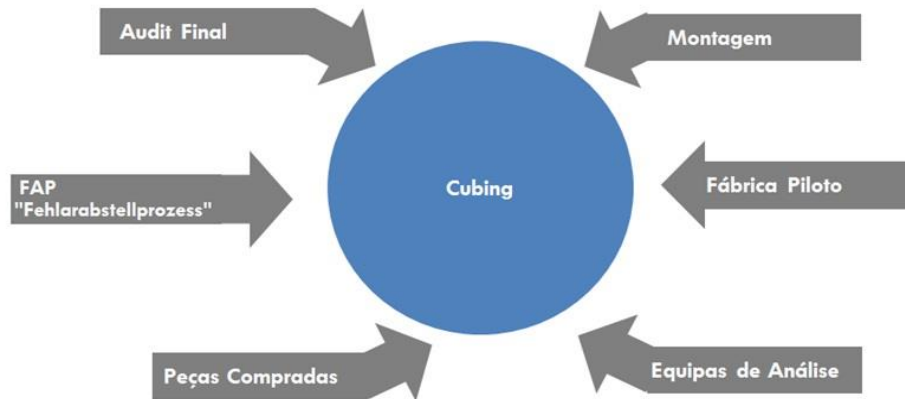


Figura 5 - Diagrama de Cubing

### **Medições e Controlo Geométrico**

Nesta área efetuam-se medições de rotina e medições especiais de peças estampadas, subconjuntos de carroçaria e carroçaria completa. Digitalização e medições especiais de ferramentas, peças, carroçarias e carros completos.

O controlo de produção é realizado por três fases: *Underbody*, *Framing* e *Doors to body*.

### **Análise de Amostras Iniciais**

Análises geométricas de problemas em peças simples, carroçarias e carros completos.

Investigações dimensionais resultantes de problemas de equipas multidisciplinares, indicadores de qualidade internos e externos.

Execução do processo das amostras iniciais (verificação de peças de estampagem, subconjuntos de carroçaria e carroçarias completas).

As equipas de amostras iniciais têm como objetivo garantir o nível de qualidade das peças CP5 produzidas “In-House”, desde o início do processo de construção das ferramentas de estampagem até à monitorização dos níveis de qualidade em produção série (figura6).



Figura 6 - Volkswagen Sharan

### **Projetos e Programação Off line**

A equipa de Projetos e Programação “Offline” executa todas as atividades de preparação e apoio às outras equipas do Centro de Medições, *Masterbuck* e *Cubing*.

Executa atividades desde a criação de programas de medição que serão posteriormente utilizadas nas máquinas de medição táteis e óticas, até à análise de necessidades de equipamentos e pessoas, bem como o respetivo levantamento de custos para o departamento numa fase de lançamento de um novo produto.

De seguida apresentam-se os *softwares* utilizados por esta equipa para a realização das suas tarefas:

**MTA**- *Software* onde são criados todos os pontos de Medição (PMP) e FM’s

**Athos** – *Software* de programação da Célula ótica.

**Ida** – *Software* de programação *off line*

**Quirl** – *Software* de criação/visualização de relatórios de medição.

**Catia** – *Software* de CAD para visualização e criação de modelos 3D, que também permite a análise teórica de modelos CAD(Figura 7).

Esta equipa efetua a análise, o planeamento e os custos de alterações organizacionais dentro do departamento e a aquisição de novos equipamentos.



Figura 7 - Exemplo do Software Catia

## 2 O ESTÁGIO

O estágio teve como início uma rápida apresentação do Centro de Medições e de todas as áreas existentes nas instalações, efetuada pelo chefe do departamento, senhor Eng.º Vítor Martins. De modo a conhecer melhor todas as áreas pertencentes ao departamento, numa fase inicial passei algum tempo em todas elas. Assim, acompanhei um responsável de cada área de modo a conhecer alguns processos como medição de peças simples, e análise de um carro completo.

No início do estágio foi-me atribuído um projeto que consistiu em melhorar o sistema de iluminação do departamento do *Measuring*, para introdução com base em luminárias industriais em *LED*. Numa primeira fase foi feito o planeamento sobre as várias etapas do projeto até à sua respetiva conclusão, como vou descrever nos próximos capítulos.

Ao longo do tempo desempenhei outras funções tais como o controlo da temperatura e humidade nas salas de medição de acordo com as normas da Volkswagen, e o controlo e administração de uma base de dados interna para o registo de medições para as várias máquinas de medição da área do Controlo Geométrico.

Durante cerca de um mês tive a oportunidade de conhecer o departamento de manutenção do “Body”, em que estive no laboratório de eletrónica e automação, estive em contacto com os autómatos da Siemens da série “S7-400”, realizando alguns exercícios teste fornecidos pelo responsável da área da manutenção.

### 2.1 Projeto de implementação de iluminação LED na área do *Measuring*

Nesta secção apresenta-se o projeto de alteração do sistema de iluminação da área do *Measuring* nas instalações da empresa da Volkswagen Autoeuropa.

O estudo luminotécnico nesta área incidiu em três zonas diferentes, a zona do *Masterbuck*, do *Geoemtry Control* e do *Cubing*.

O planeamento deste projeto numa primeira fase incidiu em identificar e caracterizar a instalação existente, fazer um estudo de iluminância do espaço, consultar normas em vigor para a iluminação de interior, custos energéticos associados à instalação

atual e análise de deficiências ou excessos de luminosidade para as necessidades de cada posto ou área.

A segunda fase do projeto consistiu na construção de um novo modelo de acordo com as necessidades reais de iluminação para cada zona de trabalho, e uma análise de mercado ao tipo de luminárias existentes para o ambiente industrial. Depois fez-se uma comparação entre a tecnologia escolhida, neste caso LED, e a tecnologia existente na atual instalação.

Com o novo projeto pretende-se encontrar a solução mais económica em termos de investimento e consumo, e verificar que se garante os parâmetros de iluminação nas zonas de trabalho onde se denota insuficiência de luminosidade. A última fase do projeto consistiu na apreciação e respetiva aprovação do mesmo.

Ao longo deste subcapítulo vamos fazer uma abordagem sobre alguns conceitos básicos de luminotecnia e uma abordagem aos vários tipos de lâmpadas e luminárias que constituem um sistema de iluminação e dispositivos auxiliares.

Vamos abordar o dimensionamento de um sistema de iluminação onde são apresentadas as diversas fases que constituem um projeto luminotécnico. Vamos referir as normas que regem a iluminação de interiores, sobre indicadores de avaliação de um projeto desta natureza.

### **2.1.1 Luminotecnia**

Nesta secção são abordados alguns conceitos e grandezas fundamentais da luminotecnia de modo a permitir um correto entendimento desta matéria. Para este efeito, os conteúdos aqui apresentados (2.1.1 até à secção 2.1.5) foram coligidos da referência [4].

Em primeiro lugar é necessário compreender alguns conceitos básicos, como por exemplo, Luz e Cor [5] e [6].

#### **Luz**

Podemos definir Luz como sendo a radiação eletromagnética que é capaz de produzir uma sensação visual. Isto porque uma radiação emite determinadas ondas eletromagnéticas que possuem diferentes comprimentos, mas apenas alguns desses são perceptíveis pelo olho humano. Conforme representado na figura seguinte.

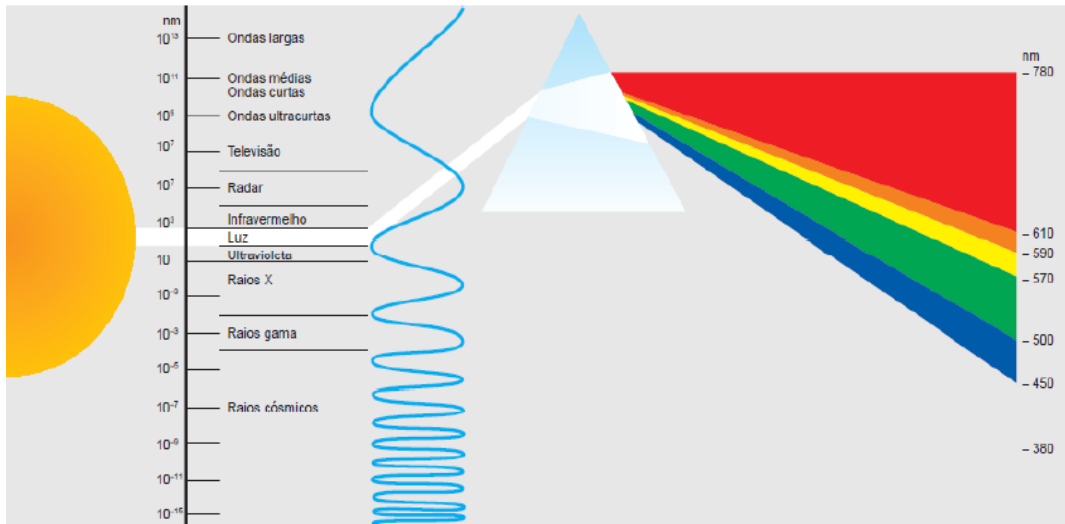


Figura 8 - Espectro Eletromagnético [5]

No entanto, a sensibilidade visual para a luz não depende só do comprimento de onda da radiação, mas também da luminosidade.

A curva de sensibilidade do olho humano a radiações monocromáticas indica que as radiações de menor comprimento de onda, como por exemplo o violeta e o azul, geram maior intensidade de sensação luminosa quando existe pouca luz, enquanto as radiações de maior comprimento de onda, como por exemplo o laranja e o vermelho, geram maior intensidade de sensação quando existe mais luz [4]. De acordo com a figura seguinte:

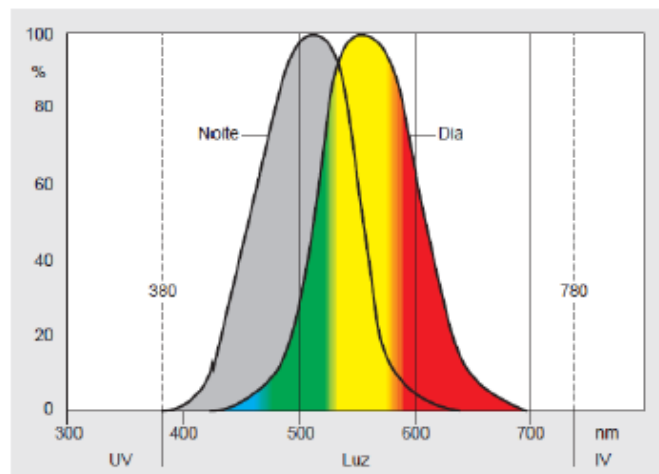


Figura 9 - Curva de Sensibilidade do olho humano a radiações monocromáticas [5]

## Luz e Cor

Existe a ideia que os objetos possuem cores definidas, mas na realidade a cor que um objeto apresenta é resultado da iluminação incidente sobre ele mesmo. Um objeto apresenta determinada cor se não absorver justamente os raios correspondentes à frequência dessa cor.

Por exemplo, uma maçã sob uma luz branca pode apresentar cor vermelha pois tende a refletir a porção de vermelho do espectro da radiação absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda. Se utilizássemos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã iria refletir muito pouca luz apresentando uma cor muito próxima do preto. Na figura 10 mostra-se o efeito de absorção de raios de luz por uma superfície.

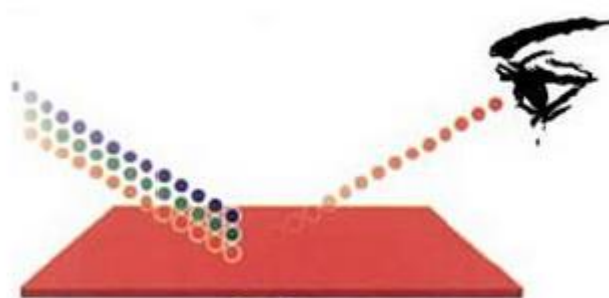


Figura 10 - A superfície absorve os raios de luz incidente exceto os raios vermelhos [7]

Após uma pequena abordagem ao conceito da luz e cor é importante definir outros conceitos mais específicos, que são fundamentais para o entendimento dos elementos da luminotecnia [5], [7].

- **Fluxo Luminoso** – O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, na sua tensão nominal de funcionamento. O fluxo luminoso permite expressar a maior ou menor quantidade de luz emitida para produzir a sensação luminosa. A radiação total da fonte luminosa situa-se entre os limites de comprimento de onda de 380 a 780 nanómetros. A unidade em SI para o fluxo luminoso é o lúmen.
- **Intensidade Luminosa** – é o fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual. A intensidade luminosa é medida na unidade SI em candela.
- **Iluminância** – é o fluxo luminoso recebido por unidade de área iluminada sendo expressa na unidade SI lux, ou seja, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, sendo habitualmente utilizado um luxímetro para efetuar a sua medição. É

importante referir a consideração da iluminância média uma vez que o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente o que implica variações nos valores de iluminância para diferentes pontos da área em questão.

- **Luminância** – é a intensidade irradiada por unidade de superfície aparente, sendo a sua unidade SI a candela por metro quadrado. A luminância representa, assim, a sensação de claridade proveniente da incidência de uma fonte luminosa numa determinada superfície.

Na tabela 1 indicam-se resumidamente os principais elementos das grandezas luminotécnicas. Na figura 11 apresenta-se uma imagem da intensidade luminosa, do fluxo, da luminância e da iluminância.

Tabela 1 - Quadro resumo das grandezas

Grandeza	Símbolo	Unidade
Fluxo Luminoso	$\phi$	Lúmen (lm)
Intensidade Luminosa	I	Candela (cd)
Iluminância	E	Lux (lux)
Luminância	L	Candela por metro quadrado ( $cd/m^2$ )

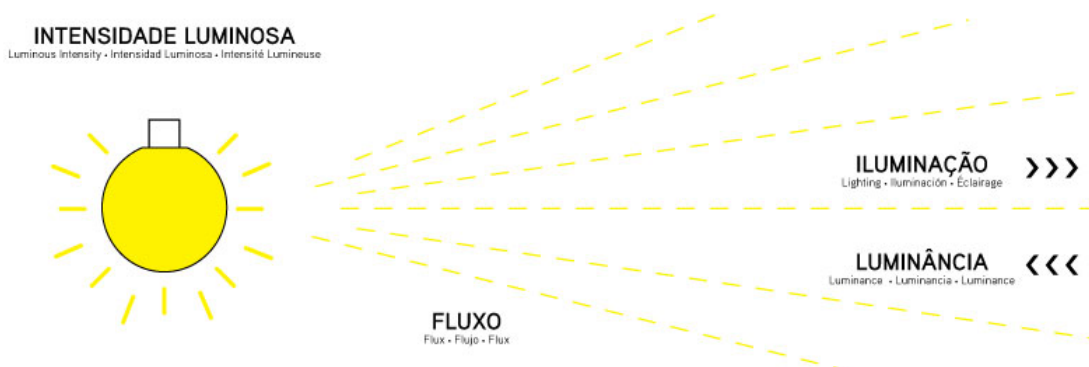


Figura 11 - Intensidade Luminosa, Fluxo, Luminância, Iluminância [7]

- **Reflexão e Refletância** – A reflexão consiste na alteração da propagação da luz quando embate numa determinada superfície. A refletância representa a proporção entre o fluxo de radiação que incide na superfície e o fluxo que é refletido, sendo usualmente representada em percentagem. Uma superfície com refletância de 100% implica uma reflexão total de luz emitida, ou seja, toda a luz que foi emitida

na direção de uma determinada superfície foi refletida. Sendo assim, diferentes cores e materiais vão implicar reflexões muito diferentes.

- **Rendimento Luminoso** – Indicador do rendimento da conversão de energia em luz por uma determinada fonte luminosa. Este indicador relaciona o fluxo luminoso emitido em função da potência dessa fonte luminosa. Um valor elevado de eficiência luminosa significa que a fonte consome uma quantidade reduzida de energia para gerar o fluxo luminoso necessário. A classe de eficiência energética atribuí ao aparelho em questão uma letra que representa a eficiência energética desse aparelho. A unidade SI é o lúmen por Watt(lm/W).
- **Vida Útil** – Corresponde ao período, em horas, durante o qual uma lâmpada funciona corretamente mantendo a sua eficiência luminosa. Após esse período é aconselhável substituir a mesma.
- **IRC – Índice de Restituição Cromática** – Representa a capacidade de uma fonte luminosa restituir fielmente as cores de um objeto. O índice de restituição cromática é uma medida da capacidade de luz artificial, em se aproximar da luz natural e é um parâmetro adimensional, sendo expresso entre 0 a 100.
- **Temperatura de Cor** – Indica a cor aparente da luz emitida sendo que para valores mais altos de temperatura a tonalidade de cor é mais clara. Quando se menciona luzes quentes ou frias pretende-se caracterizar a tonalidade que a lâmpada confere ao ambiente.

Para ambientes de descanso utiliza-se usualmente luzes de cor quente e para ambientes de trabalho luzes de cor fria. A sua unidade SI é o Kelvin (K).

Na tabela 2 apresenta-se a indicação das tonalidades de cor em função da temperatura de cor.

Tabela 2 - Tonalidade de cor de uma lâmpada

Temperatura de cor	Classificação	Tonalidade da Cor
Inferior a 3330 K	Quente	Branco quente
Entre 3300K e 5300 K	Intermédia	Branco neutro
Superior a 5300 K	Fria	Branco Frio

## 2.1.2 Tipos de Lâmpadas

A função da lâmpada é a capacidade de converter energia elétrica em luz visível. Contudo existem diferentes tipos de lâmpadas com características diferentes. As lâmpadas podem ser agrupadas em algumas famílias distintas:

- Lâmpadas de Descarga
- Lâmpadas de Indução
- Lâmpadas de Incandescência
- Lâmpadas LED (Light Emitting Diode)

De seguida é realizada uma abordagem mais pormenorizada a estes quatro tipos de famílias de lâmpadas [8], [9], [10],

### 2.1.2.1 Lâmpadas de Descarga

As lâmpadas de descarga têm como princípio de funcionamento a condução de corrente elétrica por um meio gasoso. Tendo em conta o meio utilizado, estas lâmpadas podem ser divididas em dois grupos:

1. Lâmpadas de descarga com gás ou vapor metálico a alta pressão
2. Lâmpadas de descarga com gás ou vapor metálico a baixa pressão

Na figura 12 indicam-se as lâmpadas de cada grupo desta família.

Lâmpadas de Descarga (Alta pressão)	Lâmpadas de Descarga (Baixa pressão)
Lâmpada de vapor de mercúrio	Lâmpada fluorescente
Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão	Lâmpada fluorescente compacta
Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos	Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão
Lâmpada de luz mista	

Figura 12 - Lâmpadas de descarga

#### **Lâmpadas de Descarga de Alta pressão**

Nas lâmpadas de descarga utiliza-se um meio gasoso para que seja possível existir condução de corrente elétrica. Neste caso, para as lâmpadas de descarga de alta pressão, o gás utilizado está a uma pressão superior à pressão atmosférica. Sendo assim, quando o gás se encontra a uma pressão equivalente a três ou quatro atmosferas podemos afirmar que a lâmpada de descarga trabalha em alta pressão.

As lâmpadas de descarga de alta pressão são caracterizadas por uma eficiência luminosa elevada e também por uma longa vida útil. Este tipo de lâmpadas emite uma luz extremamente brilhante sendo por isso muito utilizada em espaços comerciais, estádios, iluminação exterior, entre outros. As lâmpadas de descarga mais modernas, além de uma vida útil elevada, apresentam também um bom rendimento de cor e, como são lâmpadas com um tamanho bastante reduzido, é possível um maior controlo da iluminação, com uma fácil disposição e orientação.

### Lâmpada de Vapor de Mercúrio

O vapor de mercúrio foi utilizado durante muitos anos como única fonte de descarga para as lâmpadas de descarga. O mercúrio à temperatura ambiente é líquido, e por isso é adicionada uma pequena quantidade de árgon, um gás de vaporização mais fácil, para facilitar o arranque.

É utilizado também um gás inerte para estabilizar a lâmpada, mantendo a temperatura constante para diferentes condições ambientais. Existe um elétrodo em cada extremidade do tubo e ao lado desses elétrodos encontra-se um elétrodo auxiliar de arranque como se pode verificar na Figura 13.

Este tipo de lâmpadas pode apresentar um rendimento luminoso que pode variar entre 36 lm/W (lúmen por Watt) a 60 lm/W. O tipo de luz emitida é de cor branca azulada.

Como grande parte da radiação emitida se encontra na zona do ultravioleta, é usada uma camada fina de pó fluorescente na superfície interna do invólucro exterior sendo assim possível converter parte da radiação ultravioleta em radiações visíveis.

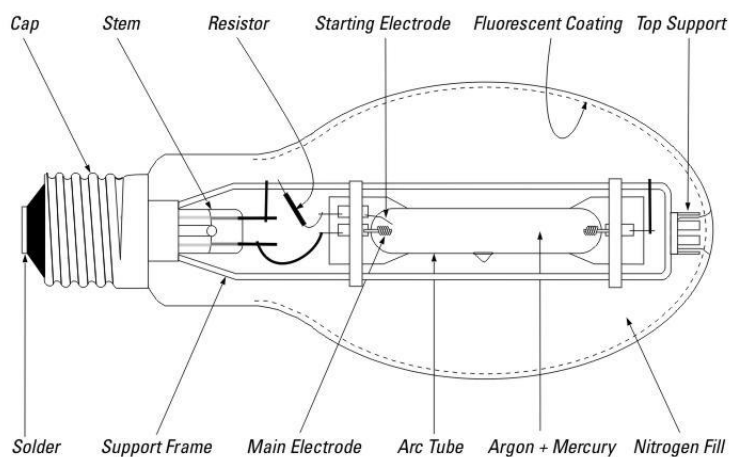


Figura 13 – Esquema de uma lâmpada de mercúrio [10]

Na figura 14 é possível observar as perdas que ocorrem no fluxo de energia de uma lâmpada de vapor de mercúrio e é também possível verificar que metade da potência da lâmpada é transformada em radiação. Dessa radiação apenas 15% é radiação visível.

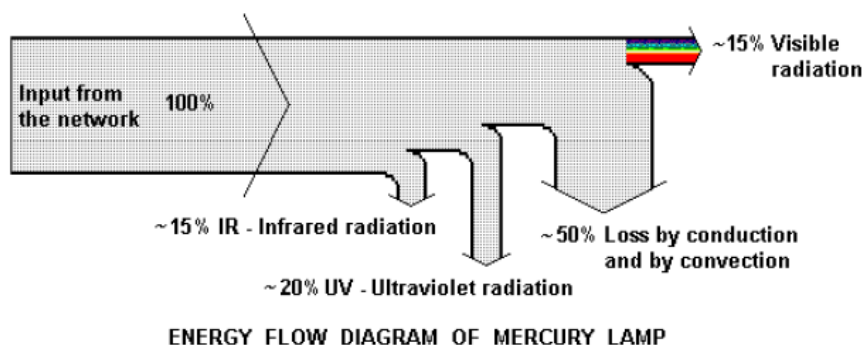


Figura 14 - Fluxo de energia de uma lâmpada de vapor de mercúrio [10]

Na tabela seguinte são apresentados alguns dados mais pormenorizados acerca das características deste tipo de lâmpada.

Tabela 3 - Valores característicos da lâmpada de vapor de mercúrio

<b>Rendimento luminoso</b>	36 a 60 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	40 a 57
<b>Temperatura de cor</b>	3800 a 4100 K
<b>Tempo de vida útil</b>	10000 a 12000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	4 minutos e 6 minutos
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Balastro e Condensador

### Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão

O vapor de sódio possibilita uma proporção de radiação mais elevada comparativamente com o vapor de mercúrio. Nas lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, o tubo de descarga contém sódio em excesso para conferir condições favoráveis à saturação do vapor, quando a lâmpada está em funcionamento. É também utilizado mercúrio em excesso como gás de proteção e xénon, a baixa pressão, para facilitar o arranque e limitar arcos de descarga.

A intensa atividade química do vapor de sódio, que opera a uma temperatura de aproximadamente 700 graus, implica o uso de um tubo de descarga capaz de resistir a estas condições severas. Este é composto de óxido de alumínio sintetizado e é colocado num invólucro de vidro duro, em vácuo.

Este tipo de lâmpada utiliza um transformador, como auxílio de arranque, uma vez que necessita do uso de uma tensão elevada, superior à da rede.

Na figura 15 é possível observar a configuração de dois tipos de lâmpadas de vapor de sódio.

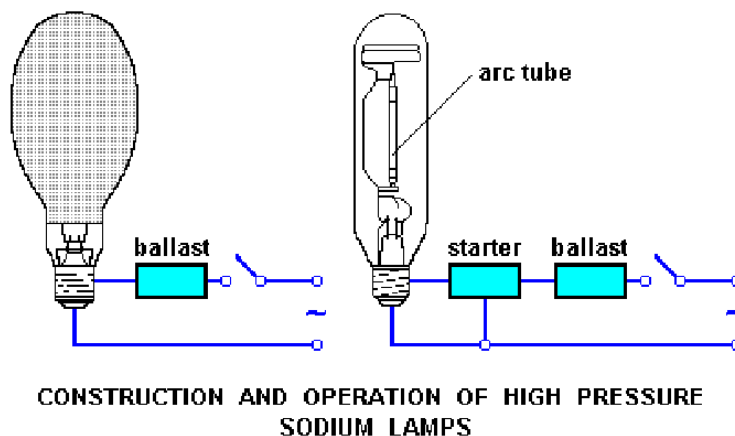


Figura 15 – Configuração da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão [10]

A lâmpada de vapor de sódio a alta pressão emite uma luz dourada, causando assim uma impressão mais agradável do que as lâmpadas de mercúrio de alta pressão. Apresenta um preço mais elevado que esta última, no entanto, o seu rendimento luminoso é bastante mais elevado. Tem uma elevada eficiência luminosa e longa durabilidade, mas como apresenta um fraco índice de restituição de cor apresenta algumas limitações para o seu uso. É importante referir que o seu arranque lento pode, em alguns casos, demorar até 15 minutos a atingir o funcionamento normal. É importante referir que existem atualmente alguns modelos de lâmpadas deste tipo com emissão de luz branca, permitindo um índice de restituição cromática bastante mais elevado.

Na figura 16, verifica-se que este tipo de lâmpada transforma 30% da sua potência em radiação visível, ou seja, grande parte da sua energia é emitida sobre o espectro visível.

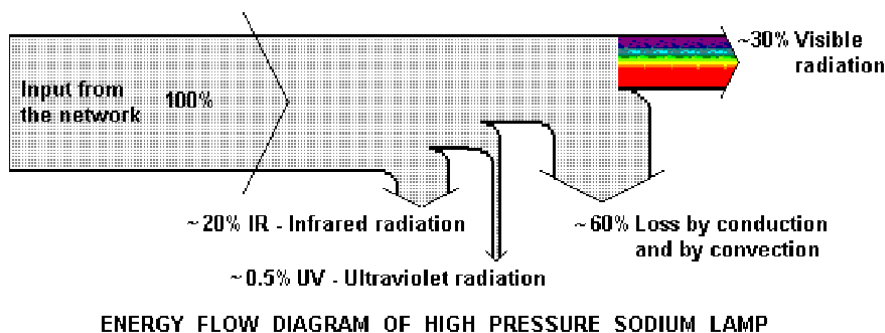


Figura 16 – Fluxo de energia para uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão [10]

Contudo podemos verificar na tabela seguinte algumas características importantes relativamente à lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

Tabela 4 - Valores característicos da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão

<b>Rendimento luminoso</b>	66 a 130 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	25 a 80 (luz branca)
<b>Temperatura de cor</b>	1900 a 2500 K
<b>Tempo de vida útil</b>	12000 a 18000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	5 minutos e 1 minutos
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Balastro, Ignitor e Condensador

### **Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Iodetos Metálicos**

Este tipo de lâmpada foi desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma boa restituição de cores, garantindo também um rendimento luminoso elevado e uma vida útil longa. É uma alternativa às lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio que apresentam índices de restituição de cores mais fracos. A lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos é bastante similar à lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, mas difere na mistura de substâncias contida no tubo de descarga.

Podem ser divididas em dois grupos, de emissores atômicos ou de emissores moleculares. É adicionada uma mistura com estes emissores ao mercúrio, no tubo de descarga, obtendo-se assim uma emissão de luz com um espectro de riscas ou contínuo. A adição de uma mistura com emissores atômicos (iodetos de sódio, índio e tálio) origina uma emissão de luz com um espectro em riscas e a adição de uma mistura com emissores moleculares (cloreto e iodeto de estanho) origina uma emissão de luz com um espectro contínuo. Estas técnicas um pouco complexas justificam o elevado preço do produto final.

O resultado é uma lâmpada com um excelente índice de reprodução de cores, elevada eficiência energética, com uma luz branca e brilhante, longa durabilidade e uma carga térmica bastante reduzida.

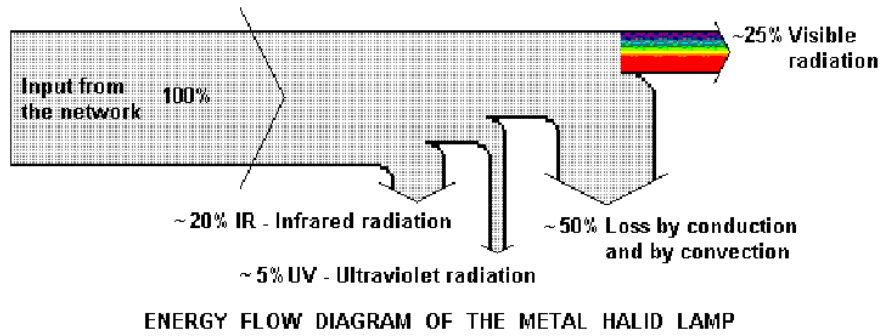


Figura 17 – Fluxo de energia para uma lâmpada de mercúrio de iodetos metálicos [10]

Na figura 17 é possível observar que a emissão de radiação visível é bastante mais elevada comparativamente ao valor apresentado para a lâmpada de vapor de mercúrio (presente na figura 14).

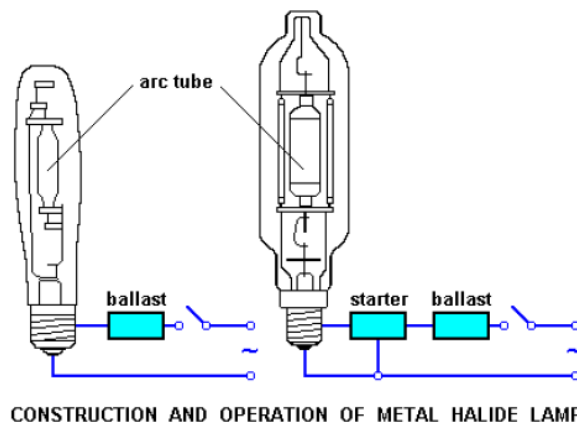


Figura 18 – Configuração da lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [10]

Na figura 18 é possível observar a configuração de dois tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos.

Algumas características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 5 - Valores característicos da lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos

<b>Rendimento luminoso</b>	60 a 96 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	85 a 95
<b>Temperatura de cor</b>	3000 a 7000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	3000 a 9000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	4 minutos e 10 minutos
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Balastro, Ignitor e Condensador

## Lâmpada de Luz Mista

As lâmpadas de luz mista são compostas por um filamento de tungsténio ligado em série com um tubo de descarga, ou seja, utilizam tecnologias presentes em dois tipos diferentes de lâmpadas, de vapor de mercúrio de alta pressão e incandescentes.

Este tipo de lâmpada apresenta uma eficiência energética superior à da lâmpada incandescente e é geralmente utilizada como alternativa a esta última, quando se pretende uma solução com maior rendimento. Como as lâmpadas de luz mista não necessitam de qualquer equipamento auxiliar facilmente se procede à sua substituição.

São lâmpadas com um bom índice de restituição de cores e uma vida útil longa. Podem utilizar uma ampola de vidro de várias formas e cores, sendo escolhidas usualmente para iluminar artigos em exposição em estabelecimentos comerciais. No entanto, o seu rendimento luminoso não é muito elevado e possuem algumas restrições quanto à sua posição de funcionamento, não sendo por isso adequadas para sistemas de iluminação.

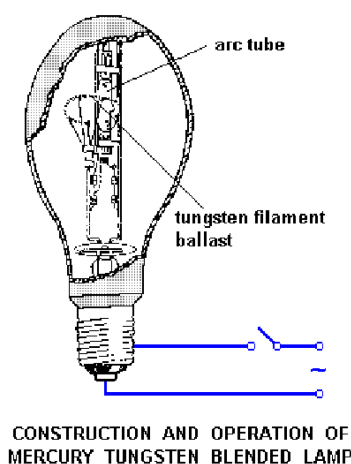


Figura 19 – Configuração da lâmpada de luz mista [10]

Na figura 19 é possível observar a constituição de uma lâmpada de luz mista onde estão representados o tubo de descarga e o filamento de tungsténio. A ligação à rede é realizada diretamente, sem necessidade de utilizar aparelhos auxiliares.

Por fim, na tabela são apresentados alguns dados acerca das características deste tipo de lâmpada.

Tabela 6 - Valores característicos da lâmpada de luz mista

<b>Rendimento luminoso</b>	20 a 30 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	60
<b>Temperatura de cor</b>	3000 a 4000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	3000 a 10000 horas
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Ligado direta à rede

### **Lâmpadas de Descarga de Baixa Pressão**

Tal como mencionado anteriormente, nas lâmpadas de descarga utiliza-se um meio gasoso para que seja possível existir condução de corrente elétrica. Neste caso, para as lâmpadas de descarga de baixa pressão, o gás utilizado está a uma pressão semelhante à pressão ambiente.

### **Lâmpada Fluorescente**

Mais de 70% da iluminação artificial mundial é da responsabilidade das lâmpadas fluorescentes. Estas apresentam diferentes temperaturas de cor e índice de restituição cromática. O seu elevado rendimento, a sua longa duração de vida e as variadas soluções existentes no mercado permitem criar diversos sistemas de iluminação altamente eficientes e diversificados.

Estas lâmpadas são constituídas por um tubo de descarga longo, com elétrodos nas suas extremidades. No tubo de descarga é colocado um gás composto por mercúrio e um gás inerte. Este serve para facilitar o arranque e controlar a descarga; por sua vez, o vapor de mercúrio vai produzir a radiação ultravioleta quando é excitado. O interior do tubo de descarga é revestido com uma substância fluorescente que transforma a radiação ultravioleta em luz visível. Dependendo do material fluorescente utilizado, podem ser conseguidas diferentes variações de cor: branco quente, branco neutro ou branco mais frio. Na figura 20 é possível observar alguns dos componentes que constituem a lâmpada.

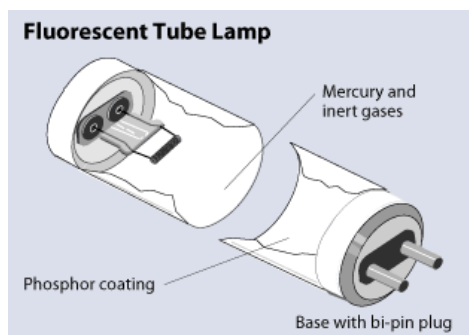


Figura 20 – Esquema de uma lâmpada Fluorescente [11]

Inicialmente, o tubo de descarga das lâmpadas fluorescentes media 38 mm de diâmetro e estas utilizavam um pó fluorescente comum. Mais tarde foram desenvolvidas lâmpadas com tubo de descarga de 26 mm de diâmetro, mas utilizando um novo pó tri-fósforo. Atualmente existem lâmpadas fluorescentes que apresentam um tubo de descarga com 16 mm e 7 mm de diâmetro, utilizando também um pó tri-fósforo, garantindo um elevado rendimento e uma melhor restituição de cores, funcionando apenas com balastros eletrónicos. De acordo com o diâmetro do tubo de descarga da lâmpada (Figura 21) existe uma denominação respetiva:

- Tubo de descarga com 38 mm - Lâmpada fluorescente T12
- Tubo de descarga com 26 mm - Lâmpada fluorescente T8
- Tubo de descarga com 16 mm - Lâmpada fluorescente T5
- Tubo de descarga com 7 mm - Lâmpada fluorescente T2

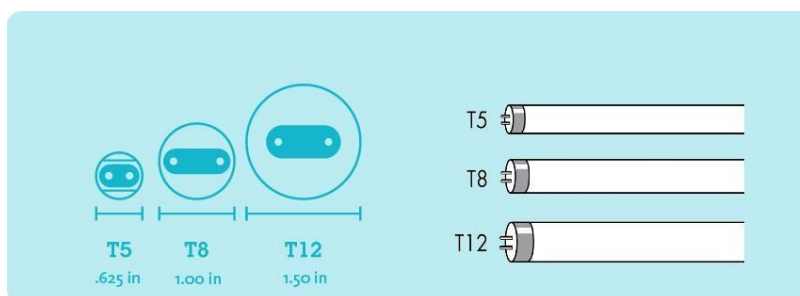


Figura 21 - Exemplo de uma T5, T8 e T2

Uma redução do diâmetro do tubo representa uma grande redução do tamanho das armaduras, melhor controlo do feixe luminoso e aumento do rendimento luminoso.

Na figura 22 é possível verificar que a lâmpada T5 apresenta um fluxo luminoso um pouco inferior à lâmpada T8, mas a sua vida útil é muito superior (mais de três vezes), o seu consumo é menor e o seu rendimento luminoso consegue ser bastante superior.

<b>Cost/benefit analysis: LUMILUX® T5 versus BASIC T8 lamps</b>			
<b>Energy savings:</b>	<b>Old</b>	<b>New</b>	<b>Savings</b>
Type of lamp	BASIC T8	LUMILUX T5	
Sample type	L 58/20	FQ 49/840 HO	
Service life	5000h	18000h	
Luminous flux	4600 lm	4300 lm	
System efficiency	68 lm/W	80 lm/W	
Power consumption in kwh	1600 kwh	1040 kwh	
Power consumption in %	100%	65%	
<b>Energy savings</b>			<b>35%</b>
Power consumption incl. air-conditioning	1852 kwh	1040 kwh	
<b>Savings incl. reduced air-conditioning costs</b>			<b>44%</b>

Figura 22 – Comparação de uma lâmpada fluorescente T5 com uma T8 [12]

O espectro de emissão das lâmpadas fluorescentes não é contínuo e é mais largo do que o emitido pelas lâmpadas incandescentes, a luz é predominantemente difusa sendo adequada para iluminar grandes áreas. Na figura 23 é apresentado o fluxo de energia para uma lâmpada fluorescente.

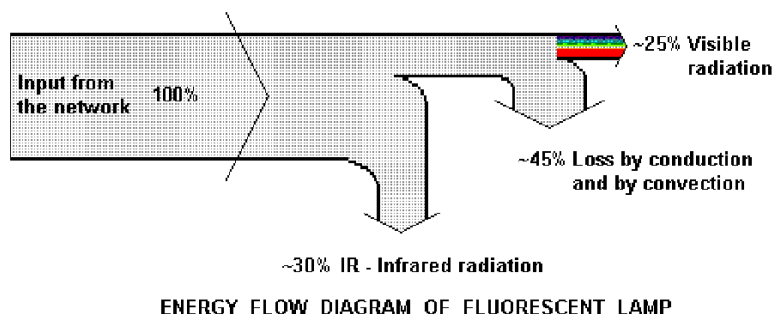


Figura 23 – Fluxo de energia para uma lâmpada fluorescente [10]

De seguida é apresentado na tabela 7 as características médias de uma lâmpada fluorescente.

Tabela 7 - Valores característicos da lâmpada fluorescente

<b>Rendimento luminoso</b>	Até 100 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	85 a 95
<b>Temperatura de cor</b>	2700 a 5000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	7500 a 12000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	Instantâneo
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Balastro, Arrancador e Condensador

## Lâmpada Fluorescente Compacta

A lâmpada fluorescente compacta foi desenvolvida para competir com os tipos de lâmpadas de menor dimensão existentes no mercado. As lâmpadas fluorescentes tubulares anteriormente discutidas implicam a utilização de armaduras específicas para o seu tamanho. Assim, foi necessário desenvolver uma versão de menor dimensão para competir com as lâmpadas incandescentes e de vapor de mercúrio que apresentam diversos formatos.

Este tipo de lâmpada é considerado de baixo consumo, com uma duração de vida longa, baixa emissão térmica e um rendimento luminoso bastante elevado, tendo em conta a sua dimensão. O seu funcionamento é idêntico às fluorescentes tubulares, mas a sua morfologia é diferente, apresentando o tubo de descarga curvado ou combinações de vários tubos de descarga de menor dimensão, para que a lâmpada seja mais compacta.

As lâmpadas fluorescentes compactas são produzidas em duas topologias, as fluorescentes compactas integradas e as não integradas. As integradas possuem um arrancador incorporado e apresentam um casquilho do tipo Edison para ligação direta à rede, ou seja, permitem substituir as lâmpadas incandescentes. As não integradas apresentam um casquilho com pinos e necessitam de acessórios externos, podendo ser utilizadas com balastos eletrónicos permitindo uma alimentação elétrica regulável.

Na figura 24 é possível observar três diferentes ligações, a primeira é uma lâmpada fluorescente compacta integrada e as duas últimas são lâmpadas fluorescentes compactas não integradas.

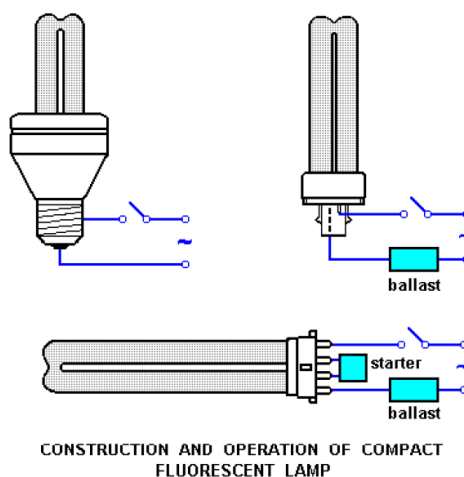


Figura 24 – Diferentes morfologias de uma lâmpada fluorescente [13]

Os valores característicos desta lâmpada são muito idênticos aos valores apresentados para a lâmpada fluorescente tubular. No entanto o seu rendimento luminoso

é um pouco mais baixo visto tratar-se de uma lâmpada mais compacta, ou seja, o seu tubo de descarga é de menor dimensão. Apresenta um rendimento luminoso entre os 40 e os 70 lm/W.

### Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão

A lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão é muito similar à lâmpada fluorescente na sua construção e forma de funcionar, mas em vez de vapor de mercúrio é utilizado vapor de sódio. No entanto, o vapor de sódio não produz vapor metálico à temperatura ambiente.

É necessário provocar uma descarga num gás inerte para que se crie calor suficiente para vaporizar o vapor de sódio. Este tipo de lâmpadas requerem uma tensão de arranque elevada, superior à rede, sendo por isso necessário recorrer a um transformador.

Na figura 25 podemos ver a constituição da lâmpada com a ampola exterior e o tubo de descarga interior, onde está o sódio depositado. O refletor de calor e a camada que reveste o interior da ampola servem para manter a temperatura de funcionamento suficientemente elevada.

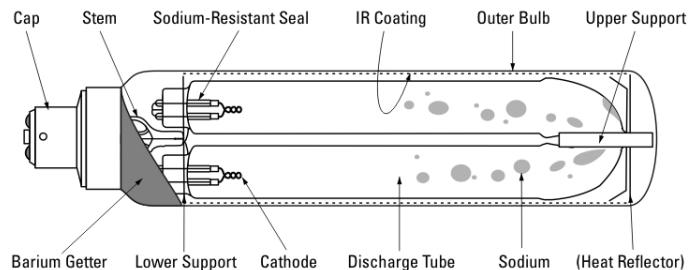


Figura 25 – Esquema de uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão [14]

A lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão é caracterizada por um rendimento luminoso extraordinário, atingindo os 200 lm/W. Apesar de ser o tipo de lâmpada que apresenta o rendimento luminoso mais elevado, também é a lâmpada que apresenta a pior qualidade na luz que emite, sendo esta amarela monocromática. Apenas consegue produzir luz em duas linhas espectrais muito próximas o que resulta numa restituição de cores extremamente pobre, sendo muito difícil a distinção das cores dos objetos que ilumina. Esta característica limita as áreas de utilização da lâmpada, sendo esta maioritariamente utilizada em iluminação pública, iluminação de vigilância e de túneis. Apresenta um tempo de arranque bastante elevado e existem algumas restrições em relação à sua posição de funcionamento (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores característicos da lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão

<b>Rendimento luminoso</b>	Até 200 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	3
<b>Temperatura de cor</b>	2200 K
<b>Tempo de vida útil</b>	16000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	10 minutos e Instantâneo
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Balastro, Ignitor e Condensador

### 2.1.2.2 Lâmpadas de Indução

Os elétrodos são uma das partes mais vulneráveis das lâmpadas de descarga. As lâmpadas perdem a sua potência por impacto de iões ou por reações químicas com os vapores dentro do tubo de descarga. No entanto, as lâmpadas de indução magnética não necessitam de elétrodos (Figura 26).

O seu princípio de funcionamento é baseado na utilização de um núcleo cilíndrico de ferrite que serve para criar um campo magnético, induzindo uma corrente elétrica no gás a baixa pressão que se encontra num recipiente de descarga, provocando assim a sua ionização e consequente emissão de radiação luminosa visível.

Para que exista energia suficiente para se iniciar e manter a descarga da lâmpada é utilizado um gerador de alta frequência. Como funcionam a alta frequência, obtém-se uma luz bastante confortável e sem oscilações visíveis. A tecnologia utilizada nas lâmpadas de indução magnética possibilita um conjunto de benefícios: elevada duração de vida média; tempo de arranque rápido; custos de manutenção muito reduzidos; rendimento luminoso elevado; várias tonalidades de cor.

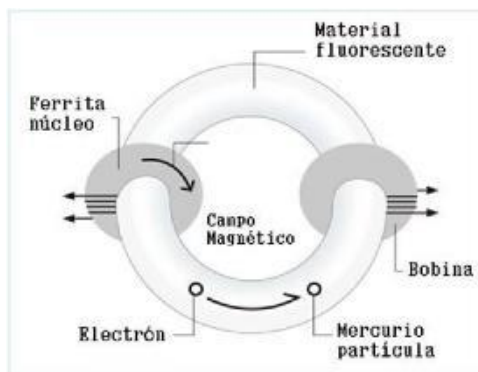


Figura 26 - Constituição de uma lâmpada de indução

É importante referir que o tempo de vida útil muito elevado destas lâmpadas, podendo chegar até 100000 horas, e resistência a condições extremas possibilitam a sua

utilização em zonas onde a manutenção e substituição de equipamentos é extremamente difícil. É de salientar que um tempo de vida útil com este valor pode significar 20 anos em funcionamento a uma utilização diária de 12 horas. Na tabela 9 é possível observar algumas características importantes da lâmpada de indução magnética.

Tabela 9 - Valores característicos da lâmpada de indução

<b>Rendimento luminoso</b>	Até 92 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	83
<b>Temperatura de cor</b>	2700 a 4000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	100000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	Rápido sem cintilação
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Gerador de alta frequência

### 2.1.2.3 Lâmpadas de Incandescência

#### **Lâmpada de Incandescência Convencional**

A lâmpada incandescente é constituída por um filamento de tungsténio colocado no interior de uma ampola de vidro que é preenchida com um gás inerte, normalmente azoto ou árgon.

Quanto mais elevada for a temperatura do filamento, maior será a proporção de energia que é radiada na região visível do espectro e conseqüentemente maior é o rendimento luminoso da lâmpada. A utilização do tungsténio permite maiores temperaturas de funcionamento uma vez que o seu ponto de fusão é bastante elevado e o de vaporização é baixo. Para se conseguir ainda melhor rendimento é usual utilizar-se um filamento em espiral, por vezes em dupla espiral.

No entanto, este tipo de lâmpadas possui um rendimento luminoso muito baixo e uma vida útil também muito reduzida não representando nenhuma mais-valia face as soluções existentes no mercado. Apenas 10% da energia elétrica consumida pela lâmpada é transformada em luz, 90% é transformada em calor. A existência de alternativas muito mais eficientes e o nível muito baixo de eficiência energética apresentado pelas lâmpadas incandescentes impeliu a União Europeia a proibir a sua utilização. A tendência futura será para implementar medidas que possibilitem gradualmente retirar do mercado todos os tipos de lâmpadas com reduzida eficiência energética.

Na figura 27 é possível observar a pequena parcela de radiação visível emitida, aproximadamente 10%.

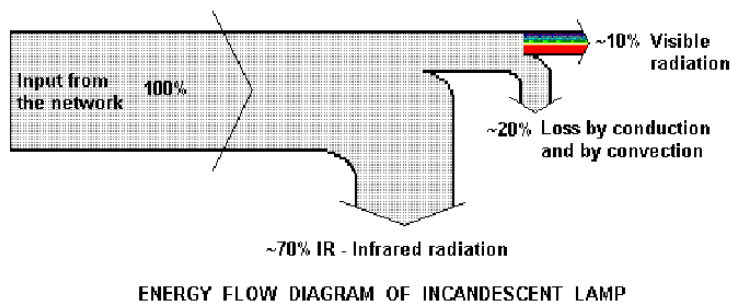


Figura 27 – Fluxo de energia de uma lâmpada incandescente [10]

É importante referir que as lâmpadas incandescentes apresentam uma boa restituição de cores, mas a sua duração média de vida não ultrapassa as 1000 horas e o seu rendimento luminoso é aproximadamente 10 lm/W. Facilmente se verifica que estes valores são extremamente reduzidos relativamente a alguns tipos de lâmpadas já mencionados.

### Lâmpada de Halogéneo

Nas lâmpadas incandescentes convencionais, existe um filamento que emite luz com a passagem de corrente elétrica e uma parcela desse filamento evapora-se durante o processo. O filamento é constituído por átomos de tungsténio, os quais se vão depositar na superfície interna da ampola o que requer que a ampola tenha uma dimensão suficientemente elevada para evitar o rápido escurecimento.

O funcionamento de uma lâmpada de halogéneo é muito similar, mas no seu interior existem gases inertes e halogéneo, que servem para capturar os átomos de tungsténio e transportar os mesmos de volta para o filamento. Com esta modificação, é possível obter uma lâmpada com uma dimensão mais reduzida, elevando também o seu fluxo luminoso e a sua vida útil.

O invólucro deste tipo de lâmpadas é constituído por quartzo especial, capaz de resistir a altas temperaturas e de absorver qualquer componente que se armazene no mesmo.

Lâmpadas de halogéneos mais recentes, denominadas lâmpadas de halogéneo refletoras, apresentam a ampola em vidro prensado constituída por uma parte refletora parabólica revestida com pó de alumínio e um vidro refrator frontal. Existem também lâmpadas com ótica incorporada, com ampola de quartzo claro transparente ou opalino para se obter um efeito luminoso mais difuso. A sua camada refletora é constituída por alumínio com uma superfície interna em multiface, permitindo assim várias aberturas do feixe luminoso (Figura 28).



Figura 28 – lâmpadas de halogéneo com diferentes aplicações

As lâmpadas de halogéneo apresentam então uma eficiência energética e uma duração de vida superior às incandescentes convencionais, menor dimensão, muito boa restituição de cores e permitem, em alguns casos, uma substituição direta.

Na tabela seguinte são apresentadas características importantes deste tipo de lâmpadas.

Tabela 10 - Valores característicos da lâmpada de halogéneo

<b>Rendimento luminoso</b>	Até 25 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	100
<b>Temperatura de cor</b>	3000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	4000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	Instantâneo
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Transformador

#### **2.1.2.4 Lâmpadas LED (Ligth Emiting Diode)**

O funcionamento de um LED (Díodo Emissor de Luz) é baseado na emissão de luz, por eletroluminescência, através de um díodo semiconductor. É usualmente uma fonte de luz com uma pequena área onde se aplica uma lente para projetar a luz emitida. A cor da luz emitida pode variar conforme o tipo de material semiconductor utilizado, podendo ser infravermelha, visível ou até ultravioleta. Na figura 29 é possível observar um esquema bastante simples da constituição de um LED.

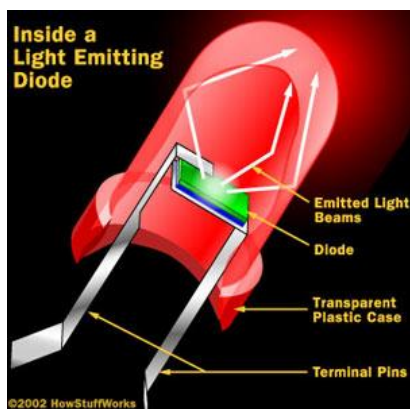


Figura 29- Esquema interior de um LED (Díodo emissor de Luz) [15]

A combinação de LED's vermelhos, verdes e azuis permite produzir uma luz de cor branca, no entanto, existe atualmente um LED branco. O princípio de funcionamento do LED branco é similar ao utilizado nas lâmpadas fluorescentes: quando é depositado fósforo no material semicondutor de um LED ultravioleta a conversão de luz ultravioleta é realizada para luz branca.

Também existe outro tipo de LED, denominado OLED (Organic Light Emitting Diode), que possui emissores constituídos por compostos orgânicos, moléculas de carbono, que emitem luz ao receber carga elétrica. O OLED, sendo composto por moléculas, pode ser aplicado diretamente sobre a superfície de uma tela, usando um método de impressão.

A simplicidade da tecnologia LED permite uma grande versatilidade. Durante os últimos anos foram desenvolvidas inúmeras soluções que permitem comercializar esta tecnologia com vários tipos de configurações, permitindo assim competir com todos os tipos de lâmpadas. Na figura 30 são apresentados vários tipos de configurações de lâmpadas LED com casquilhos de diferentes tipos e dimensões.



Figura 30- Diferentes configurações de lâmpadas LED Osram

Atualmente existem também LED's em forma tubular, que permitem substituir as lâmpadas fluorescentes tubulares sem a necessidade de se modificar as luminárias.



Figura 31 - Led Tubular [16]

As lâmpadas LED possuem um elevado rendimento luminoso, podendo emitir luz de variadas cores, sem necessidade de recorrer a filtros específicos. Podem ser desenhadas de forma a focar a luz emitida sem recorrer a refletores externos. Quando são utilizadas com regulação de fluxo, a sua tonalidade de cor não se modifica. Este tipo de lâmpadas apresenta uma longa duração de vida e, como foi mencionado anteriormente, existem diferentes soluções de configurações permitindo assim substituir outros tipos de lâmpadas pouco eficientes, sem necessidade de alterar as luminárias ou utilizar aparelhos auxiliares.

No entanto, visto que a tecnologia utilizada ainda é bastante recente, o seu preço é um pouco elevado. Em casos de consumos energéticos elevados, onde são utilizadas soluções pouco eficientes, o preço elevado das lâmpadas LED não é limitativo uma vez que a poupança energética alcançada após a substituição por lâmpadas LED é vantajosa a longo prazo.

De seguida são apresentadas algumas características das lâmpadas LED na seguinte tabela.

Tabela 11 - Valores característicos de uma lâmpada LED

<b>Rendimento luminoso</b>	60 a 130 (lm/W)
<b>Índice de restituição cromática (IRC)</b>	65 a 90
<b>Temperatura de cor</b>	2700 a 4000 K
<b>Tempo de vida útil</b>	50000 a 100000 horas
<b>Tempo de arranque e de re-arranque</b>	Instantâneo
<b>Aparelhos auxiliares</b>	Ligação direta à rede

## Comparação de Características

Tendo em conta o tipo de lâmpadas analisadas anteriormente, é interessante reunir alguns dos dados mais importantes que são relevantes quando é necessário comparar e escolher a fonte luminosa mais vantajosa. Na tabela 12 são apresentadas três características, rendimento luminoso, vida útil e IRC (Índice de Restituição Cromática).

Tabela 12 - Características dos diversos tipos de lâmpadas

Família	Tipo de Lâmpada	Rendimento Luminoso (lm/W)	Vida útil (horas)	Índice de Restituição Cromática
Lâmpadas de Descarga de Alta Pressão	Vapor de Mercúrio	30 a 60	10.000 a 12.000	40 a 57
	Vapor de Sódio	66 a 130	12.000 a 18.000	25 a 80
	Iodetos Metálicos	60 a 96	3.000 a 9.000	85 a 95
	Luz Mista	20 a 30	3.000 a 10.000	60
Lâmpadas de Descarga de Baixa Pressão	Fluorescente Tubular	58 a 104	7.500 a 12.000	85 a 95
	Fluorescente Compacta	40 a 70	8.000	82
	Vapor de sódio	100 a 200	12.000 a 16.000	3
Lâmpadas de Indução	-	92	100.000	83
Lâmpadas de Incandescência	Convencional	10 a 13	1.000	100
	Halogéneo	16 a 25	2.000 a 4.000	100
Lâmpadas LED	-	60 a 130	50.000 a 100.000	65 a 90

É possível verificar que as lâmpadas incandescentes apresentam um rendimento luminoso e uma vida útil muito inferiores às restantes alternativas apresentadas. Existem também tipos de lâmpadas que, mesmo garantindo um rendimento luminoso elevado e uma vida útil extremamente elevada, apenas permitem uma utilização em casos específicos uma vez que o seu índice de restituição cromática é muito baixo, como é o caso das lâmpadas de descarga de baixa pressão a vapor de sódio.

As lâmpadas LED apresentam bom rendimento luminoso, vida útil muito longa e uma boa restituição de cores.

É importante referir que a escolha do tipo de lâmpada mais favorável não vai depender apenas das características apresentadas, existem vários fatores que influenciam essa escolha, sendo um deles o preço do produto. Lâmpadas mais eficientes normalmente apresentam tecnologia mais recente, o que implica um preço final de produto mais elevado.

Dependo de cada situação e dos consumos que existem é necessário realizar um estudo mais aprofundado de forma a concluir qual a alternativa mais vantajosa.

### 2.1.3 Dispositivos Auxiliares

As lâmpadas de descarga utilizam um conjunto de dispositivos necessários para o seu arranque e estabilização do fator de potência. De seguida são apresentados os dispositivos auxiliares utilizados em conjunto com as lâmpadas de descarga [9], [10].

#### **Arranadores**

O arrancador é utilizado no arranque das lâmpadas fluorescentes e consiste numa ampola cheia de gás, árgon a baixa pressão. No seu interior existem dois eléctrodos, um fixo e outro constituído por uma lâmina bimetálica que pela ação do calor se pode dobrar ligeiramente. Quando existe contacto entre os dois eléctrodos, a descarga é interrompida e estes voltam a abrir o circuito.

A existência de um balastro no circuito permite introduzir uma indutância que, com a interrupção do contacto no arrancador, vai provocar uma sobretensão, para efetuar o arranque da lâmpada [10].

Na figura 32 é apresentado um circuito com uma lâmpada fluorescente tubular ligada a um arrancador e a um balastro.

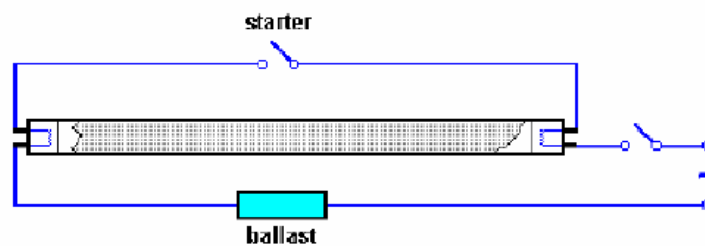


Figura 32 – LED tubular [17]

Resumindo, o papel de um arrancador é fechar o circuito de pré-aquecimento quando lhe é aplicada uma tensão e abrir o circuito quando esse pré-aquecimento é suficiente.

Na figura 33 é apresentado um arrancador da *Philips*, denominado *Smart Starter*, que pode ser programado para ligar ou desligar automaticamente uma lâmpada fluorescente.



Figura 33 – Arrancador *Smart Starter Philips* [18]

### Ignitores

Os ignitores são utilizados no arranque das lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos e nas lâmpadas de vapor de sódio. A função de um ignitor é de produzir uma descarga inicial, injetando impulsos de alta tensão superiores à tensão de alimentação da lâmpada, após o seu arranque.

Uma vez realizado o arranque o ignitor desliga-se automaticamente. O pico de tensão produzido pelo ignitor é necessário para facilitar o início da descarga no gás uma vez que apenas a corrente existente no circuito não é suficiente para o arranque das lâmpadas mencionadas.

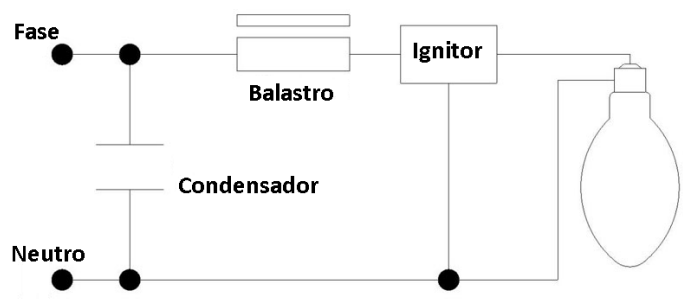


Figura 34 – Circuito com um condensador, balastro, ignitor e lâmpada [19]

Na figura 35 apresenta-se um exemplo de um ignitor eletrónico.



Figura 35 – Ignitor da Philips [20]

## Condensadores de Compensação

Os condensadores de compensação são utilizados para compensar o fator de potência das lâmpadas de descarga uma vez que o uso do conjunto ignitor e balastro eletromagnético provoca um fator de potência fortemente indutivo; o condensador vai então compensar a energia reativa. Possuem um interruptor de segurança interno que atua em caso de falha do aparelho ou quando este se aproxima do seu limite de vida.

A não utilização de um condensador de compensação iria condicionar o funcionamento do sistema e comprometer a vida útil dos equipamentos devido ao excesso de energia reativa.



Figura 36 – Condensadores de compensação [21]

## Balastros

Os balastros são equipamentos auxiliares elétricos que permitem limitar o valor da corrente e adequar as tensões, sendo necessários para o arranque e estabilização das lâmpadas de descarga.

Podemos então definir três importantes funções que um balastro tem que cumprir:

1. Pré-aquecer os elétrodos para que os eletrões sejam emitidos
2. Produzir a tensão de arranque necessária para dar início à descarga
3. Limitar o valor da corrente de funcionamento para um valor adequado

Existem dois tipos de balastros, eletromagnéticos e eletrónicos.

## Balastros Eletromagnéticos

Os balastros eletromagnéticos são constituídos por um núcleo laminado composto por aço silício e por bobinas de fio de cobre esmaltado que estão enroladas à volta do núcleo ferromagnético. Este tipo de balastros é normalmente utilizado em conjunto com um arrancador, no entanto, existem outros tipos de balastros eletromagnéticos que são utilizados com lâmpadas de arranque rápido, com eléctrodos pré-aquecidos e com um circuito semi-ressonante.

Uma grande desvantagem deste tipo de equipamentos está relacionada com a sua contribuição para um maior consumo energético, ou seja, a potência máxima absorvida pelo conjunto lâmpada e balastro é superior. A sua baixa eficiência energética, as elevadas perdas no arranque e a contribuição para um aumento dos consumos dos equipamentos foram algumas das razões para a proibição de algumas das classes destes equipamentos. Atualmente existem algumas soluções mais eficientes, mas a tendência futura será para a utilização de balastros eletrónicos.



Figura 37 – Balastro Eletromagnético [22]

## Balastros Eletrónicos

Os balastros eletrónicos são mais eficientes do que os eletromagnéticos e não necessitam de ignitores ou condensadores de compensação, conseguindo garantir uma corrente relativamente constante na lâmpada. Este tipo de balastros consegue melhorar o rendimento das lâmpadas convertendo a frequência da rede em alta frequência. Quando uma lâmpada funciona a altas frequências a quantidade de luz que produz é a mesma, mas o seu consumo é bastante mais reduzido, ou seja, necessita de menor potência para emitir o mesmo fluxo luminoso. É possível então implementar sistemas de iluminação mais eficientes.

Com a utilização de balastros eletrónicos é possível obter um conjunto de vantagens muito importantes para o funcionamento do sistema de iluminação:

- **Aumento do rendimento luminoso** – Para a mesma potência absorvida é possível elevar o fluxo luminoso da lâmpada o que implica um aumento do rendimento luminoso.
- **Diminuição da potência absorvida** – Também é possível reduzir a potência absorvida e manter o mesmo fluxo luminoso da lâmpada. Além disso o balastro eletrónico apresenta consumos de potência mais reduzidos do que um balastro eletromagnético, isto porque a lâmpada vai funcionar a alta frequência.
- **Controlo do fluxo luminoso** - Os balastros eletrónicos permitem uma regulação do fluxo luminoso o que permite poupar bastante energia. Quando integrados com outro tipo de equipamentos é possível programar o sistema de iluminação para adequar o fluxo luminoso de acordo com o nível de iluminância necessário e para desligar quando não é necessário.
- **Eliminação do efeito de flicker** - O efeito de *flicker* manifesta-se como uma impressão visual que resulta das variações do fluxo de uma lâmpada que funciona a baixas frequências. Com os balastros eletrónicos a lâmpada funciona a alta frequência sendo então a emissão de luz contínua, o efeito é então eliminado.

De seguida apresenta-se um balastro eletrónico.



Figura 38 - Balastro eletrónico [23]

#### 2.1.4 Luminárias

Um elemento muito importante de um sistema de iluminação, além da lâmpada, é a luminária.

Esta tem um grande impacto na quantidade de luz, emitida pela lâmpada, que alcança a área a iluminar, bem como no seu padrão de distribuição. Deve ser realizado um estudo do ponto de vista luminotécnico relativamente às luminárias, para que o

rendimento seja máximo e de forma a obter uma distribuição luminosa adequada ao seu propósito.

Os dados fotométricos relativos à luminária são geralmente fornecidos pelo fabricante. Esses dados usualmente incluem um diagrama polar onde é possível observar as curvas que indicam a intensidade luminosa em função da direção para uma determinada fonte luminosa em coordenadas polares. Na figura 39 é apresentado um exemplo de um diagrama polar de uma luminária de iluminação interior.

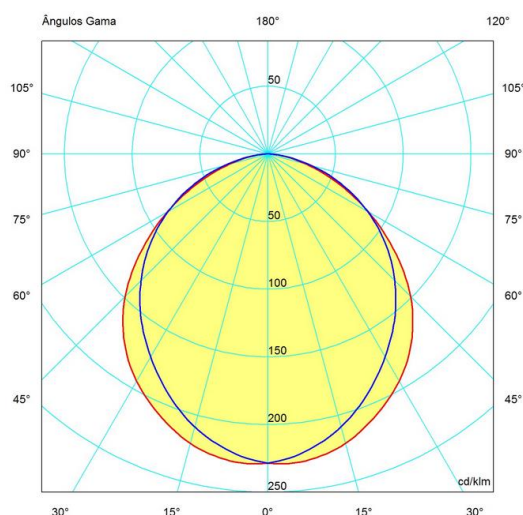


Figura 39- Diagrama polar de uma luminária de iluminação de interior [24]

Os diagramas polares, também denominados curvas de distribuição de intensidade luminosa, são usualmente expressos em candela por lúmen (cd/lm), sendo a escala mais utilizada a de uma candela por mil lúmen (cd/1000lm). As diversas curvas apresentadas demonstram os valores de intensidade luminosa para mais do que um plano de referência, sendo que o eixo de zero graus ( $0^\circ$ ) corresponde à direção vertical e o eixo de noventa graus ( $90^\circ$ ) corresponde à direção horizontal.

A escolha do tipo de luminária vai depender do sistema de iluminação pretendido, ou seja, existem diferentes orientações de iluminação que podem ser escolhidas de acordo com a área que se pretende iluminar. Podemos definir então os seguintes tipos de iluminação:

- **Iluminação direta** – O fluxo luminoso é totalmente direcionado para a superfície que se pretende iluminar. Evita-se perdas de iluminação por reflexão no teto ou paredes, mas existe encadeamento e sombras.
- **Iluminação semi-direta** – Uma grande percentagem do fluxo luminoso é direcionada para a superfície a iluminar, a restante é distribuída noutras direções. É possível reduzir significativamente o encadeamento. No entanto, uma grande percentagem do fluxo luminoso alcança a área a iluminar por reflexão no teto e paredes.
- **Iluminação difusa** – Distribuição do fluxo luminoso em várias direções evitando-se zonas de sombreamento e reduzindo significativamente o encadeamento. No entanto, uma grande percentagem do fluxo luminoso alcança a área a iluminar por reflexão no teto e paredes.
- **Iluminação semi-indireta** – Uma grande percentagem do fluxo luminoso é direcionada para o teto permitindo evitar o encadeamento. O rendimento luminoso alcançado é muito reduzido uma vez que a iluminação é maioritariamente absorvida pelo teto e paredes.
- **Iluminação indireta** – Uma percentagem muito alta ou igual ou total do fluxo luminoso é direcionada para o teto. O encandeamento é completamente anulado, no entanto, o rendimento luminoso é muito fraco permitindo obter um nível de luminância na área a iluminar muito reduzido.

Na figura seguinte é apresentado um esquema muito simples, onde é possível observar diferentes tipos de iluminação, sendo o primeiro (mais à esquerda) direta, o segundo iluminação indireta e o terceiro caso representa uma iluminação mista (difusa, semidireta ou semi-indireta).

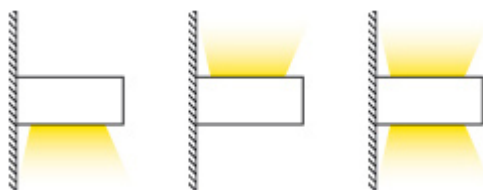


Figura 40 – Exemplo de tipos de iluminação [25]

### **2.1.4.1 Luminárias para iluminação de Interior**

Existem diversos tipos de luminárias para diferentes tipos de montagens, iluminação desejada, tipos de lâmpadas, tipo de local, entre outros. Seguidamente são apresentados os tipos de luminárias utilizados na iluminação interior [9], [10], [26], [27].

#### **2.1.4.1.1 Luminárias Encastradas**



Figura 41- Luminária encastrada [26]

As luminárias de montagem encastrada (Figura 41) são geralmente utilizadas em tetos falsos e na sua grande maioria são desenvolvidas para trabalhar com lâmpadas fluorescentes. São luminárias que apresentam uma grande diversidade de óticas com diferentes refletores e placas prismáticas, permitindo diferentes efeitos de iluminação. Permitem um controlo de luz elevado devido aos refletores, grelhas e lâminas que possuem, possibilitando direcionar a luz emitida e reduzir a luminância nas direções sujeitas a causar encandeamento. As configurações que diversas lâmpadas utilizam permitem um controlo de vários tipos de luminância, o que implica uma maior versatilidade do sistema de iluminação. Este tipo de luminária é muito utilizado em iluminação de escritórios e de espaços comerciais.

#### **2.1.4.1.2 Luminárias de Montagem Suspensa**



Figura 42 – Luminária de montagem suspensa [27]

As luminárias de montagem suspensa (Figura 42) apresentam uma construção bastante simples o que permite uma montagem fácil e custos de manutenção reduzidos. Em instalações industriais, para alturas de montagem superiores a seis metros, são geralmente utilizadas lâmpadas de descarga de alta pressão permitindo uma fácil manutenção. Algumas configurações apresentam um revestimento em vidro de sílica pura sobre a chapa de alumínio permitindo uma elevada resistência à corrosão. Os refletores utilizados neste tipo de luminárias são geralmente prismáticos ou metálicos apresentando em alguns casos uma superfície interna multiface que permite obter um elevado rendimento luminoso.

#### **2.1.4.1.3 Luminárias de Montagem Saliente**



Figura 43 – Luminária de montagem saliente [27]

As luminárias de montagem saliente (Figura 43) apresentam várias configurações e são compatíveis com os diversos tipos de lâmpadas. A sua montagem é relativamente fácil e geralmente são de construção robusta, o que permite a sua utilização em espaços com condições muito específicas.

#### **2.1.4.1.4 Luminárias de Montagem Saliente Estanques**



Figura 44 – Luminária de montagem saliente estanque [27]

As luminárias estanques (Figura 44) são utilizadas em espaços com condições adversas, como por exemplo áreas de risco de incêndio ou de explosão, locais húmidos ou onde existe a possibilidade de infiltração de água na luminária, zonas com grandes quantidades de poeira, entre outros.

Existem diferentes configurações de luminárias estanques dependendo do tipo de condições em que vão ser utilizadas.

Uma configuração possível é a luminária estanque com lâmpadas expostas, possuindo apenas as ligações entre as lâmpadas e os suportes estanques, sendo ideal para locais com grandes quantidades de poeira e elevada humidade. Na configuração apresentada na figura 44, a luminária possui as lâmpadas protegidas por um difusor em material plástico, sendo a luminária totalmente estanque.

Para condições mais adversas, áreas com risco de incêndio ou de explosão, as luminárias utilizadas apresentam uma construção mais robusta com uma caixa em aço e difusor em vidro duro, capaz de resistir a explosões evitando assim uma eventual origem de incêndio.

#### **2.1.4.1.5 Luminária de Montagem Saliente do tipo Régua**



Figura 45 – Luminária de montagem saliente do tipo Régua [27]

As luminárias do tipo régua (Figura 45) apresentam um controlo de luz muito reduzido, uma vez que apenas utilizam um suporte para a montagem da lâmpada sem a utilização de grelhas ou refletores. No entanto, como este tipo de luminárias possui uma construção bastante simples, a sua dimensão é reduzida, o que permite a sua utilização em espaços pequenos.

Na figura 45 é possível observar uma luminária do tipo régua com um módulo LED integrado, o que permite uma instalação simples. Existem algumas configurações estanques usualmente com lâmpada exposta e suportes estanques.

#### **2.1.4.1.6 Luminárias do tipo *Downlight***



Figura 46 – Luminária do tipo *Downlight* [27]

As luminárias do tipo *Downlight* são usualmente utilizadas com lâmpadas de baixo consumo, maioritariamente lâmpadas de halogéneo e lâmpadas LED. Este tipo de luminárias é constituído essencialmente por um invólucro e uma ótica, usualmente fabricados em alumínio. A ótica dependendo da configuração pode ser fixa ou ajustável.

Os refletores utilizam uma técnica denominada *Darklight* que relaciona o ângulo de *cut-off*<sup>1</sup> da lâmpada e do refletor. Com esta técnica é possível atenuar o efeito de encadeamento direto sem reduzir o rendimento luminoso do conjunto lâmpada e luminária.

Existem então luminárias do tipo *Downlight* com diferentes ângulos de *cut-off*. Conforme o tipo de local é importante estudar qual o tipo de luminária mais adequada. Para locais de altura mais elevada é indicado escolher uma luminária com um ângulo de *cut-off* maior e para locais com pouca altura luminárias com um ângulo de *cut-off* menor.

---

<sup>1</sup>O ângulo de *cut-off* é o ângulo formado entre o teto (horizontal) e uma reta imaginária que passa no extremo do refletor, tangente à lâmpada. Se o nosso campo visual estiver situado dentro deste ângulo não é possível ver a lâmpada diretamente.

#### 2.1.4.1.7 Luminárias com Calha Eletrificada



Figura 47 – Luminária com calha eletrificada [27]

A utilização de luminárias com calha eletrificada é importante quando se pretende um controlo de luz minucioso. É usualmente utilizado em estabelecimentos comerciais onde o controlo de luz é de elevada importância. Este tipo de luminária é utilizado para iluminar pequenas áreas ou objetos sendo possível direcionar a luz emitida com elevado pormenor devido às diferentes funcionalidades de construção, dobradiças, suportes, caminho em calha, entre outros. No entanto, para iluminar grandes áreas não é uma solução viável.

#### **Resumo**

Nos pontos anteriores apresentou-se uma abordagem a diversos conceitos e grandezas de luminotecnia que são essenciais para o entendimento de todos os processos envolvidos no dimensionamento de sistemas de iluminação. Os sistemas de iluminação são essencialmente constituídos por dois tipos de equipamentos, as luminárias e as lâmpadas.

A abordagem apresentada aos diversos tipos de lâmpadas e luminárias existentes permite compreender os múltiplos fatores em causa quando se pretende configurar ou alterar um sistema de iluminação.

Com estas abordagens, pretende-se reunir a informação necessária para o entendimento dos sistemas utilizados em iluminação, de forma a perceber o sistema atual na área do *Measuring*, e comparar com o sistema que se pretende implementar com luminárias salientes estanques em LED.

## **2.1.5 Dimensionamento de um sistema de iluminação**

Neste subcapítulo é realizada uma abordagem ao dimensionamento de um sistema de iluminação.

Na secção 2.1.5.1 é apresentada uma metodologia de cálculo luminotécnico que representa a fase inicial de um projeto. Na secção 2.1.5.2 é apresentada uma abordagem à fase seguinte de um projeto de um sistema de iluminação, ou seja, são apresentadas algumas grandezas que permitem calcular a eficiência do sistema projetado e comparar diferentes sistemas. Por fim, na secção 2.1.5.3, é realizada uma abordagem ao cálculo de rentabilidade de um sistema onde são apresentados os custos relevantes e como pode ser calculado o retorno de um investimento.

### **2.1.5.1 Cálculo Luminotécnico**

Os cálculos luminotécnicos são usualmente realizados durante a fase de projeto de um sistema para se obter informação sobre o seu desempenho. A partir desses cálculos é possível comparar diferentes configurações e perceber qual a melhor solução possível.

Este tipo de cálculos permite obter simulações próximas da realidade, mas como são utilizados modelos com várias aproximações e simplificações os resultados não são totalmente corretos e dependendo do tipo de método utilizado a rapidez de cálculo e a exatidão de resultados podem variar [28].

### **Método do Fator de utilização**

O método do fator de utilização permite um cálculo rápido da quantidade de luminárias que é necessário implementar para garantir os níveis de iluminância desejados de acordo com os requisitos do recinto em questão. Este método é prático e de fácil utilização. Não deve ser utilizado quando se pretende obter resultados precisos, mas sim quando se pretende estimar soluções e obter diferentes simulações de configurações possíveis a utilizar.

Para a utilização deste método ser possível é necessário cumprir os seguintes requisitos:

- O recinto em estudo tem que apresentar forma paralelepípedica;
  - As paredes do recinto em estudo têm que apresentar um fator de reflexão uniforme, ou seja, cor e material uniforme;
  - O plano de trabalho a iluminar tem que ser horizontal;
-

- Apenas pode ser utilizado um tipo de luminária;
- A orientação das luminárias tem que ser igual.

A utilização deste método implica conhecer as características da luminária a utilizar, da lâmpada, da cor e do material das paredes e teto e também das dimensões do recinto em estudo. O método é então constituído pelos seguintes passos [5], [8], [30]:

### 1. Determinar o nível de iluminância adequado ao recinto em estudo

O nível de iluminância de um determinado recinto deve ser escolhido de acordo com os requisitos do tipo de tarefas realizadas nesse recinto. Um nível de luz correto garante condições visuais necessárias para que o trabalho efetuado seja eficiente e preciso.

Na tabela seguinte são apresentados alguns níveis de iluminância adequados a cada tipo de tarefa a realizar. Os valores apresentados são uma demonstração, deve ser consultada a norma europeia em vigor (EN 12464-1) onde são apresentados com detalhe os níveis de iluminância adequados a cada tipo de tarefa [29].

Tabela 13 - Níveis de iluminância adequados a diferentes tarefas ou atividades [29]

Níveis de iluminância (lux)	Tipo de tarefas ou atividades
20-50	Áreas exteriores de circulação de acesso
50 – 100 – 150	Zonas interiores de circulação, corredores, escadas
150 – 200 – 300	Zonas utilizadas por períodos curtos, átrios, armazéns
300 – 500 - 750	Trabalhos normais, escritórios e fábricas
750 - 1000	Tarefas com necessidade de elevada acuidade visual
1000 – 1500 – 2000	Trabalhos especiais, inspeção, gravação
2000 – 3000 - 5000	Trabalho contínuo e preciso, eletrónica

### 2. Calcular o índice do recinto

O índice do recinto representa a relação entre as dimensões do recinto e a distância entre a luminária e o plano de trabalho que se pretende iluminar.

$$K = \frac{cl}{(c + l).h_u} \quad (1)$$

Em que,

$K$  - Índice do recinto

$c$  - Comprimento do recinto

$l$  - Largura do recinto

$h_u$  - Altura útil

A altura útil representa a distância entre a fonte de luz e o plano de trabalho. Se subtrairmos à altura total da sala,  $H$ , a altura do plano de trabalho e a altura a que está posicionada a luminária obtemos então a altura útil,  $h_u$ . Na figura 48 é apresentado um esquema onde é possível observar uma representação da altura útil.

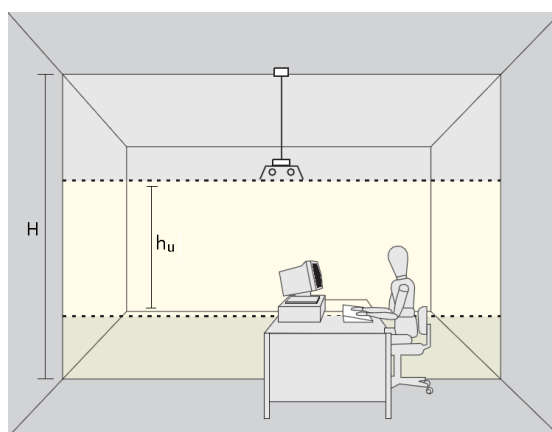


Figura 48 – Altura útil ( $h_u$ ) [5]

### 3. Escolher o tipo de luminárias e de lâmpada a utilizar

A escolha do tipo de luminária e do tipo de lâmpada depende do tipo de recinto e do tipo de tarefas e atividades realizadas. Como foi referido na secção das luminárias, a escolha da luminária adequada depende do nível de iluminância necessária para o recinto, da necessidade de controlar a orientação da iluminação e também das condições que o recinto apresenta, caso seja necessário utilizar luminárias de construção mais robusta preparadas para condições mais exigentes.

É também necessário pensar no conjunto lâmpada e luminária uma vez que determinado tipo de luminárias permite a utilização de um maior número de lâmpadas ou apresenta um conjunto de funcionalidades que permitem elevar significativamente o rendimento luminoso do conjunto.

No entanto, a escolha mais importante para o dimensionamento do sistema de iluminação é a lâmpada. Essa escolha vai depender do número de horas de uso, da frequência de utilização do espaço, da obrigatoriedade, ou não, de ter uma restituição de cores elevada e do tipo de tarefa realizada no recinto, o que implica uma temperatura de

cor da lâmpada diferente (locais de trabalho requerem a utilização de uma fonte de luz com temperatura de cor "fria" e locais de descanso uma temperatura de cor "quente") [5].

A escolha da luminária e da lâmpada permite então obter os seguintes dados:

- Fluxo luminoso da lâmpada;
- Potência da lâmpada;
- Tabela do fator de utilização da luminária;
- Número de lâmpadas por luminária.

#### 4. Determinar o fator de utilização da luminária

O cálculo do fator de utilização é realizado recorrendo à tabela do fator de utilização da luminária escolhida, fornecida pelo fabricante. Uma tabela do fator de utilização de uma luminária possui vários valores que estão organizados de acordo com diferentes índices de recinto e diferentes coeficientes de reflexão. Para obter o fator de utilização é necessário cruzar o valor de índice de recinto calculado anteriormente com os coeficientes de reflexão do recinto.

Na tabela 14 é apresentado um exemplo de tabela do fator de utilização de uma luminária onde é possível observar um cruzamento de valores do índice de recinto e dos coeficientes de reflexão para se obter o respetivo fator de utilização.

Tabela 14 - Tabela de fator de utilização exemplo [31]

TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10			10			10		0
Kr	Fator de utilização								
0,60	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,80	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1,00	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	46	43	49	45	43	45	42	41
1,50	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2,00	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,50	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3,00	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4,00	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5,00	66	64	63	64	63	62	62	61	59

Os coeficientes de reflexão são obtidos tendo em conta a cor e o material das paredes, teto e solo do recinto.

Na tabela seguinte são apresentados alguns coeficientes de reflexão para diferentes cores e tipos de materiais. Tal como foi referido no subcapítulo 2.1.1, conforme

a cor ou o material da superfície existe maior ou menor reflexão da luz fazendo variar o fluxo luminoso que alcança o plano a iluminar.

Tabela 15 - Coeficientes de reflexão [5]

Cor/Material	Coeficiente de reflexão (%)
Branco	70 a 80
Bege	25 a 55
Amarelo	55 a 65
Azul claro	40 a 65
Verde Claro	45 a 50
Preto	5 a 10
Vidro	6 a 8
Rocha	60
Madeira clara	40

### 5. Determinar o fator de manutenção

O fator de manutenção relaciona o fluxo emitido no fim do período de manutenção da luminária e o fluxo luminoso inicial da mesma. É necessário ter em conta o tipo de ambiente do recinto em estudo e a frequência com que é realizada a manutenção das luminárias e lâmpadas. Quanto maior e melhor for a frequência da manutenção dos equipamentos, mas alto será o custo a ter em conta.

Usualmente, os sistemas de iluminação são sobredimensionados uma vez que os valores de iluminância projetados podem ser reduzidos devido ao envelhecimento das lâmpadas e ao pó que se deposita nos equipamentos, o que limita o fluxo luminoso que alcança a superfície a iluminar. Na tabela 16 é possível observar os diferentes valores de fator de manutenção para vários tipos de ambiente e diferentes frequências de manutenção.

Tabela 16 - Tabela de fator de manutenção [5]

Tipo de ambiente	Período de Manutenção		
	2500 h	5000 h	7500 h
Limpo	0.95	0.88	0.91
Normal	0.91	0.80	0.85
Sujo	0.80	0.57	0.66

## 6. Calcular o fluxo luminoso por luminária

O cálculo do fluxo luminoso por luminária tem em conta o fluxo luminoso da lâmpada escolhida e a quantidade de lâmpadas que vão ser utilizadas em cada luminária. Sendo assim, todos os dados necessários para este cálculo foram obtidos no passo número 3.

Realiza-se então o seguinte cálculo:

$$\varphi = n \quad (2)$$

Em que:

$\varphi$  - Fluxo luminoso por luminária, em lúmen;

$\phi$  - Fluxo luminoso por lâmpada, em lúmen;

$n$  - Número de lâmpadas por luminária.

## Calcular o número de luminárias necessárias

Uma vez concluídos todos os passos anteriores, é possível então calcular o número de luminárias necessárias a utilizar no recinto em estudo para proporcionar o nível de iluminância escolhido. A equação seguinte permite então esse cálculo:

$$N = \frac{E \cdot S}{\varphi \cdot FU \cdot FM} \quad (3)$$

Em que,

$N$  - Número de luminárias;

$E$  - Nível de iluminância escolhido, em lux;

$S$  - Área do recinto, em metros quadrados;

$\varphi$  - Fluxo luminoso por luminária, em lúmen;

$FM$  - Fator de manutenção;

$FU$  - Fator de utilização;

## 7. Determinar o espaçamento entre luminárias

Para que a distribuição de luminárias no recinto seja uniforme, é usual a utilização de um espaçamento de 1 a 1,5 vezes a altura entre a luminária e o plano de trabalho. É importante ter em conta a configuração do recinto, a orientação das luminárias, os pontos que são importantes iluminar e a dimensão das luminárias. Um espaçamento, tal como apresentado na figura 49, permite uma distribuição uniforme em relação ao espaço disponível de montagem no teto em relação à distância entre paredes do recinto. É

utilizada uma distância de espaçamento entre luminárias igual ao dobro da distância entre a luminária e as paredes.

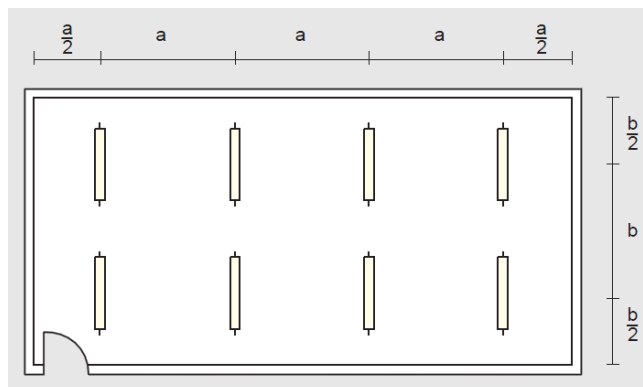


Figura 49 – Distribuição de luminárias tendo em conta as paredes do recinto [32]

### Software Específico

A utilização de um método de cálculo como o método do fator de utilização permite obter uma simulação do sistema que se pretende estudar, mas quando se trata de sistemas mais complexos ou quando é necessário dimensionar vários projetos, seguir esta metodologia não é a melhor opção.

Existem atualmente diversos tipos de *software* de cálculo luminotécnico, como por exemplo DIALux e Reluz, que utilizam diferentes modelos de cálculo, que possibilitam a simulação de sistemas de iluminação complexos e a obtenção dos consumos energéticos para esses sistemas. Alguns destes programas possuem bases de dados com toda a informação referente aos diferentes tipos de luminárias e lâmpadas existentes no mercado e proporcionam um ambiente gráfico, onde é possível configurar um sistema de iluminação e distribuir todos os componentes tendo em conta as dimensões reais dos recintos em estudo.

Na figura seguinte é apresentado um exemplo de um ambiente gráfico desenvolvido em *software* de cálculo luminotécnico denominado DIALux. Este *software* foi o utilizado para simular o projeto prático que vamos apresentar mais à frente, pelo facto de ser o mais utilizado no mercado, e possuir uma extensa base de dados dos vários fabricantes de luminárias no mercado.

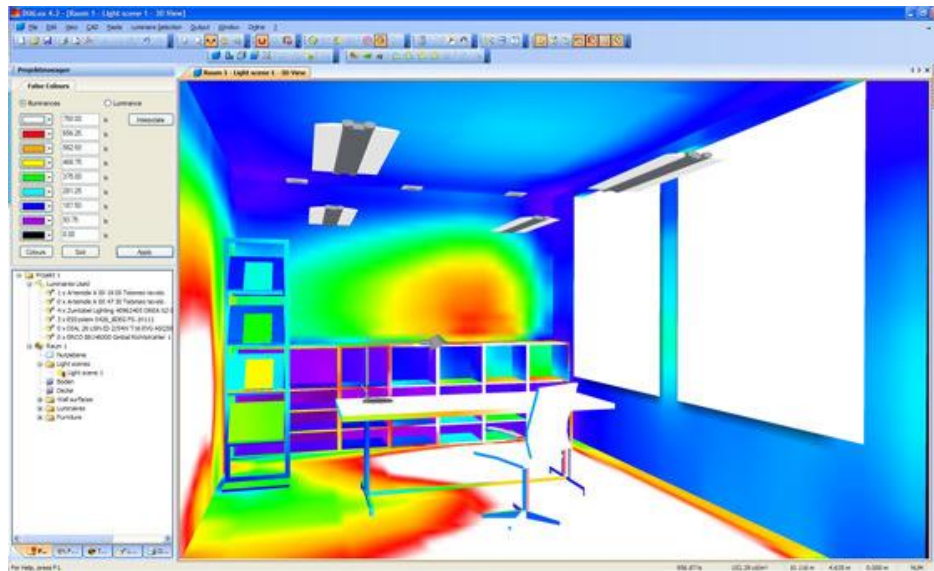


Figura 50 – Ambiente gráfico de um projeto realizado em DIALux [30]

### 2.1.5.2 Eficiência do Sistema de Iluminação

Para se obter a eficiência de um sistema de iluminação, após o cálculo do número de luminárias, é necessário calcular a potência instalada, que permite posteriormente calcular a potência por metro quadrado e a densidade de potência para 100 lux de iluminância. É necessário efetuar os seguintes cálculos [5]:

- Potência total instalada;
- Densidade de potência;
- Densidade de potência relativa.

Usando estes cálculos, é possível comparar diferentes simulações relativamente à sua eficiência e perceber o tipo de consumos que os sistemas dimensionados apresentam.

#### **Potência Total Instalada**

O cálculo da potência total instalada do sistema é realizado utilizando todos os equipamentos que consomem energia, lâmpadas e dispositivos auxiliares (Balastos, Ignitores e Transformadores).

$$P_t = \frac{W \cdot N \cdot n}{1000} \quad (4)$$

Em que,

$P_t$  - Potência total instalada do sistema, em Kilowatt;

$W$  - Potência do conjunto lâmpada e dispositivos auxiliares, em Watt;

$N$  - Número de luminárias;

$n$  - Número de lâmpadas por luminária.

### Densidade de Potência

A densidade de potência representa a potência total instalada por metro quadrado. É muito importante conhecer esta grandeza uma vez que permite perceber o nível de consumo do sistema, sendo muito utilizada em cálculos de sistemas de climatização.

$$D = \frac{P_t \cdot 1000}{A} \quad (5)$$

Em que:

$D$  - Densidade de potência, em Watt por metro quadrado;

$P_t$  - Potência total instalada, em Kilowatt;

$A$  - Área do recinto, em metros quadrados.

No entanto, para comparar diferentes sistemas, não é possível utilizar a densidade de potência porque é necessário conhecer também o nível de iluminância garantido pelos sistemas. Comparando a densidade de potência de dois sistemas, apenas é possível ver qual consome mais ou menos por metro quadrado. Para perceber se o sistema é realmente eficiente, é necessário conhecer a quantidade de energia consumida que o sistema consegue transformar em luz emitida, iluminância.

### Densidade de Potência Relativa

Para que seja possível comparar a eficiência de diferentes sistemas de iluminação, é necessário calcular a densidade de potência relativa, que representa a densidade de potência total instalada para 100 lux de iluminância. Esta grandeza, sendo calculada sempre relativamente à mesma iluminância (100 lux), permite então comparar o consumo energético de diferentes sistemas.

$$D_r = \frac{D \cdot 1000}{E} \quad (6)$$

Em que:

*Dr* - 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.

### **2.1.5.3 Cálculo de rentabilidade**

Após o dimensionamento do sistema de iluminação, é necessário avaliar a viabilidade do projeto.

Sendo assim, é importante analisar os custos de investimento e os custos de operação do sistema. Os custos de investimento são mais elevados quando o projeto implica a utilização de equipamento mais eficiente, logo de preço mais elevado, por outro lado, projetos com investimentos iniciais mais reduzidos podem por vezes significar custos de operação mais elevados devido aos equipamentos possuírem menor eficiência. É então importante realizar um cálculo de rentabilidade dos sistemas dimensionados para verificar em quanto tempo se consegue um retorno do investimento.

Os custos de investimento podem ser divididos da seguinte forma:

- Elaboração do projeto do sistema de iluminação:

Custos de mão-de-obra qualificada para modelação e projetos de sistemas de iluminação

- Aquisição de equipamento:

Custos de aquisição de todos os equipamentos que constituem os sistemas de iluminação, lâmpadas, luminárias, balastros, entre outros.

- Instalação do equipamento:

Custos com mão-de-obra especializada em instalação dos equipamentos que constituem um sistema de iluminação.

### **Custos operacionais**

Os custos operacionais são todos os custos que resultam da operação do sistema de iluminação, ou seja, quando o sistema é instalado e entra em operação existem custos com manutenção de equipamento (reposição de equipamento e mão de obra necessária) e custos de energia consumida.

Dois importantes indicadores dos custos operacionais de um sistema são o custo do consumo mensal de energia e o custo médio de reposição de lâmpadas [5].

Vamos supor o seguinte sistema de iluminação presente na tabela seguinte.

Tabela 17 - Tabela de um sistema de iluminação

Sistema de iluminação exemplo	
Número de lâmpadas	30
Vida útil da lâmpada	3500 horas
Preço da lâmpada	15 €
Potência total instalada	0,6KW
Tempo de uso mensal da iluminação	400horas/mês

### Consumo mensal

Tendo em conta o sistema de iluminação apresentado na tabela anterior, podemos calcular o seu consumo mensal utilizando a potência total instalada e o tempo de uso mensal de iluminação.

$$\text{Consumo mensal} = P_t \times \text{Tempo de uso mensal da iluminação} \quad (7)$$

$$\text{Consumo mensal} = 0.6KW \times 400 = 240KWh/mês$$

O consumo mensal do sistema é então 240 KW h/mês

### Custo do consumo Mensal de energia

Utilizando os dados presentes na tabela 17 e o cálculo de consumo mensal realizado anteriormente podemos calcular o custo do consumo mensal de energia. Utilizando como preço do KiloWtt hora o valor de 0.1402 euros é possível então calcular o custo do consumo mensal de energia do sistema.

$$\text{Custo do consumo mensal de energia} = \text{Consumo mensal} \times \text{Preço KWh} \quad (8)$$

$$\text{Custo do consumo mensal de energia} = 240KWh/mês \times 0.1402 = 33.648 \text{ euros}$$

Comparando os consumos mensais e o custo do consumo mensal de energia de diferentes sistemas permite perceber qual o sistema com um consumo mais reduzido, logo mais eficiente.

### **Custo Médio Mensal de Reposição de Lâmpadas**

O custo médio mensal de reposição de lâmpadas representa o custo de aquisição de novas lâmpadas necessárias para substituição de lâmpadas que ficam fora de serviço mensalmente. Com os dados presentes na tabela 17 é possível calcular o custo médio mensal de reposição de lâmpadas (CMMRL) para o sistema apresentado.

$$CMMRL = \frac{n^{\circ} \text{ de lâmpadas} \times \text{Tempo de uso mensal de iluminação} \times \text{Preço de lâmpada}}{\text{vida útil da lâmpada}} \quad (9)$$

$$CMMRL = \frac{30 \times 400h \times 15 \text{ euros}}{3500h} = 51.42$$

Para sistemas de iluminação onde a manutenção de equipamentos é de elevada dificuldade é importante estudar este indicador. No entanto, para casos mais extremos pode ser também necessário calcular o custo com mão-de-obra necessária para efetuar a reposição de lâmpadas. Para obter esse custo é necessário calcular o tempo mensal de reposição de lâmpadas multiplicado pelo custo de mão-de-obra [5].

### **Retorno do investimento**

Um método bastante eficaz para demonstrar a rentabilidade de um projeto passa pelo cálculo do retorno do investimento. Quando são conhecidos os dados relativos ao investimento inicial do projeto e os seus custos operacionais mensais, é possível calcular em quantos meses se consegue recuperar o investimento.

Para um melhor entendimento deste tipo de cálculo relativamente a uma proposta de um sistema de iluminação, é apresentado um exemplo simplificado de um cálculo do retorno do investimento.

Vamos supor que existe um sistema atual em operação e queremos avaliar a viabilidade de um sistema alternativo proposto. Na seguinte tabela são apresentados os custos operacionais e o investimento necessário do projeto proposto e os custos operacionais do sistema atual.

Tabela 18 – Exemplo de custos com os sistemas atual e de melhoria

Custos	Sistema Atual	Projeto de Melhoria
Custos de investimento (euros)	-	5000
Custos operacionais mensais (euros)	600	300

$$RI = \frac{\text{Custos de investimento (Projeto A)}}{\text{Custos operacionais (Sistema Atual) - Custos operacionais (Projeto A)}} \quad (10)$$

$$RI = \frac{5000}{600 - 300} = 17 \text{ meses}$$

Em que:

*RI* – Retorno do investimento

O prazo de retorno do investimento no projeto A é amortizado ao longo de dezassete meses, tendo por base o investimento de cinco mil euros, isto porque a redução dos custos mensais permitiria poupar, durante esse tempo, o valor investido inicialmente no projeto.

## Resumo

Este subcapítulo apresenta diversos processos no dimensionamento de um sistema de iluminação. O objetivo desta abordagem foi apresentar as diferentes fases que constituem um projeto luminotécnico, de forma a perceber alguns dos passos que foram desenvolvidos no projeto prático apresentado mais à frente.

### 2.1.6 Iluminação de Espaços Interiores

Nesta secção abordam-se os principais aspetos da iluminação de espaços interiores. Também aqui se fez uso de uma fonte bibliográfica para se apresentar os conteúdos que se seguem. A fonte utilizada consiste na referência [32].

A iluminação interior refere-se às necessidades de iluminar corretamente as áreas onde serão realizadas tarefas específicas por pessoas, tanto no uso doméstico, serviços ou em ambiente industrial. Os níveis de iluminação são definidos com recurso essencialmente à grandeza iluminância em função das tarefas específicas a realizar pelos

utilizadores. Esses valores encontram-se tabelados em documentação própria da Comissão Internacional de Iluminação, onde também é usual haver a indicação do índice de restituição de cores, UGR e temperatura de cor da luz adequados. Os níveis de iluminância para iluminação interior situam-se para a generalidade dos casos entre 100 e 2000 lux.

A iluminação para uso doméstico caracteriza-se por uma grande variedade de aplicações e onde os aspetos de criatividade e estética têm grande importância pelo que os parâmetros de temperatura de cor e índice de restituição de cores são muito importantes. Uma boa restituição cromática é essencial para aplicações de carácter decorativo em que também é útil empregar fontes com diferentes temperaturas de cor para transmitir diversas tonalidades aos objetos. Na maioria das aplicações é desejável uma distribuição uniforme da luminosidade pelos compartimentos e um fluxo luminoso intenso para que sejam refletidas em grande detalhe os objetos e superfícies. Muitas vezes interessa criar uma iluminação que transmita uma sensação agradável para os visitantes, recorrendo-se frequentemente a aplicações com múltiplos pontos de luz de pequena intensidade que apresentam um bom efeito estético. Depreende-se que em muitas destas situações a eficiência energética e a poupança económica, embora importantes, não sejam os indicadores de maior interesse para o utilizador.

A iluminação em serviços como escritórios, zonas de atendimento ao público e outras caracteriza-se pela necessidade de soluções funcionais e eficientes sendo os aspetos de ordem estética secundarizados. A luz deve incidir primariamente sob o plano de trabalho onde deve haver uma distribuição tão uniforme quanto possível evitando a formação de sombras e encandeamento. Em oposição à iluminação decorativa devem evitar-se fortes contrastes de luminância e de cor que podem causar cansaço e dificuldade de perceção e concentração nas tarefas e adicionalmente, deve haver uma boa relação entre as fontes de luz artificial e a luz natural tirando o máximo partido desta. Em conclusão, este tipo de utilização deve, portanto, garantir o conforto visual dos seus utilizadores e fazê-lo tão eficientemente quanto possível.

A iluminação de uso industrial caracteriza-se por ter especificações muito próprias consoante as aplicações concretas. Pretende-se iluminar convenientemente as tarefas garantindo toda a segurança possível na sua execução. Algumas dessas tarefas requerem níveis de iluminância muito elevados (2000 lux), como acontece em trabalhos de

precisão. Noutros casos são suficientes iluminâncias bem mais reduzidas (100 lux) como atividades de secagem.

Há uma grande diversidade de cenários. Grande parte das aplicações requer IRC elevado (80 ou 90), e em alguns casos é necessária uma temperatura de cor mais elevada (> 4400 K) como em trabalhos de inspeção de cor ou de precisão. Finalmente deve-se referir a necessidade da maior fiabilidade possível dos sistemas de iluminação porque as falhas na indústria podem causar consequências graves a nível de segurança bem como elevados prejuízos económicos. Há, portanto, grande conveniência no uso de fontes com elevada duração e reduzidos custos e necessidades de manutenção.

A iluminação interior é assegurada basicamente pelas lâmpadas de incandescência normais, de halogéneo e refletores e pelas lâmpadas fluorescentes, quer as normais tubulares quer as compactas. E neste momento as lâmpadas LED começam a substituir as anteriormente referidas.

A produção de luz por incandescência tem sido gradualmente menos utilizada com o aparecimento de novas tecnologias. A sua aplicação atualmente é essencialmente feita em iluminação interior e a tendência natural é continuar a diminuir atendendo também às novas exigências legislativas.

Uma das grandes vantagens que possuem é o facto de produzirem uma restituição de cores ótima, o que é particularmente indicado para aplicações decorativas e para tarefas específicas como montagem de precisão ou de avaliação de cores. Também apresentam a vantagem de permitir fontes luminosas pequenas, quase pontuais, em virtude de não haver necessidade de equipamento auxiliar ao processo de produção de luz, e a luz produzida é facilmente controlável usando equipamento ótico adequado. Estas propriedades tornam-na atrativa para situações de iluminação de lugares pequenos, luzes de presença, etc., e permitem uma variedade de aplicações com um elevado nível estético. O custo do investimento inicial da tecnologia de incandescência é inferior comparativamente às restantes opções, mas essa poupança é geralmente perdida pelo consumo elevado de eletricidade e pela reduzida vida útil que provoca custos adicionais de substituição. Nesse sentido, e tendo em conta a existência de substitutos para virtualmente todas as aplicações à altura é seguro excluir as lâmpadas de incandescência para a iluminação funcional eficiente.

As formas de produção de luz fluorescentes constituem o substituto natural das lâmpadas de incandescência em iluminação interior. Estas não possuem índices de

restituição de cores ótimos como as incandescentes, mas os seus valores (85 a 95) são suficientes para a maioria das aplicações.

Em termos de dimensões, estas lâmpadas têm tamanhos consideráveis devido à sua construção que requer os tubos de descarga grandes e ainda aparelhagem auxiliar como balastros. As lâmpadas fluorescentes tubulares, de maior dimensão, requerem condições específicas de instalação, e conseqüentemente acarretam custos adicionais, pelo que não são adequadas para substituição direta das lâmpadas de incandescência, destinando-se a situações de projetos de raiz ou implicando uma reformulação da conceção da instalação.

Uma vantagem considerável reside no facto de não emitirem radiações infravermelhas o que é geralmente importante em termos de iluminação interior pois deste modo não causa a produção de calor indesejado. Por outro lado, apresentam uma gama elevada de temperaturas de cor o que permite a adaptação a diferentes situações.

Os custos de investimento são superiores aos das lâmpadas incandescentes, mas a sua eficiência energética e elevados tempos de vida útil permitem compensar esse acréscimo ao longo do seu tempo de utilização.

Os LED's apresentam potencialmente as características ideais para as fontes de iluminação interior em termos de tamanho, eficiência e tempo de vida, e o desenvolvimento deste tipo de iluminação vem permitindo alargar a sua gama de aplicações.

Em termos de dimensões são potencialmente as fontes de iluminação mais pequenas o que as tornam atrativas para uma variedade de aplicações como iluminação de segurança, luzes de presença ou decorativa.

O espectro de radiação dos LED, limitado normalmente à zona visível, implica que a luz emitida é desprovida de radiações ultravioletas e infravermelhas que produzem potenciais danos e aquecimento indesejado, que se tornam particularmente nocivos na iluminação de obras de arte ou objetos mais sensíveis a estas radiações. Por outro lado, é possível obter uma elevada gama de temperaturas de cor que influenciam a tonalidade da luz e conseqüentemente a forma como são percebidos os objetos. Como tal a iluminação LED adequa-se a aplicações em museus ou outras de carácter expositivo. O nível de restituição cromático é uma das limitações tradicionais destas fontes de iluminação, mas que tem vindo progressivamente a ser melhorado.

O IRC típico é de cerca de 75 sendo possíveis valores superiores à custa da eficiência energética. Estes números, ainda que satisfatórios para a generalidade das aplicações, são inferiores relativamente aos obtidos por outras fontes alternativas. Os custos de investimento são naturalmente os maiores entre as principais fontes de luz já que estão associados a um processo de fabrico complexo e dispendioso.

### 3 TRABALHO DESENVOLVIDO

Neste capítulo apresenta-se todo o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto de alteração do sistema de iluminação presente na área do *Measuring*.

Como já referido anteriormente no início do capítulo anterior, o estudo luminotécnico incidiu em três salas, da área do *Measuring*. De seguida vamos apresentar o estudo luminotécnico para cada uma das zonas, no qual se vai apresentar o tipo de luminárias existentes, a situação atual da iluminância do espaço, e com isto fazer uma análise de deficiências ou excesso de luminosidade para as necessidades de cada sala, de acordo com as seguintes normas para iluminação de interiores:

- EN 12464-1 (Lighting of Work places)
- ISO 8995:2002 (Lighting of Indoor Work Places)
- VDI/ VDE 2627 (Norma interna da Volkswagen)

De seguida apresenta-se a planta do departamento do *Measuring*, Figura 51, indicando as zonas do departamento onde incidiu, numa primeira fase, o estudo luminotécnico sobre o sistema de iluminação existente no *Measuring*.

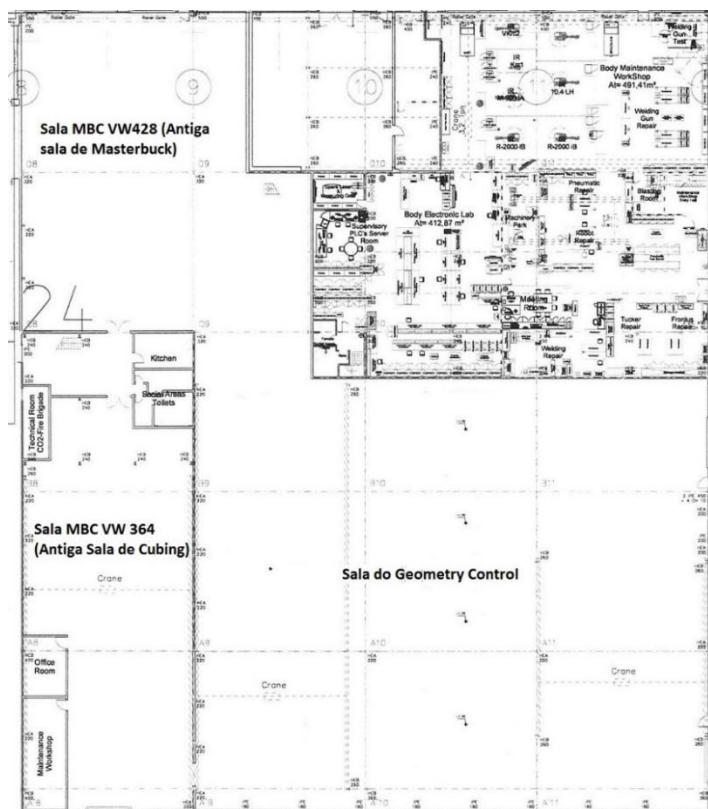


Figura 51 – Planta do departamento (Measuring)

### **3.1 Sala MCB VW428 (Antigo *Masterbuck*)**

#### **3.1.1 Situação atual do sistema de iluminação**

##### **Requisitos legais e normativos**

De acordo com o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais, aprovado pela Portaria n.º 53/71, de 3 de fevereiro, e alterado pela Portaria n.º 702/80, de 22 de setembro, definem que as condições de iluminação a existir nos respetivos locais de trabalho. De teor equivalente neste âmbito, ambos determinam que:

- Os locais de trabalho ou de passagem dos trabalhadores e as instalações comuns devem ser providos de iluminação natural ou complementar artificial, quando a luz do espaço for insuficiente ou de utilização impossível tecnicamente.
- As fontes de iluminação devem ser de intensidade uniforme e estar distribuídas de modo a evitar contraste acentuados, reflexos prejudiciais ou encandeamento direto, além de não poderem provocar aquecimento excessivo, cheiros, fumos ou gases incómodos, tóxicos ou perigosos, nem serem suscetíveis de grandes variações de intensidade.
- A iluminação nos locais de trabalho deve ser adequada aos requisitos de iluminação das tarefas a executar e obedecer aos valores insertos nas normas portuguesas, ou seja, aos insertos na EN 12464-1:2011, *Light and lighting, Lighting of work places, Part 1: Indoor work places*, de acordo com o Termo de Adoção n.º 2011/0926, de 25 de outubro, emitido pelo Instituto Português da Qualidade, IP.

Assim sendo, e de modo a assegurar o conforto e performance visuais e a segurança, atente-se à distribuição da iluminação, à iluminância, ao brilho, à direção da luz, às características de cor das fontes de luz e das superfícies e à manutenção do sistema com os parâmetros necessários às tarefas desempenhadas e respeitem-se, em particular, os valores transcritos no seguinte quadro.

Tabela 19 - Valores de iluminância inscritos na EN 12464-1:2011 de acordo com o local ou atividade

Iluminância, E (lx)			Área de trabalho, tarefa ou atividade desempenhada
Tarefas de elevado contraste/dimensão ou realizadas por curtos períodos	Em condições normais de trabalho	Capacidade visual é reduzida ou a tarefa exige uma elevada acuidade visual	
300	500	750	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Locais de trabalho administrativo.</li> <li>• Carroçaria e montagem</li> </ul>
500	750	1000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarefas de inspeção</li> </ul>
200	300	500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área envolvente</li> </ul>

Os documentos corporativos da Volkswagen, indicam:

Para locais de inspeção e retrabalho devem ser previstos pelo menos 750lx a 1000lx- “Requisito de Qualidade para a iluminação destinada à deteção de defeitos”.

Para salas técnicas (salas de domótica na ordem de 200 lux; sala de controlo e comando na ordem dos 500 lux); escritórios e zonas semelhantes na ordem de 500 lux; zonas de produção (trabalhos de montagem: muito exato de 50 lux e controlo de superfícies de 1000 lux; a iluminação separada para posto de trabalho com luminárias adequadas, em função da iluminação de fundo; em caso de iluminação constante do posto de trabalho, redução da iluminação de fundo) e na ordem de 200 lux para iluminação de fundo para postos de trabalho com ocupação permanente “Requisito de Qualidade de Luminárias”.

### Metodologia Experimental

Para aferir da conformidade da iluminação disponibilizada com o prescrito no normativo aplicável, realizou-se um levantamento dos valores de iluminância existentes nos locais de trabalho afetos utilizando, para o efeito, um luxímetro digital, modelo TES 1335 da “Roline” com o n.º de série 071100422, devidamente calibrado pelo Instituto de Soldadura e Qualidade, tal como expresso no certificado de calibração n.º COPT499/14, emitido em agosto de 2014.

As medições foram realizadas nas Carroçarias, *Measuring (Cubing, Masterbuck, Analysis Team e Geometric Control)*, no período diurno compreendido entre as 07:50 h e o 12h do dia 29 de janeiro de 2016, na presença de fontes de luz artificial e natural (*Cubing*) e nos planos de realização de tarefas dos trabalhadores ou, quando assim exigido, nos indicados no normativo aplicável.

De seguida apresenta-se na Figura 52 os resultados das medições reais de iluminância na sala VW 428(Antigo *Masterbuck*).

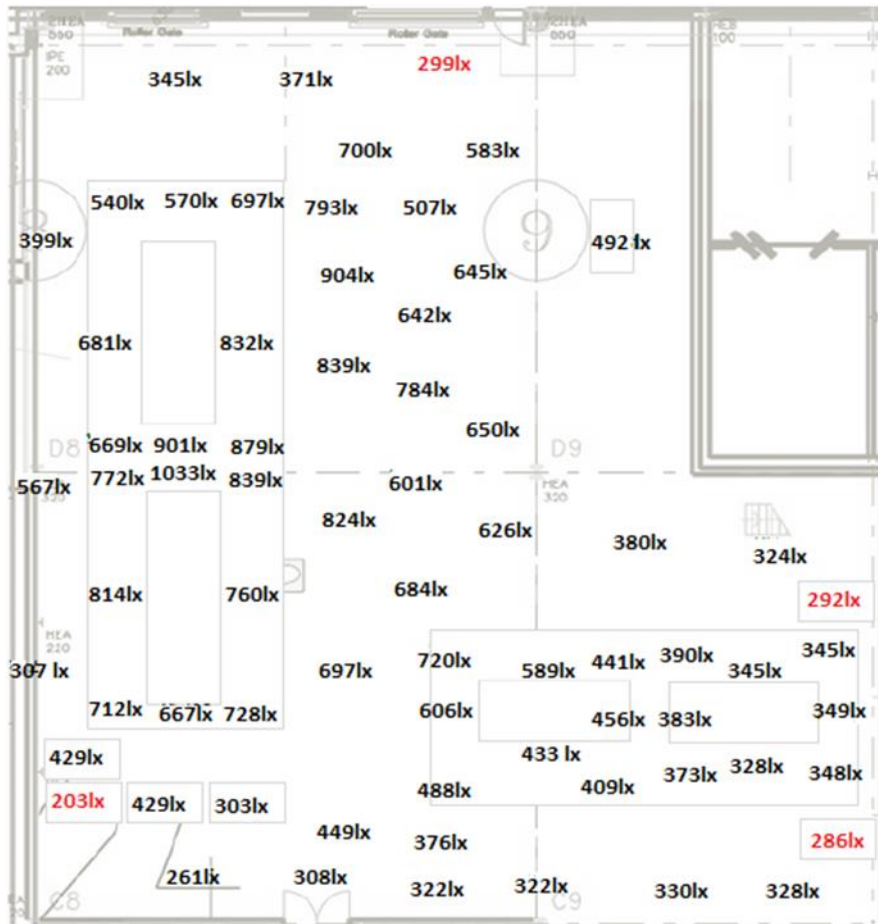
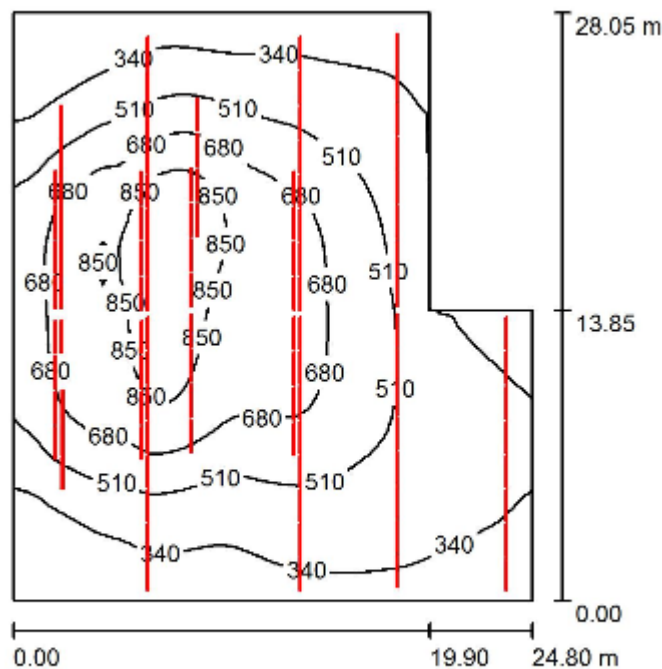


Figura 52 – Resultados obtidos com medição real na sala MBC VW 428

**Legenda:**

Os valores de iluminância (E) obtidos nos planos afetos são ilustrados na figura atrás, as medições indicadas a vermelho significam que E(lx) não cumprem com os requisitos normativos aplicáveis.

Na figura 53 apresentam-se os resultados simulados em DIALux para a situação atual da sala VW 428.



Altura da sala: 9.300 m, Factor de manutenção: 0.60

Figura 53 – Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW 428

Tabela 20 - Tabela de iluminância da sala VW 428 atual (Resultados simulados em DIALux)

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	527	171	999	0.324
Solo	30	512	193	929	0.377
Tecto	70	159	101	214	0.634
Paredes (7)	50	234	114	502	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 64 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	102	PHILIPS TMX204 2x58W +GMX450 RS +GGX450 ML TL-D/840 HFP (1.000)	6241	10480	110.0
			Total: 636615	Total: 1068960	11220.0

### Características das Luminárias usadas atualmente nesta sala

A luminária utilizada atualmente nesta sala é de tecnologia fluorescente com lâmpada T8, da “Philips”, o modelo “TMX204 2x58W +GMX450 RS +GGX450 ML TL-D/840 HFP”. De seguida apresentam-se as características principais desta luminária:

- Fluxo Luminoso (Luminária): 6241 lm;
- Fluxo Luminoso (Lâmpadas): 10480 lm;
- Potência luminosa equivalente: 110 W;
- Classificação de luminárias conforme CIE: 92;
- Código de Fluxo (CIE): 54 84 96 92 60;
- Lâmpada (s): 2 x TL-D58W/840 (Fator de correção 1.000).

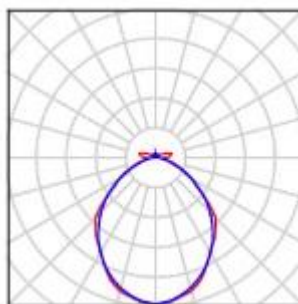


Figura 54 – Espectro da Luminária utilizada na sala MBC VW 364

Ao analisar a figura 52 e 53, pode-se concluir que os resultados dos valores de iluminância (E), nas duas situações são idênticos, quer isto dizer que os resultados obtidos no *software* de simulação são fidedignos.

Da avaliação realizada nesta sala conclui-se que para tarefas de montagem de peças, segundo a norma, os valores encontram-se na ordem dos 500 lx, e nas áreas de inspeção encontram-se acima dos 750 lx.

Na figura seguinte encontra-se uma representação de cores falsas, da incidência da luminância no espaço da sala.

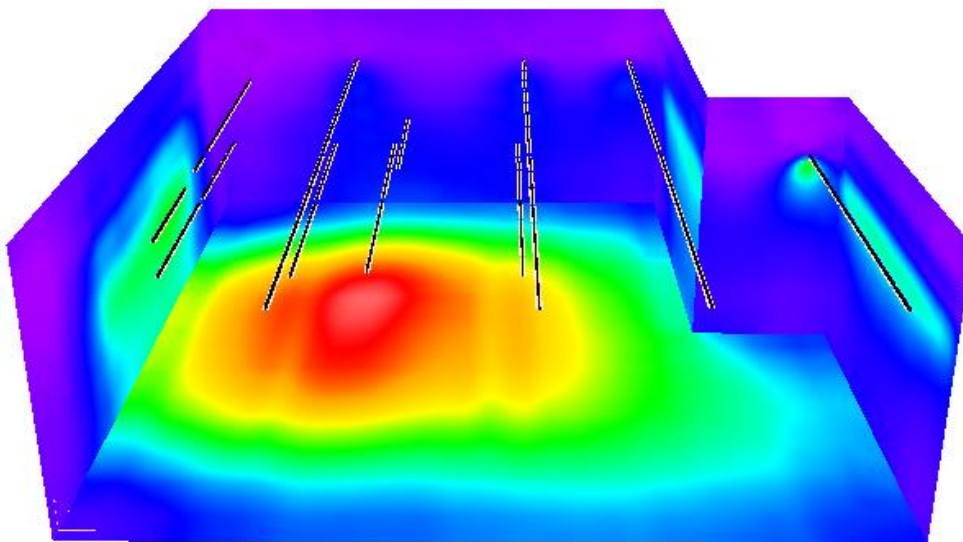
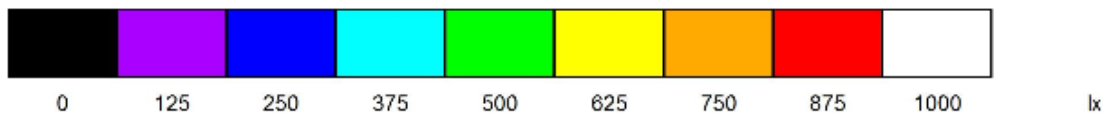


Figura 55 – Representação de cores Falsas na sala VW 428 (situação atual)

Legenda:



### **3.1.2 Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED**

Após uma análise aos padrões da iluminância nesta sala, conclui-se que para as zonas de trabalho indicadas, estas cumprem os padrões da norma. Por isso propõe-se a substituição direta dos equipamentos existentes no local de tecnologia fluorescente, por equipamentos de tecnologia LED. Visto que cada luminária tem duas lâmpadas fluorescentes, cada uma no valor de 58W, isto perfaz um total de 112W por cada luminária.

O aparelho proposto é da marca Trilux – Olevion Led 6200, incorpora a mais recente tecnologia LED, que permite obter um rendimento efetivo de 110lm/W.

A armadura LED apresenta-se equipada com LED's de índice de restituição cromática superior a 80%, e com uma temperatura de cor de 4.000°K.

O tempo de vida útil do LED garantido pelo fabricante é 50.000 horas com uma depreciação L80B50. Mecanicamente o aparelho apresenta um IP66 e garante assim um elevado índice de proteção face à penetração de agentes sólidos no aparelho.

Optou-se por este aparelho da Trilux, tendo em conta ser um dos fabricantes autorizados pela Volkswagen.

De seguida apresentam-se os resultados obtidos em ambiente de simulação, com as novas luminárias LED.

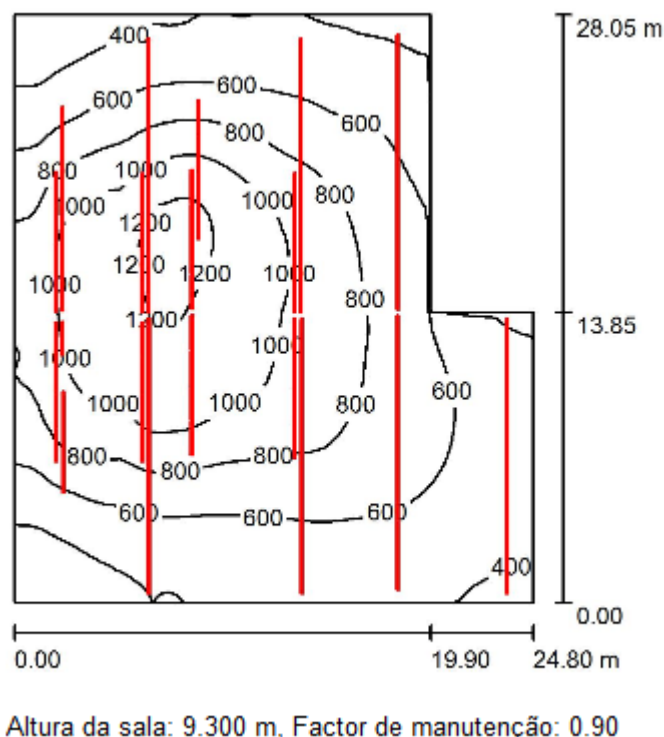


Figura 56 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW 428 com luminárias LED

Tabela 21 - Tabela de iluminância da sala VW 428 atual (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED)

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	722	275	1271	0.381
Solo	30	696	301	1183	0.432
Tecto	70	228	138	287	0.603
Paredes (7)	50	398	173	928	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 64 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	102	TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS (1.000)	6198	6200	56.0
			Total: 632216	Total: 632400	5712.0

**Características da Luminária LED proposta para este projeto**

A luminária que se apresenta a seguir, é a proposta em todas as salas deste projeto, sala do “Geometry Control”, sala “MBC VW428”, sala “MBC VW324”.

A luminária utilizada atualmente nesta sala é de tecnologia fluorescente com lâmpada T8, da “Trilux”, o modelo “TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS”.

De seguida apresentam-se as características principais desta luminária:

- Fluxo luminoso (Luminária): 6198 lm;
- Fluxo luminoso (Lâmpadas): 6200 lm;
- Potência luminosa: 56.0 W;
- Classificação de luminárias conforme CIE: 92;
- Código de Fluxo (CIE): 42 72 90 92 100;
- Lâmpada (s): 1 x LED (Factor de correcção 1.000).



Figura 57 – Luminária Led TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS

Pode-se observar que com estas novas luminárias, consegue-se manter os mesmos padrões de luminosidade, que existem atualmente na sala, com as luminárias de tecnologia fluorescente.

Com estas novas luminárias, consegue-se reduzir o consumo de energia nesta sala para quase metade, visto que as novas luminárias têm metade da potência, em relação às atuais luminárias existentes no local.

Na figura seguinte encontra-se uma representação de cores falsas, da incidência da luminância no espaço da sala, com as novas luminárias LED.

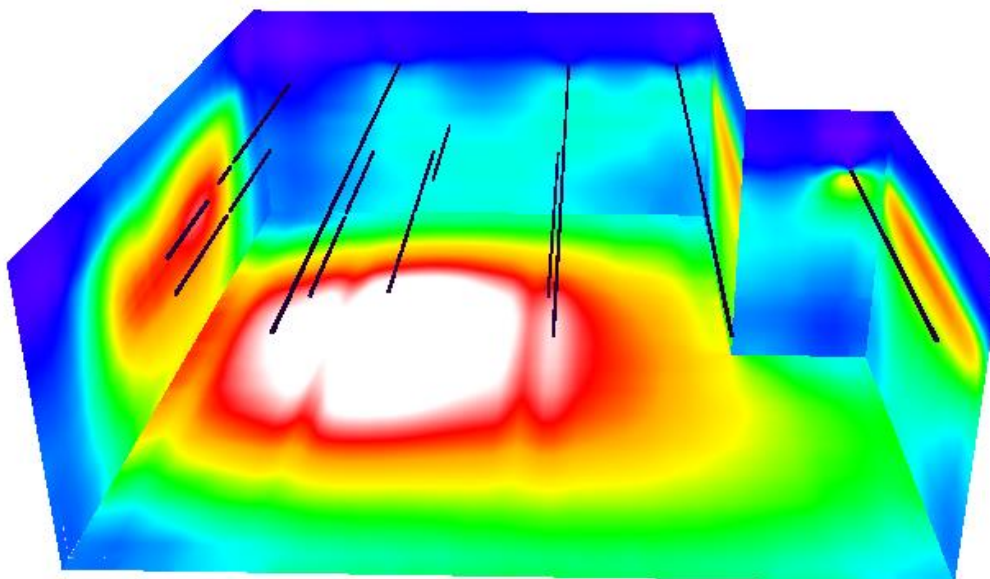
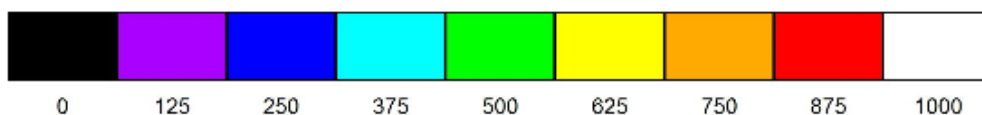


Figura 58 - Representação de cores Falsas na sala VW 428 com luminárias LED

Legenda:



lx

### 3.2 Sala do *Geometry Control*

#### 3.2.1 Situação atual do sistema de iluminação

De seguida apresentam-se os resultados das medições reais de iluminância na sala do *Geometry Control*.

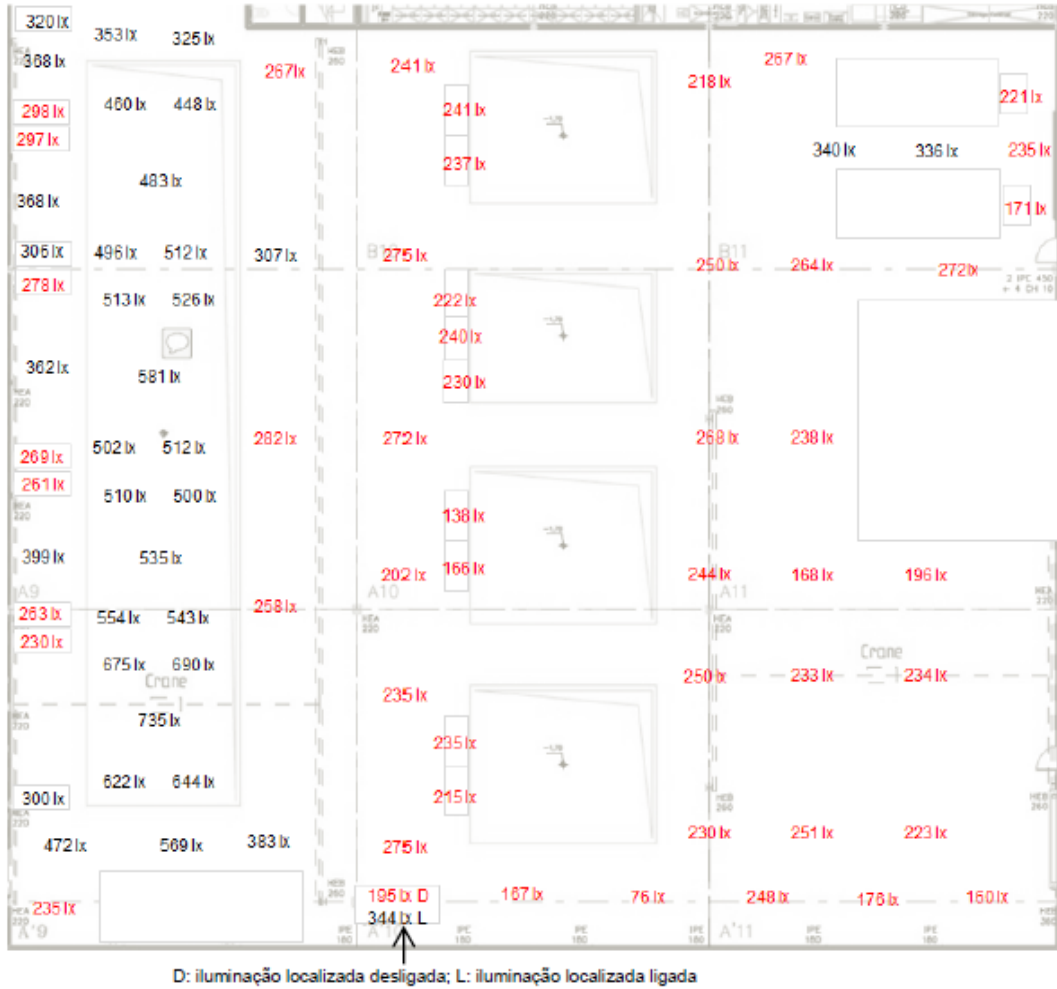


Figura 59 - Resultados obtidos com medição real na sala do *Geometry Control*

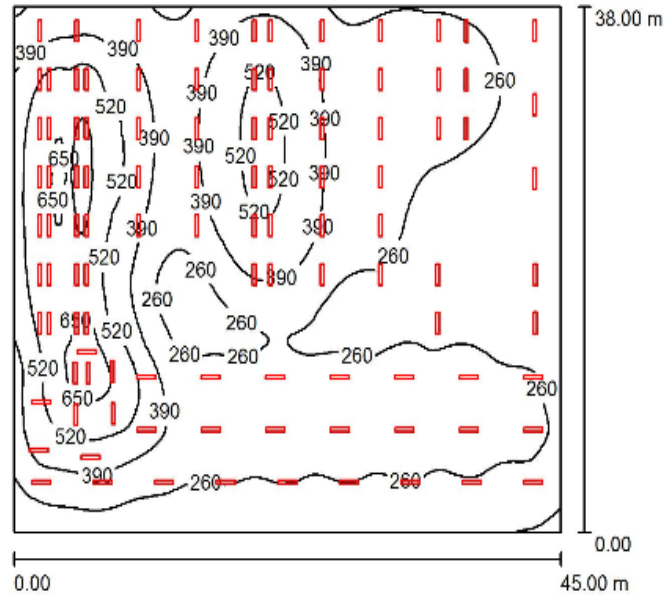


Figura 60 - Resultados simulados em DIALux na sala *Geometry Control* atual

Tabela 22 - Tabela de iluminância da sala *Geometry Control* atual (Resultados simulados em DIALux)

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	341	106	720	0.310
Solo	30	333	115	636	0.346
Tecto	70	101	45	185	0.451
Paredes (4)	50	142	50	472	/

**Plano de uso:**

Altura:	0.800 m
Grelha:	128 x 128 Pontos
Zona marginal:	0.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	105	ETAP 60ø/90ø E310/258 P2 (1.000)	9188	10000	110.0
			Total: 964693	Total: 1050000	11550.0

**Características da Luminária usada atualmente nesta sala**

A luminária utilizada atualmente nesta sala é de tecnologia fluorescente com lâmpada T8, da “Etap”, o modelo “E31/258 P2”. De seguida apresentam-se as características principais desta luminária:

- Fluxo luminoso (Luminária): 9188 lm;
- Fluxo luminoso (Lâmpadas): 10000 lm;
- Potência luminosa: 110.0 W;
- Classificação de luminárias conforme CIE: 95;
- Código de Fluxo (CIE): 52 89 99 95 92;
- Lâmpada (s): 2 x D26mm Fluo 58W (HFW) (Fator de correção 1.000).



Figura 61 – Luminária atual da sala *Geometry Control* (Etap modelo E31/258 P2)

Ao analisar as figuras 59 e 60, pode-se concluir que os resultados dos valores de iluminância (E), nas duas situações são idênticos, quer isto dizer que os resultados obtidos no *software* de simulação são fidedignos, como já visto anteriormente na sala MBC VW428.

Da avaliação realizada nesta sala conclui-se que para tarefas de montagem de peças, segunda a norma os valores encontram-se na ordem dos 500 lx, e nas áreas de inspeção encontram-se na acima dos 750 lx.

Na figura seguinte encontra-se uma representação de cores falsas, da incidência da iluminância no espaço da sala.

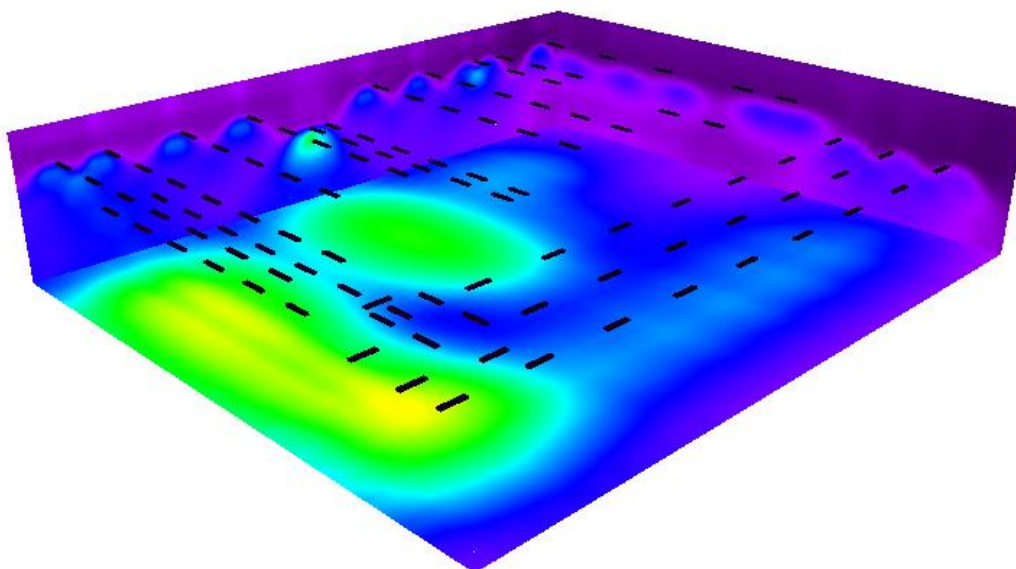


Figura 62 - Representação de cores Falsas na sala *Geometry Control* (situação atual)

Legenda:



### 3.2.2 Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED

Após uma análise aos padrões da iluminância nesta sala, conclui-se que para as zonas de trabalho indicadas, estas cumprem os padrões da norma.

Para esta sala propõe-se as mesmas luminárias LED, referidas no ponto anterior.

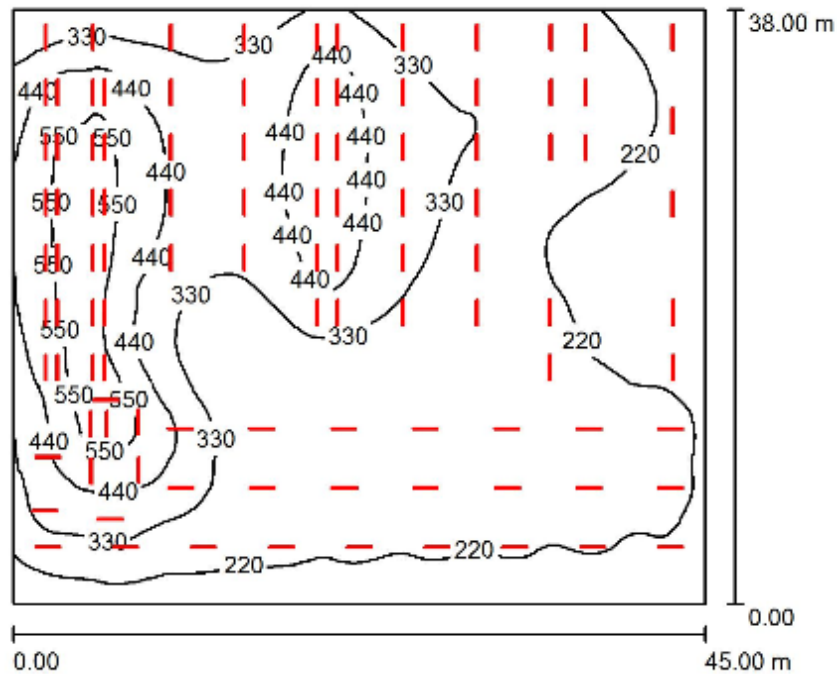


Figura 63 - Resultados simulados em DIALux na sala *Geometry Control* com luminárias LED

Tabela 23 - Tabela de iluminância da sala *Geometry Control* (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED)

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	319	121	622	0.379
Solo	30	311	123	555	0.394
Tecto	70	105	52	161	0.496
Paredes (4)	50	189	67	434	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.800 m  
 Grelha: 128 x 128 Pontos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	105	TLX Olevon 1500 LED6200-840 ET PC TWS (1.000)	6198	6200	56.0
			Total: 650811	Total: 651000	5880.0

Pode-se observar na figura 63, que com estas novas luminárias, consegue-se manter os mesmos padrões de luminosidade, que existem atualmente na sala, com as luminárias de tecnologia fluorescente.

Com estas novas luminárias, consegue-se reduzir o consumo de energia nesta sala, para quase metade, visto que as novas luminárias têm metade da potência, em relação às atuais luminárias existentes no local.

Na figura seguinte encontra-se uma representação de cores falsas, da incidência da luminância no espaço da sala, com as novas luminárias LED.

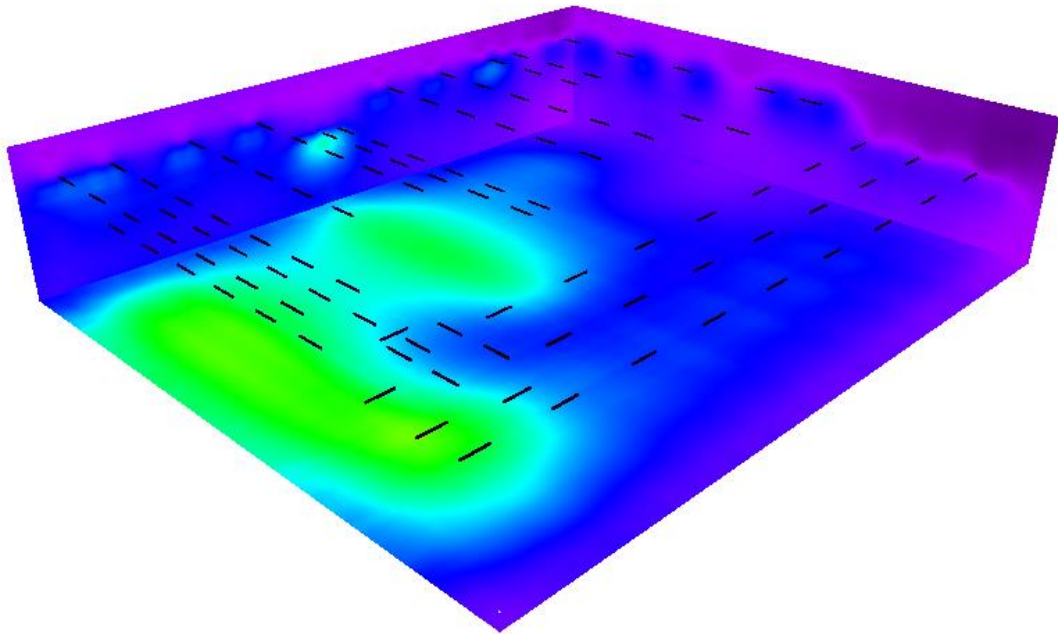
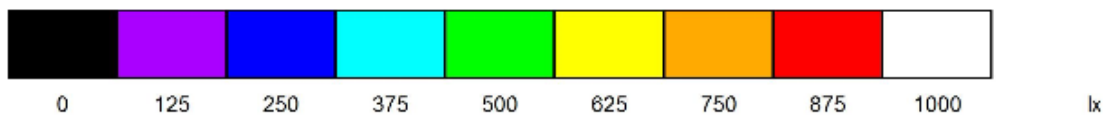


Figura 64 - Representação de cores Falsas na sala *Geometry Control* com luminárias LED

Legenda:



### 3.3 Sala MBC VW364 (Antigo *Cubing*)

#### 3.3.1 Situação atual do sistema de iluminação

De seguida apresentam-se os resultados das medições reais de iluminância na sala MBC VW364.

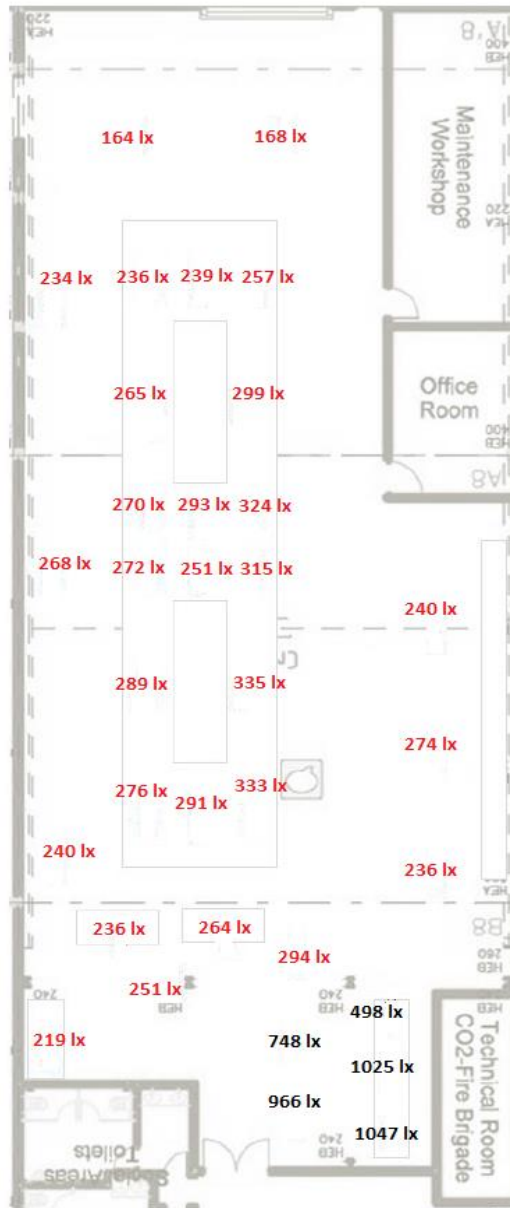
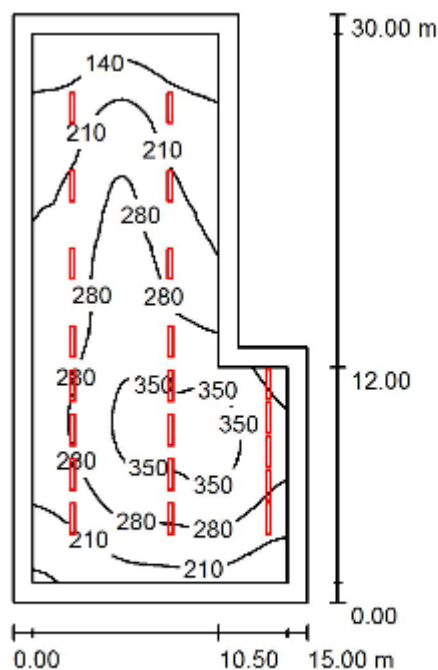


Figura 65 - Resultados obtidos com medição real na sala MBC VW364



Altura da sala: 9.300 m, Factor de manutenção: 0.60

Figura 66 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 atual

Tabela 24 - Tabela de iluminância da sala MBC VW364 atual (Resultados simulados em DIALux)

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	252	77	380	0.305
Solo	30	222	64	348	0.290
Tecto	70	66	26	117	0.400
Paredes (6)	50	99	28	378	/

**Plano de uso:**

Altura:	0.800 m
Grelha:	128 x 64 Pontos
Zona marginal:	1.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	21	ETAP 60ø/90ø E320/258 P1+2 (1.000)	8876	10000	110.0
			Total: 186389	Total: 210000	2310.0

### Características da Luminária usada atualmente nesta sala

A luminária utilizada atualmente nesta sala é de tecnologia fluorescente com lâmpada T8, da “Etap”, o modelo “ETAP 60ø/90ø E320/258 P1+2”. De seguida apresentam-se as características principais desta luminária:

- Fluxo luminoso (Luminária): 8876 lm;
- Fluxo luminoso (Lâmpadas): 10000 lm;
- Potência luminosa: 110.0 W;
- Classificação de luminárias conforme CIE: 93;

- Código de Fluxo (CIE): 51 88 98 93 89;
- Lâmpada (s): 2 x D26mm Fluo 58W (HFW) (Fator de correção 1.000).

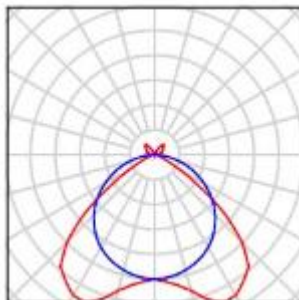


Figura 67 – Espectro da luminária utilizada atualmente na sala MBC VW364

Ao analisar as figuras 65 e 66, pode-se ver que os resultados dos valores de iluminância (E), nas duas situações são idênticos, quer isto dizer que os resultados obtidos no *software* de simulação são fidedignos, para a sala MBC VW364.

Da avaliação realizada nesta sala, conclui-se que os riscos decorrentes da iluminação nesta sala não estão suficientemente controlados, na sua generalidade, face às exigências visuais das tarefas aí desempenhadas.

Porém, denota-se uma insuficiência luminosa disponibilizada particularmente na zona de montagem de peças, e tarefas de inspeção, pelo que se deve proceder à instalação de luminárias adicionais nestas zonas, de modo a cumprir os requisitos normativos.

Como se pode visualizar na figura 65 temos na zona de trabalho uma iluminância média a rondar os 252 lux, muito abaixo dos 750 lux como podemos verificar na tabela 19, para zonas de trabalho que requer inspeção.

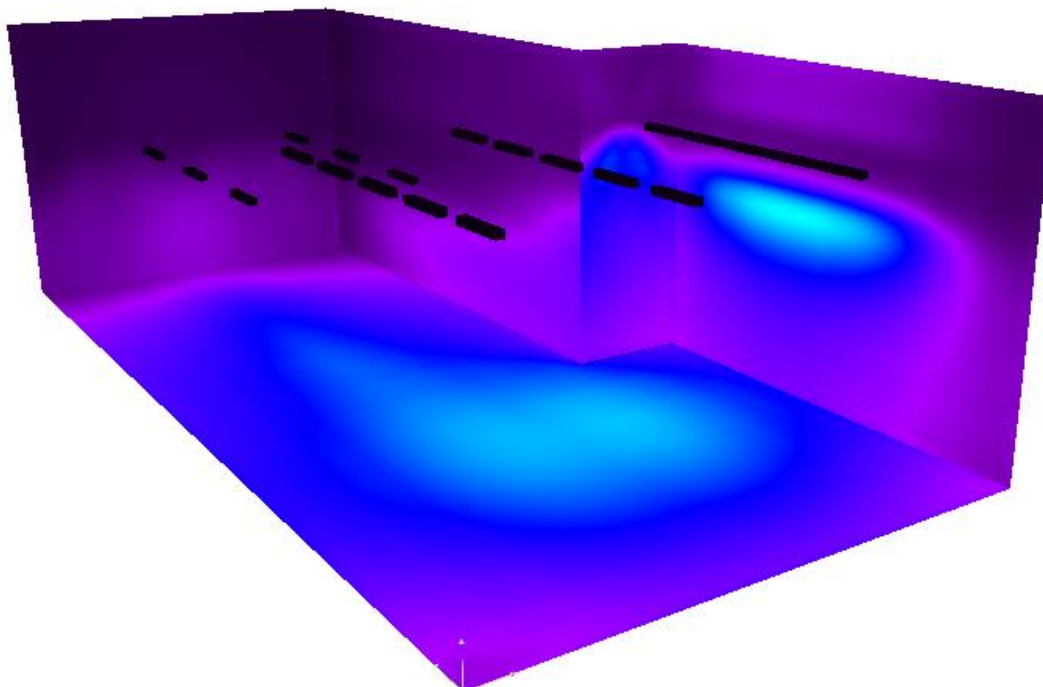


Figura 68 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW364 (situação atual)

**Legenda:**



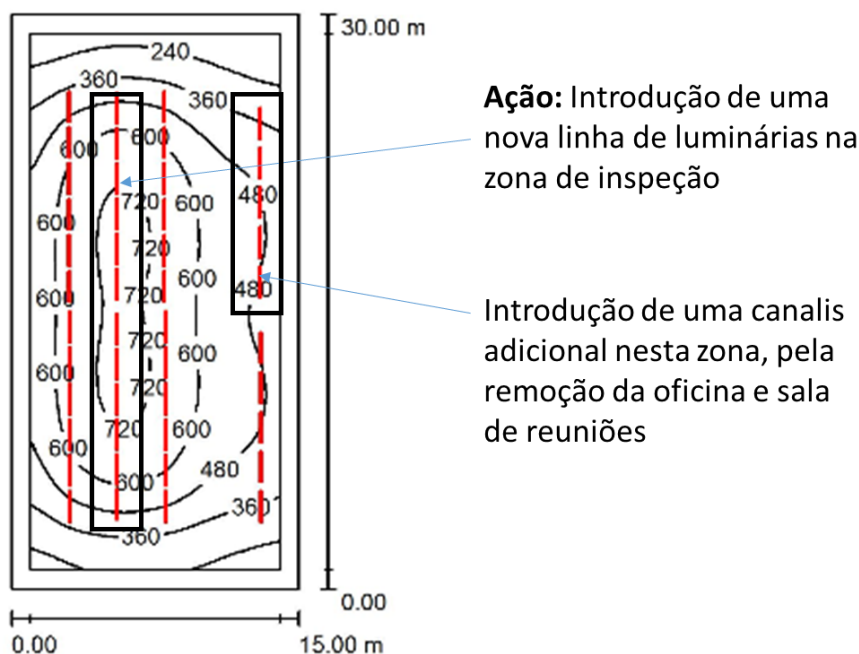
**3.3.2 Proposta de alteração do sistema de iluminação para iluminação LED**

**Opção A**

Nesta opção propõe-se a introdução de uma nova linha de luminárias (canalis), na zona de inspeção. E ainda mais uma linha adicional de 5 luminárias na zona onde se vai proceder à remoção de uma oficina e sala de reuniões.

As luminárias LED utilizadas na proposta para esta sala, são as mesmas utilizadas na proposta das salas anteriores.

De seguida apresentam-se os resultados simulados em DIALux para a “Opção A”, para a sala MBC VW 364.



Altura da sala: 9.300 m, Altura de montagem: 5.500 m, Factor de manutenção: 0.90

Figura 69 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 com luminárias LED (Opção A)

Tabela 25 - Tabela de iluminância da sala MBC VW 364 (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED) “Opção A”

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	513	155	749	0.303
Solo	30	448	130	686	0.291
Tecto	70	130	66	165	0.510
Paredes (6)	50	221	76	492	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 1.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	46	TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS (1.000)	6198	6200	56.0
			Total: 285117	Total: 285200	2576.0

Como se pode observar na figura 69, com esta proposta conseguimos melhorar substancialmente os níveis de iluminância nesta sala, para uma iluminância média na sala de 513 lux. Mas, contudo, se repararem na zona de inspeção, ainda não se consegue obter uma iluminância média de 750 lx. Conlui-se por isso que esta proposta ainda não cumpre os requisitos da norma. Desta forma apresentamos de seguida a opção B.

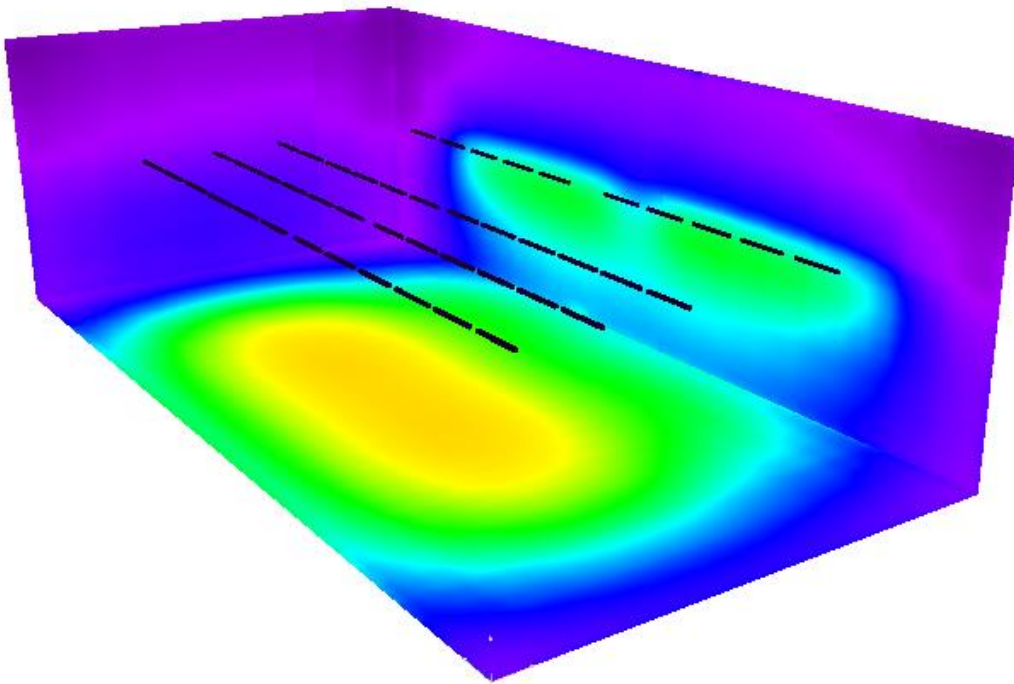
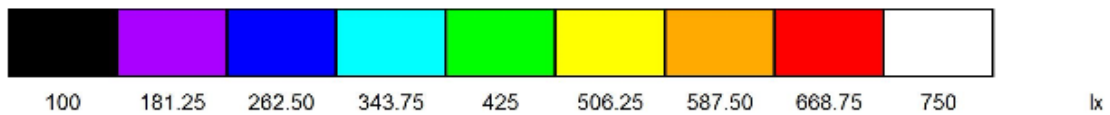


Figura 70 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW 364 com luminárias LED (Opção A)

**Legenda:**

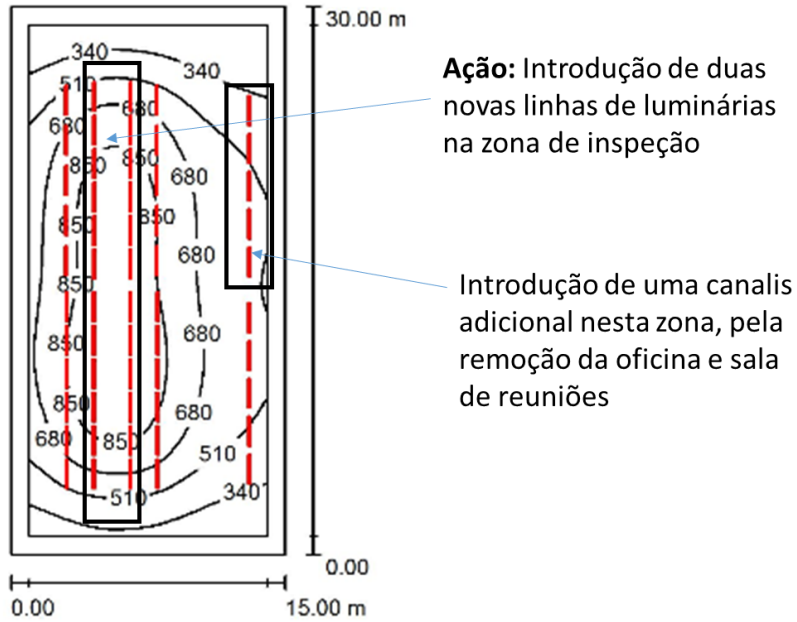


**Opção B**

Nesta opção propõe-se a introdução de duas novas linhas de luminárias (canalis), na zona de inspeção, com três pontos de luz independentes. E ainda mais uma linha adicional de 5 luminárias na zona onde se vai proceder a remoção de uma oficina e sala de reuniões.

As luminárias LED utilizadas na proposta para esta sala, são as mesmas utilizadas nas salas anteriores.

De seguida apresenta-se os resultados simulados em DIALux para a “Opção B”, para a sala MBC VW 364.



Altura da sala: 9.300 m, Altura de montagem: 5.500 m, Factor de manutenção: 0.90

Figura 71 - Resultados simulados em DIALux na sala MBC VW364 com luminárias Led (Opção B)

Tabela 26 - Tabela de iluminância da sala MBC VW 364 (Resultados simulados em DIALux com luminárias LED) “Opção B”

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	629	180	985	0.286
Solo	30	548	152	889	0.278
Tecto	70	156	78	198	0.504
Paredes (6)	50	263	90	600	/

**Plano de uso:**

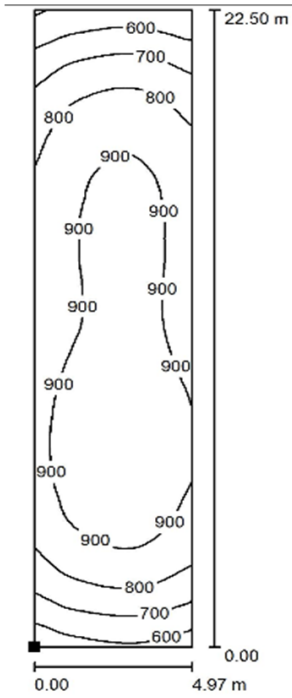
Altura: 0.800 m  
 Grelha: 64 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 1.000 m

**Lista de luminárias**

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	56	TLX Oleveon 1500 LED6200-840 ET PC TWS (1.000)	6198	6200	56.0
			Total: 347099	Total: 347200	3136.0

De seguida apresenta-se apenas a área da zona de inspeção da sala MBC VW 364.

**Zona de inspeção**



**Valores de Iluminância na zona de trabalho**

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]
843	498	983

Figura 72 - Valores de iluminância para zona de inspeção da sala MBC VW 364 (Opção B)

Como se pode observar na figura 72, conseguimos obter uma iluminância média de 843 lux, para a zona de inspeção desta sala, quer isto dizer que com a opção B conseguimos cumprir os requisitos da norma europeia EN 12464-1:2011, e ainda a norma interna da Volkswagen VDI/ VDE 2627.

De seguida é possível ver a representação de cores falsas, para esta opção B simulado em DIALux.

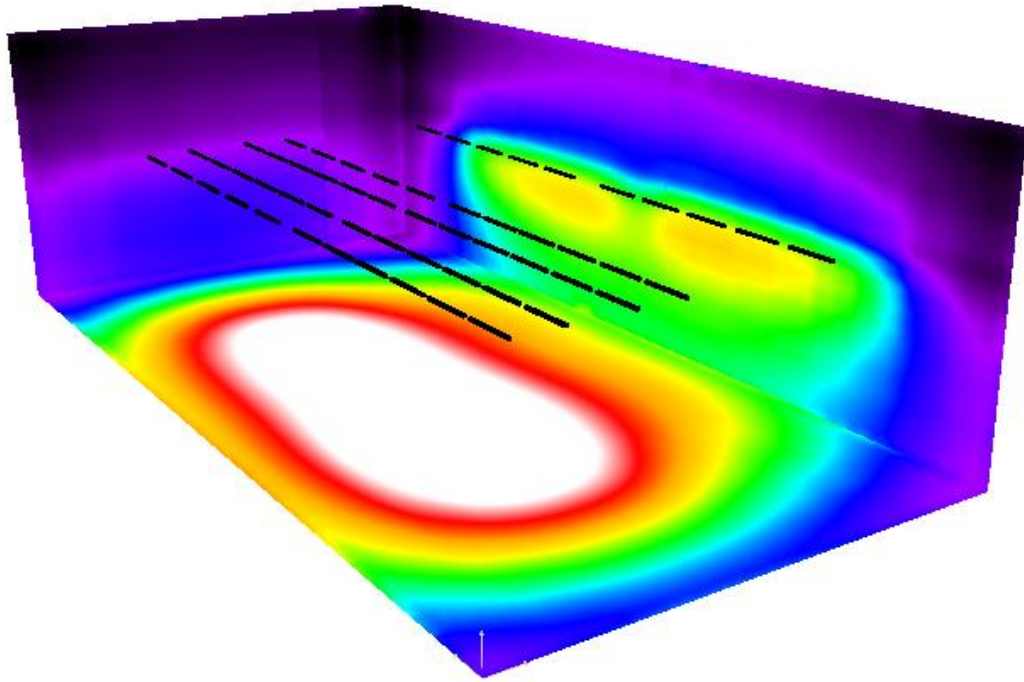


Figura 73 - Representação de cores Falsas na sala MBC VW 364 com luminárias LED (Opção B)

**Legenda:**

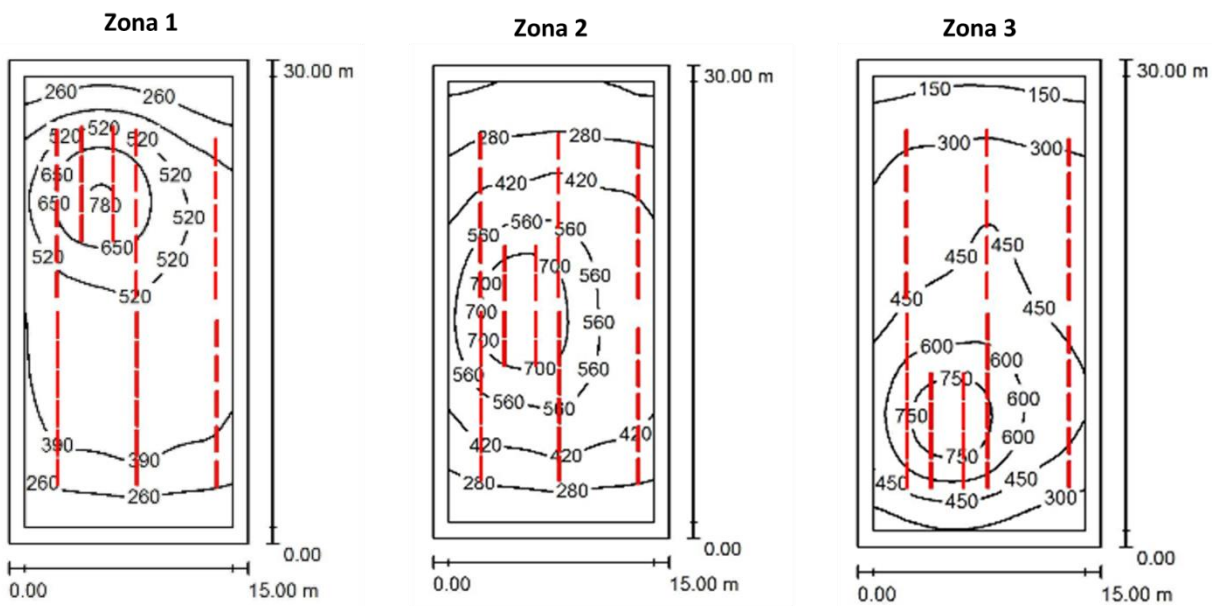
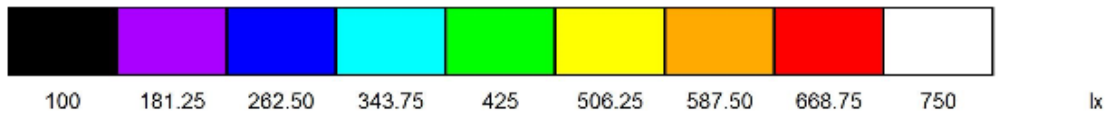


Figura 74 - Divisão em três zonas de trabalhos distintas com novas luminárias LED

A zona de trabalho de inspeção e medição permite ter três carros distintos na plataforma simultaneamente. Neste caso, com a introdução destas duas novas “canalis” no centro desta zona, a mesma acaba por ficar dividida em três áreas, ou seja, três pontos independentes de luz para cada carro. Assim sendo, no caso de o auditor efetuar tarefas de inspeção em apenas um carro, é possível desligar-se as outras zonas, e manter os níveis de iluminância na ordem dos 750 lux, como podemos verificar nas figuras 74 e 75. Deste modo obtém-se uma poupança energética, como vamos demonstrar no estudo de ergonomia.

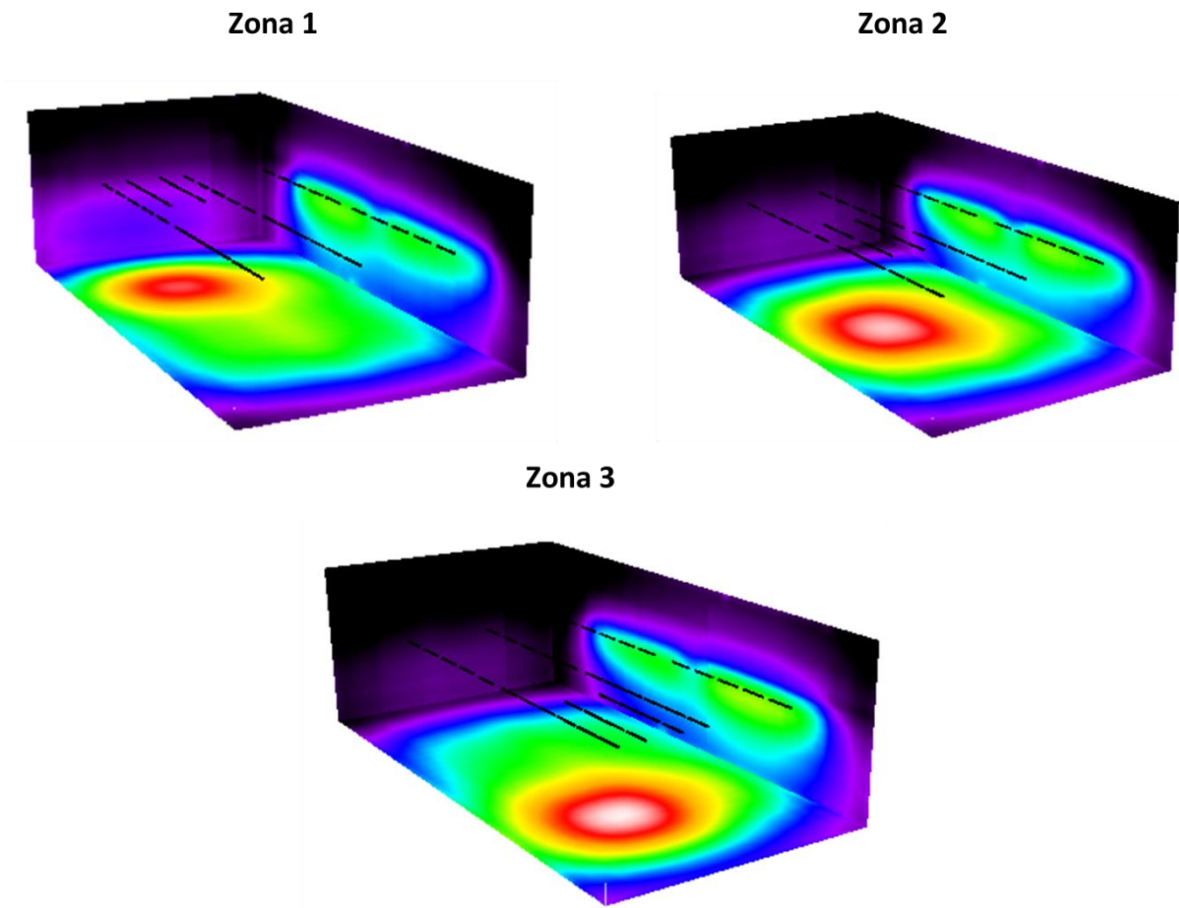


Figura 75 - Representação de cores falsas nas três zonas de trabalhos distintas com novas luminárias LED

**Legenda:**



### 3.4 Estudo de ergonomia

Tabela 27 - Consumos energéticos na sala MBC VW 428 e *Geometry Control*

Consumo Atual								
Zona	Equipamento	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas	Cosumo por lâmpada	Vida útil(horas)	Horas de funcionamento Anual	Consumo Anual (KWh)	Cosumo Anual (€)
Sala VW 428 (Masterbuck)	PHILIPS	102	204	57	17 000	3616	42046,85	3 271,24 €
Geometry Control	ETAP E320/258HFW P2	105	210	55	17 000	3616	41764,80	3 249,30 €
Consumo com luminárias propostas								
Zona	Equipamento	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas	Cosumo por lâmpada	Vida útil(horas)	Horas de funcionamento Anual	Consumo Anual (KWh)	Cosumo Anual (€)
Sala VW 428 (Masterbuck)	TLX Olevelon 1500 LED6200-841	102	102	55	50 000	3616	20285,76	1 578,23 €
Geometry Control	TLX Olevelon 1500 LED6200-842	105	105	55	50 000	3616	20882,40	1 624,65 €

Tabela 28 - *Saving* com a introdução de novas luminárias LED

Saving (Ano)	
Zona	Total
Sala VW 428 (Masterbuck)	1 693,01 €
Geometry Control	1 624,65 €

Na tabela 27 observa-se que os consumos energéticos na sala MBC VW 428 e *Geometry Control*, onde temos os consumos atuais em ambas as salas, e também com a introdução de novas luminárias LED.

Com isto conclui-se que com a introdução de luminárias LED reduzimos para quase cerca de 50% os consumos energéticos anualmente.

Depois de efetuado o estudo luminotécnico, entrou-se em contacto com uma das empresas fornecedoras da Volkswagen, no âmbito destes projetos. O investimento para estas duas salas com a introdução de novas luminárias, segundo o orçamento obtido, é de 25.393,40€.

O total do *saving* obtido nestas duas salas com a introdução das novas luminárias é de 3.367,66€. O retorno deste investimento, ou seja, o *payback* será de cerca de oito anos, o que é atualmente considerado um longo prazo para este tipo de projeto.

Tabela 29 - Consumos totais e parciais na sala MBC VW364

Consumo Atual (VW364)								
Zona	Equipamento	Quantidade de Luminárias	Quantidade de lampadas	Cosumo pór lâmpada	Vida útil(horas)	Horas de funcionamento Anual	Consumo Anual (KWh)	Consumo Anual (€)
Cubing Situação Atual	ETAP E310/258HFW P2	21	42	55	17 000	3616	8352,96	649,86 €
Consumo com luminárias propostas Cubing								
Zona	Equipamento	Quantidade de Luminárias	Quantidade de lampadas	Cosumo pór lâmpada	Vida útil(horas)	Horas de funcionamento Anual	Consumo Anual (KWh)	Consumo Anual (€)
Solução B (com duas canalís desligadas)	TLX Oleveon 1500 LED6200-840	32	32	55	50 000	3616	6364,16	495,13 €
Consumo com luminárias propostas a Tempo Parcial								
Zona	Equipamento	Quantidade de Luminárias	Quantidade de lampadas	Cosumo pór lâmpada	Vida útil(horas)	Horas de funcionamento Anual	Consumo Anual (KWh)	Consumo Anual (€)
Solução B (com todas as luminárias ligadas apenas quatro horas por semana)	TLX Oleveon 1500 LED6200-840	24	24	55	50 000	192	253,44	19,72 €
							Saving total Anual (€)	135,01 €

Na tabela 29 apresentam-se valores referentes aos consumos atuais da sala MBC VW364, bem como a introdução de novas luminárias, seguindo a opção B referida no tópico anterior.

Na situação atual desta sala temos um total de 42 lâmpadas fluorescentes, com um consumo energético anual de 649,86€.

Na situação proposta existiu uma introdução de 56 equipamentos de tecnologia LED nesta sala de modo a conseguir os níveis de iluminância segundo a norma em vigor. Contudo, semanalmente apenas se realizam em média 4 horas de inspeção. Nos cálculos têm-se 32 equipamentos (como indicado na tabela 29) ligados permanentemente durante dois turnos de laboração, e as duas *canalis* adicionais sobre a zona de trabalho apenas ligadas 4 horas por semanas para tarefas de inspeção.

Com isto consegue-se mesmo assim obter uma poupança energética de 135,01€ anual com a introdução de novas luminárias LED.

O investimento para esta opção, segundo o orçamento obtido mediante uma das empresas fornecedoras da Volkswagen, é de 12.000€.

A proposta para esta sala, depois de apresentada ao meu tutor no departamento, foi aprovada, por ser uma necessidade, visto ser a sala de lançamento do novo modelo.

Tive de realizar a especificação de projeto, que se encontra em anexo no relatório. Depois da especificação aprovada, a obra foi para concurso. O objetivo era a obra ser realizada no *shutdown* da fábrica em agosto. Uma vez que o estágio terminou em junho, não pude acompanhar a implementação a obra.

### **3.5 Controlo de Temperatura e Humidade no *Measuring***

Nos dias que correm, os níveis de exigência da qualidade são cada vez maiores ao nível das empresas. É com este intuito que o grupo Volkswagen obriga as suas fábricas a cumprirem com várias normas internas, de modo a obterem níveis de qualidade de excelência.

Deste modo, o centro de Medições do *Measuring* tem que se reger pela norma interna AV87-E-210, que vigora a nível de todos os centros de medição das fábricas Volkswagen. Esta norma apresenta um conjunto de requisitos relativos à temperatura, dado que existem várias máquinas de medição bastante sensíveis ao ponto de as suas medições serem influenciadas pela capacidade de formações dos materiais, causadas por alterações de temperatura.

Com este intuito surgiu a necessidade de um projeto, para responder a todas as exigências da norma. Para tal foi criado um projeto com vários sensores de temperatura e humidade, de modo a ser desenvolvido um relatório semanal, com o intuito de apresentar todas as variações da temperatura e humidade semanalmente. O objetivo deste relatório é permitir fazer uma análise semanal na zona do *Masterbuck, Cubing, Geometry Control* e sala CP7(Buy parts).

Na tabela seguinte são apresentadas todas as exigências da norma AV87-E-210.

Tabela 30 - Norma em vigor para temperatura e humidade nas salas de medição

Temperatura recomendada 22°C +/-2°C	
Variação $\Delta T/\Delta t$ in K( kelvin)	
60 Minutos	1,0
4 Horas	1,5
24 Horas	2,0
7 Dias	2,0
A temperatura na sala não pode variar + de 0,5°C em dois pontos diferentes	
Humidade relativa deverá encontrar-se entre os 30% e 60%	

Após uma análise da norma interna, de seguida apresentamos a localização dos vários sensores de temperatura e humidade distribuídos pelas várias zonas do centro de medições.

Na figura seguinte apresentamos a localização dos sensores na sala 1, que representa as zonas do *Geometry Control* (G.C.) e zona do MBC VW 428.

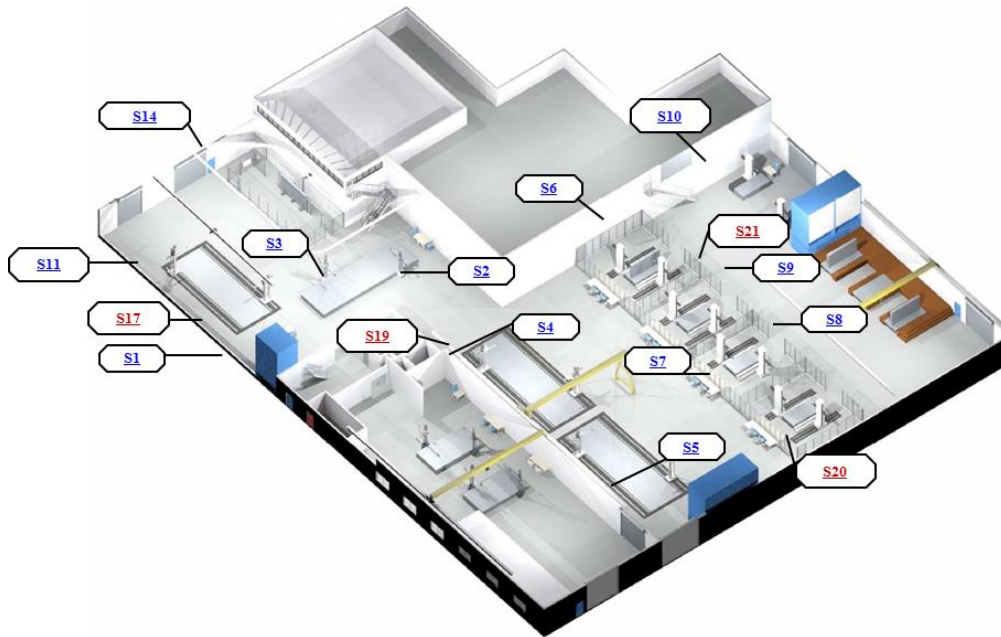


Figura 76 – Localização dos sensores de temperatura e humidade – Zona do *Geometry Control* e MBC VW428

**Legenda da figura:**

SENSORES	LOCALIZAÇÃO
<u>S1 - Temperatura</u>	JUNTO À CMM NOVA DE MB
<u>S2 - Temperatura</u>	COL.2 DA CMM MB
<u>S3 - Temperatura</u>	COL.3 DA CMM MB
<u>S4 - Temperatura</u>	NO PILAR "9C"
<u>S5 - Temperatura</u>	JUNTO Á CMM TRIMEK
<u>S6 - Temperatura</u>	PAREDE JUNTO À CMM ZEISS 2
<u>S7 - Temperatura</u>	NO VIDRO JUNTO À CMM DEA 1
<u>S8 - Temperatura</u>	NO PILAR "11A"
<u>S9 - Temperatura</u>	PILAR EM FRENTE AO MEGAMAT
<u>S10 - Temperatura</u>	PAREDE JUNTO À CMM CLINCHING
<u>S11 - Temperatura</u>	PAREDE MEET ING ROOM
<u>S14 - Temperatura</u>	SAÍDA AR-CONDICIONADO
<u>S17 - Humidade</u>	PILAR "8D"
<u>S19 - Humidade</u>	PILAR "9D"
<u>S20 - Humidade</u>	VIDRO CMM PERTO MEGAMAT
<u>S21 - Humidade</u>	VIDRO EM FRENTE AO CLINCHING

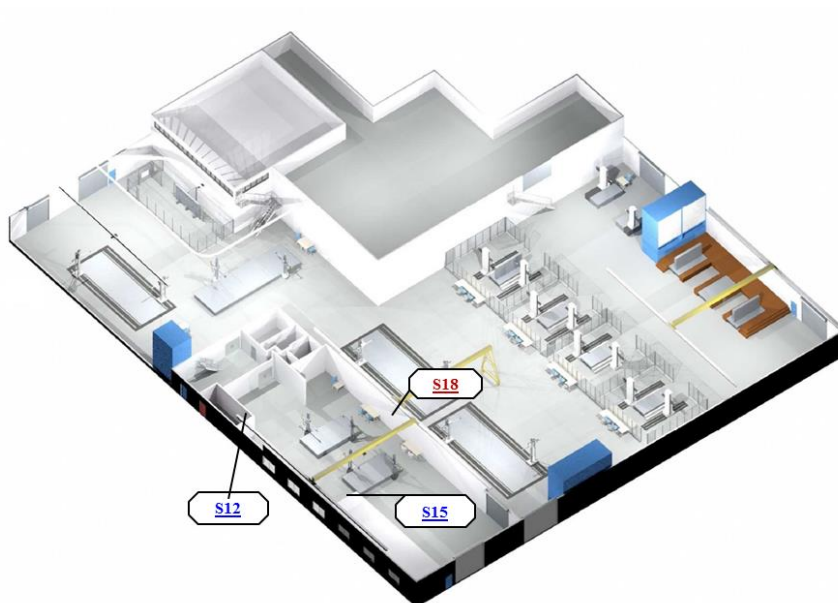


Figura 77 - – Localização dos sensores de temperatura e humidade – Zona MBC VW364

**Legenda da figura:**

SENSORES	LOCALIZAÇÃO
<u>S12 - Temperatura</u>	JUNTO À ÁREA DAS APRESENTAÇÕES
<u>S15 - Temperatura</u>	NA PAREDE JUNTO À OFICINA
<u>S18 - Humidade</u>	NA PAREDE JUNTO À CMM

**3.5.1 Análise da informação**

No seguimento de uma análise às exigências da norma em vigor para esta sala, são apresentadas as seguintes análises gráficas, que têm como objetivo verificar se a temperatura está entre os 18°C – 22°C. Esta análise gráfica realiza-se semanalmente durante as semanas de laboração da fábrica.

De seguida vamos apresentar os resultados efetuados durante a semana 16 de 2016, tal como representado na Figura 78.

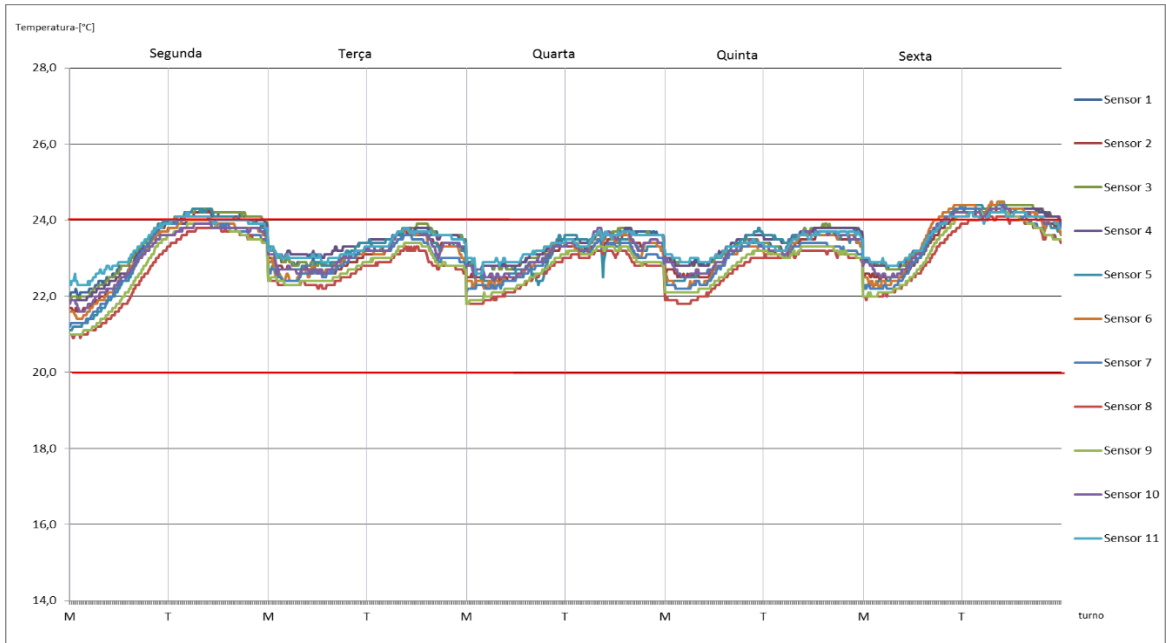


Figura 78 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - 22°C±2°C

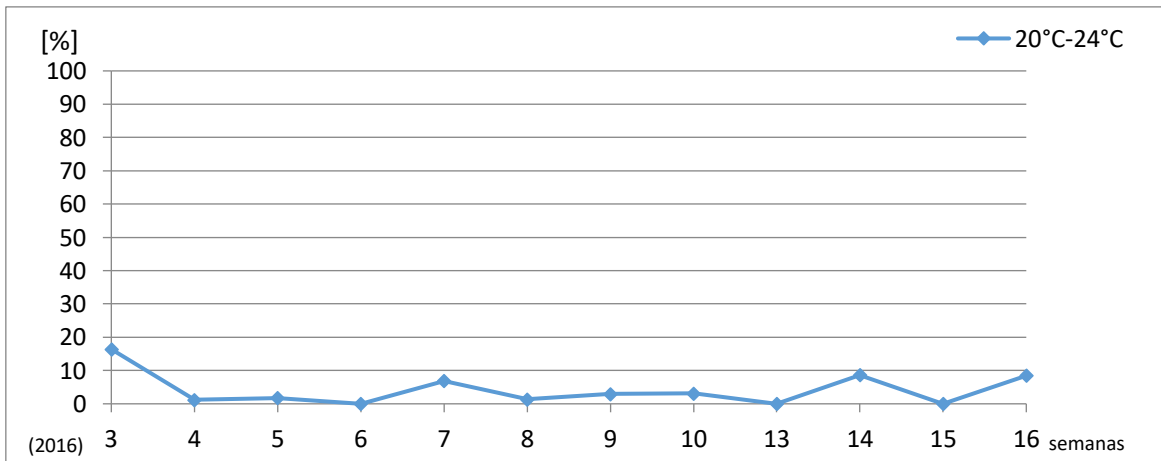


Figura 79 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação - 22°C±2°C

Na figura 79 é possível observar que o processo está fora de controlo, visto que na segunda-feira e sexta-feira, ultrapassa os limites exigidos.

### Análise para os 60 minutos (<1°C)

Na figura seguinte está representado a variação de temperatura em períodos de 60 minutos, a qual não pode ser superior a 1°C.

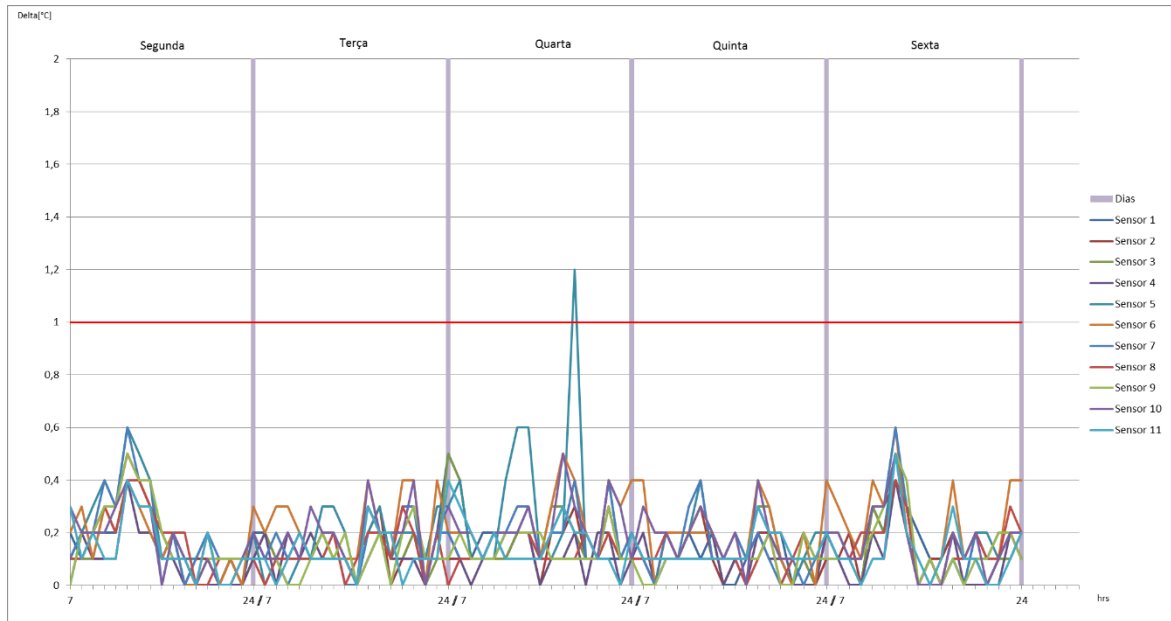


Figura 80 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 60min(<1°C)

Fazendo uma análise é possível observar que o limite exigido pela norma apenas é ultrapassado uma vez, a meio da semana, e apenas por um sensor. A variação registada pelo sensor 5 que ultrapassou o limite a meio da semana, deve-se ao facto deste sensor estar localizado perto de um portão automático com acesso à rua, e que nessa mesma hora, esteve aberto durante alguns minutos, tendo havido interferência da temperatura exterior.

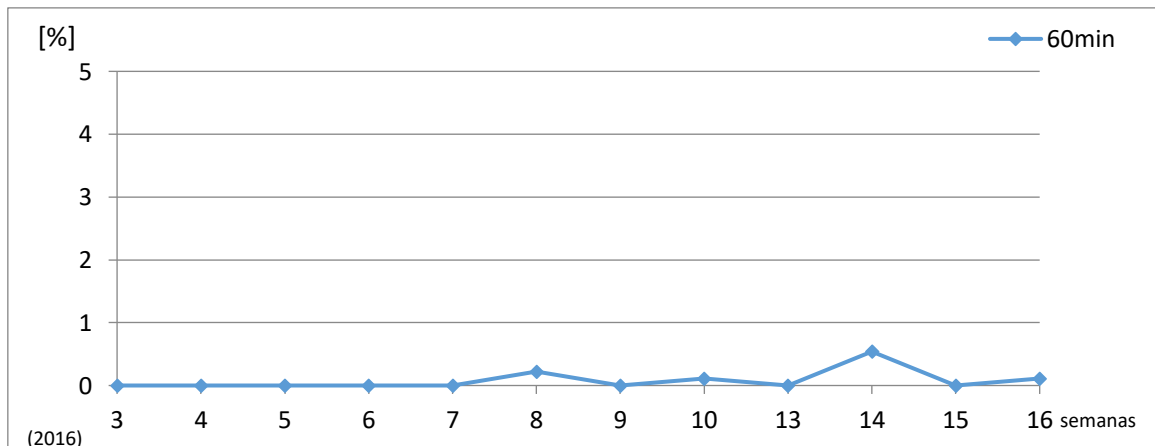


Figura 81 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>1°C)

### Análise para 4 Horas (<1.5°C)

Na figura seguinte a representação da variação da temperatura em períodos de 4 horas, a qual não pode variar mais que 1.5°C.

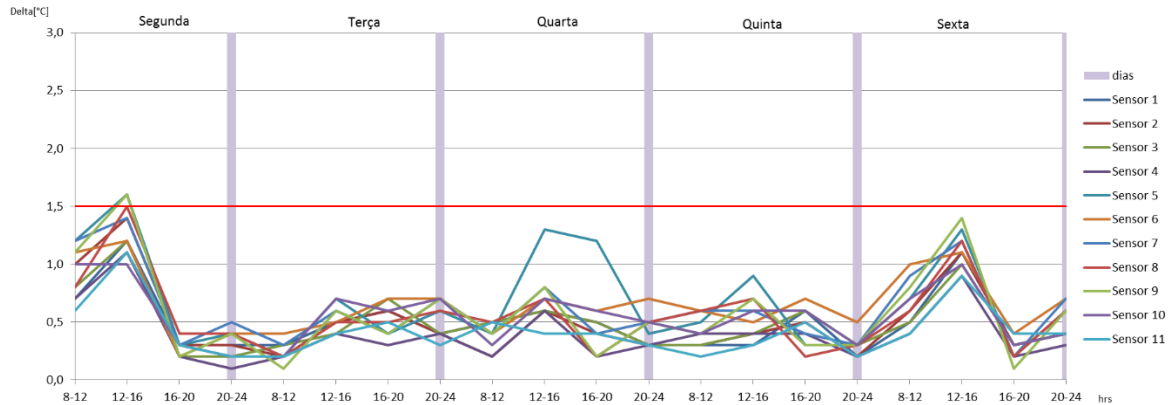


Figura 82 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 4 horas (<1.5°C)

Analisando é possível observar que em alguns momentos existem variações mais bruscas, numa análise dos valores da temperatura para 4 horas. O limite foi apenas ultrapassado na segunda-feira perto da hora de almoço. Isto deve-se ao facto de o ar condicionado durante o fim-de-semana estar desligado, fora do horário de laboração desta sala. Só em casos específicos de trabalhos ao sábado se mantém ligado.

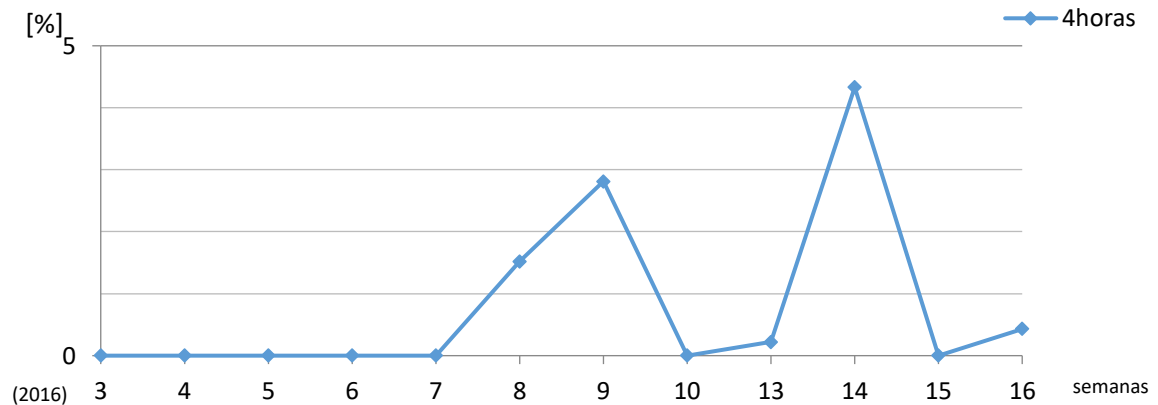


Figura 83 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>1.5°C)

### Análise para 24 Horas (<2°C)

Na figura seguinte temos a representação da variação da temperatura em períodos de 24 horas, a qual não pode variar mais que 2°C.

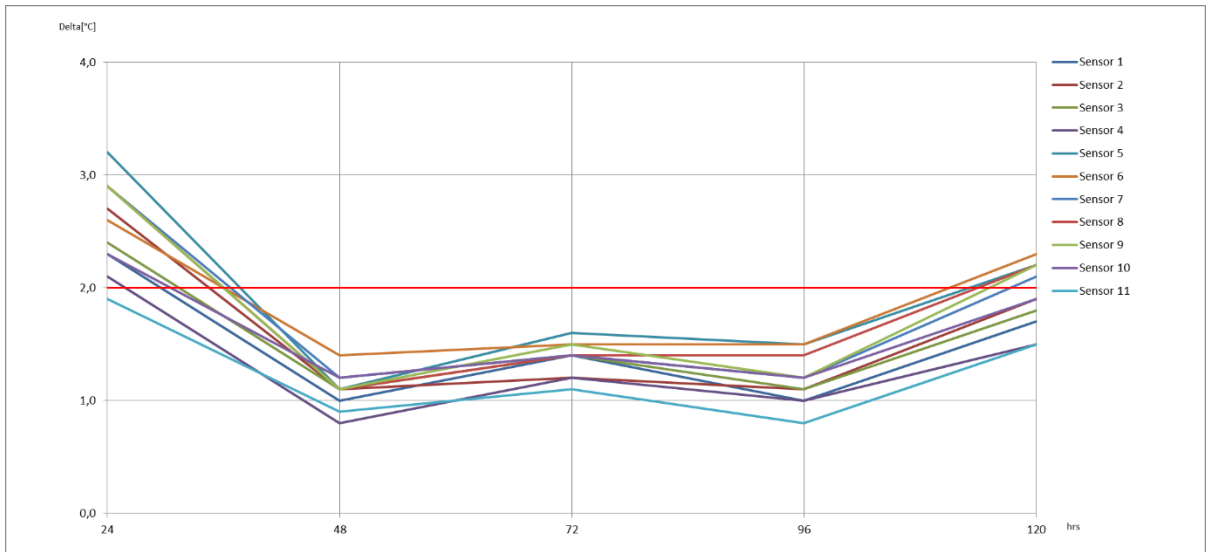


Figura 84 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 24 horas (<2°C)

Verifica-se que os valores para esta análise na segunda-feira ao início do dia, e no final do dia de sexta-feira ultrapassam o limite da especificação para uma análise a 24 horas.

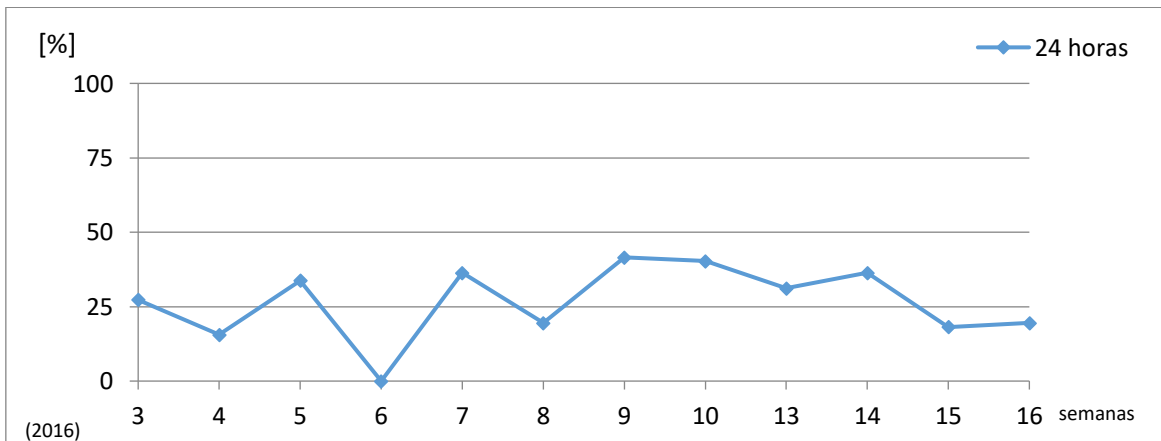


Figura 85 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>2°C)

### Análise para 5 dias (<2°C)

Na figura seguinte temos a representação da variação da temperatura em períodos de 5 dias, a qual não pode variar mais que 2°C.

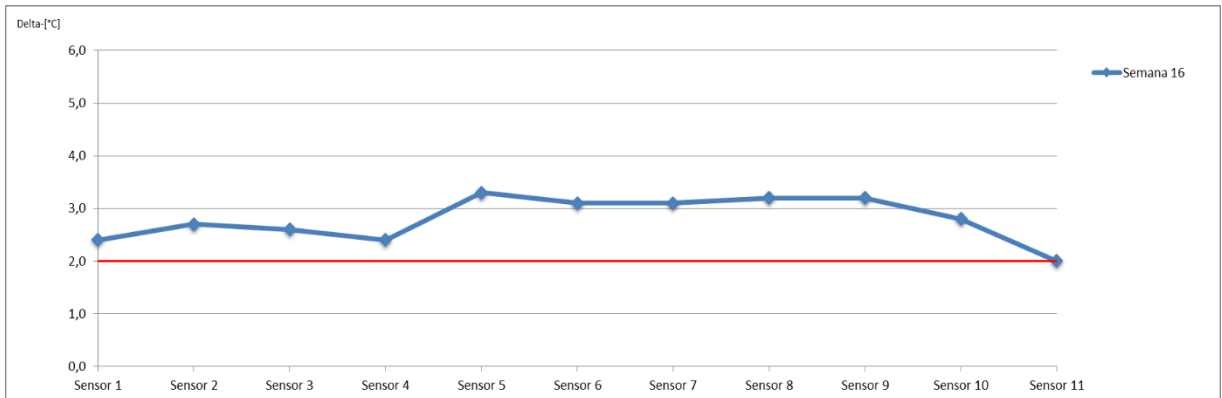


Figura 86 - Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma – 24 horas (<2°C)

Neste caso, na figura 86 é possível observar que o processo está fora de controlo, visto que está acima do limite da especificação.

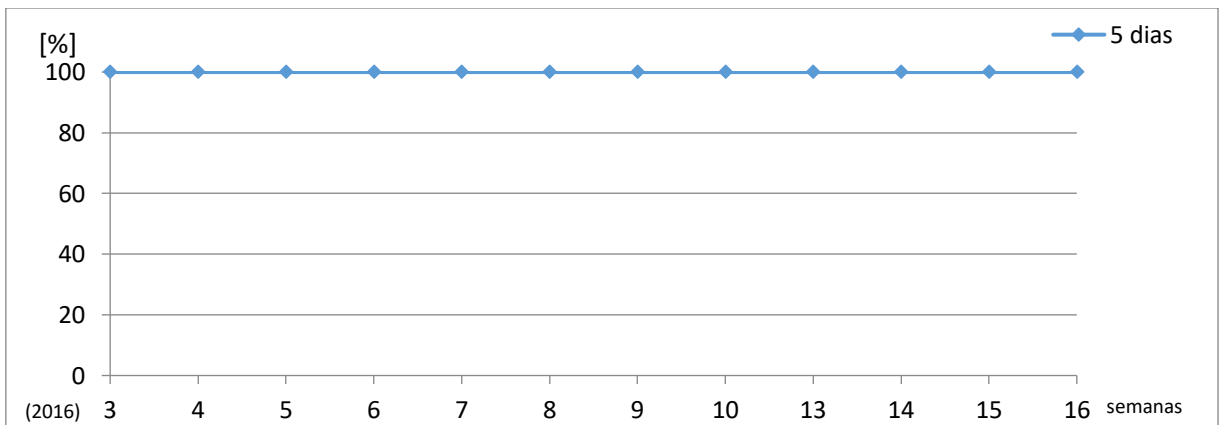


Figura 87 - Análise comparativa dos valores de temperatura fora de especificação – (>2°C)

### Análise entre sensores (<0.5°C)

Na figura seguinte temos a representação da variação da temperatura entre sensores no mesmo instante de tempo, o qual não pode variar mais que a 0.5°C.

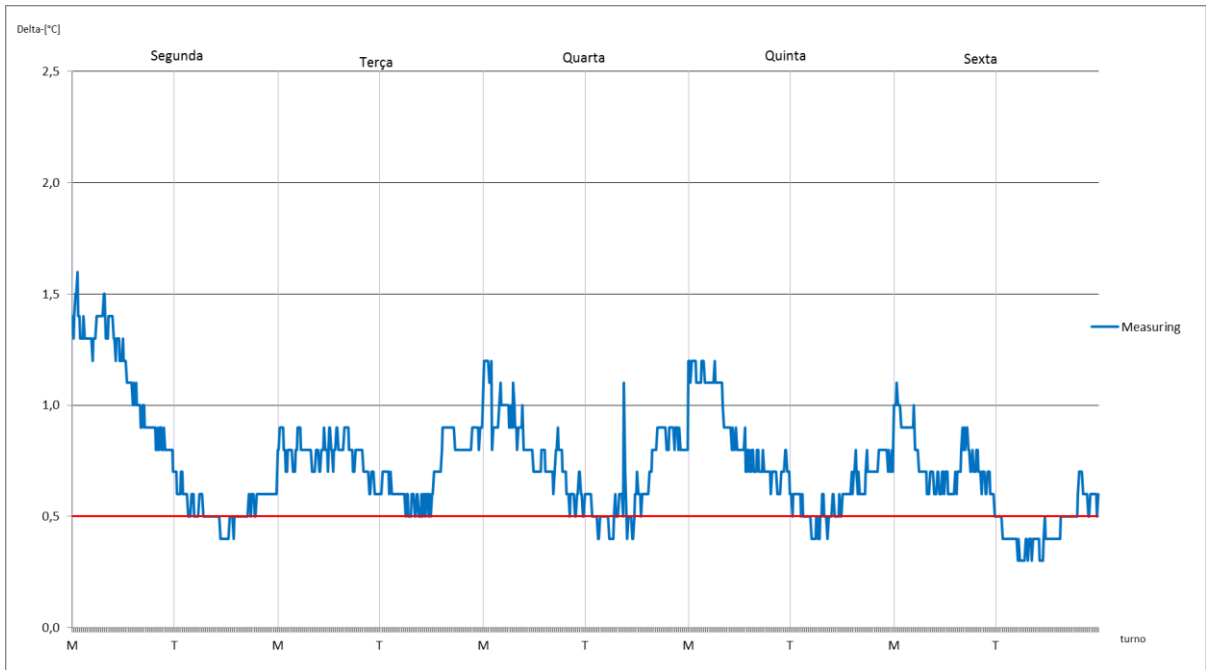


Figura 88 - Análise Comparativa entre sensores – Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - (<0,5°C)

Na figura 88 é possível observar que existem variações de temperatura na sala do centro de medições no mesmo instante de tempo.

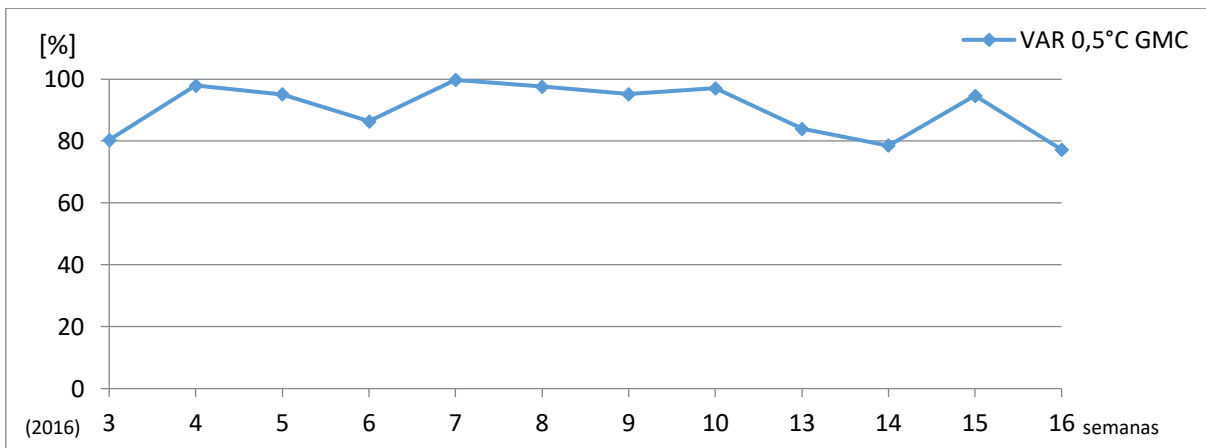


Figura 89 - Análise comparativa entre sensores por semana – (>0.5°C)

### Comparação entre sensores distribuídos pela sala do centro de medições e o sensor que está na saída do ar-condicionado

Na figura seguinte pode-se observar todos os valores de temperatura obtidos semanalmente pelos sensores da sala do centro de medições, e a temperatura do sensor colocado numa das saídas da conduta do ar condicionado.

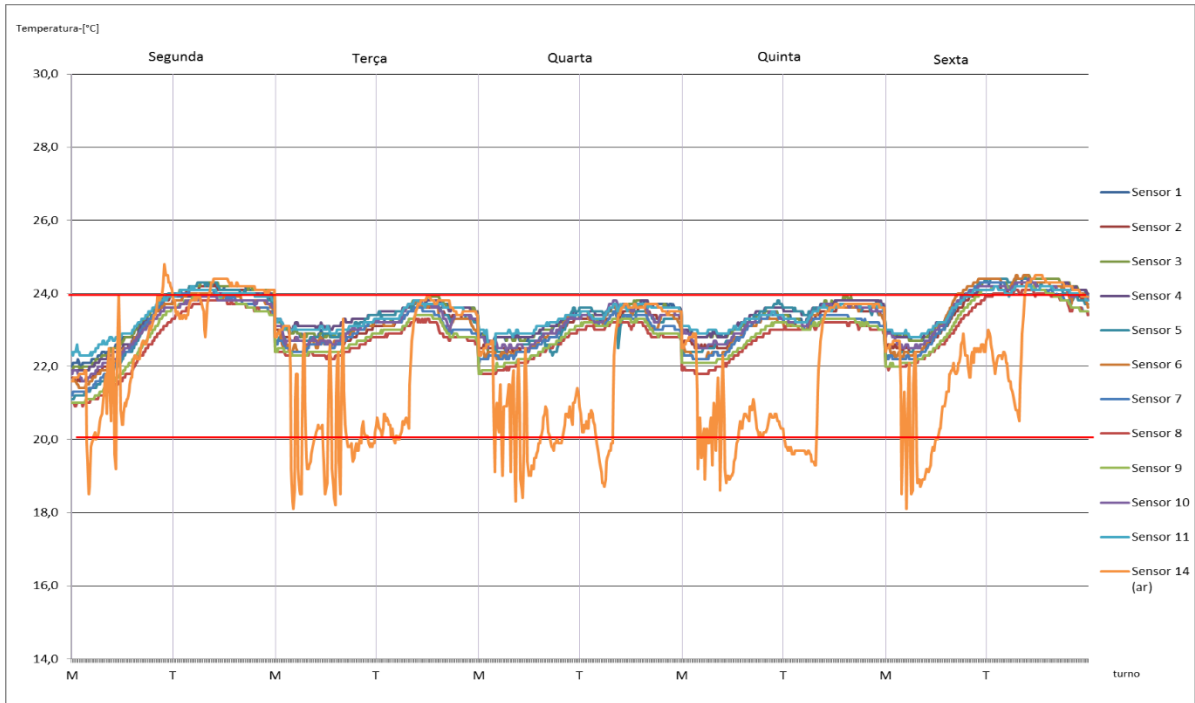


Figura 90 - Análise da Temperatura – Sala 1 G.C. & VW428 Área e da Saída da conduta do AC

É possível constatar grandes variações no ar que é introduzido na sala através do ar condicionado. Observa-se ainda que quando a temperatura da sala está a aumentar existe uma descida brusca da temperatura do ar introduzido na sala de modo a manter a temperatura na ordem dos 22°C.

### Comparação entre a temperatura na sala, no ar-condicionado e a temperatura exterior

Na figura seguinte está representada a temperatura no centro de medições, a temperatura da saída da conduta do ar condicionado, e da temperatura exterior. É de relevar que os dados da temperatura exterior são fornecidos pela área da pintura, que têm sensores no exterior.

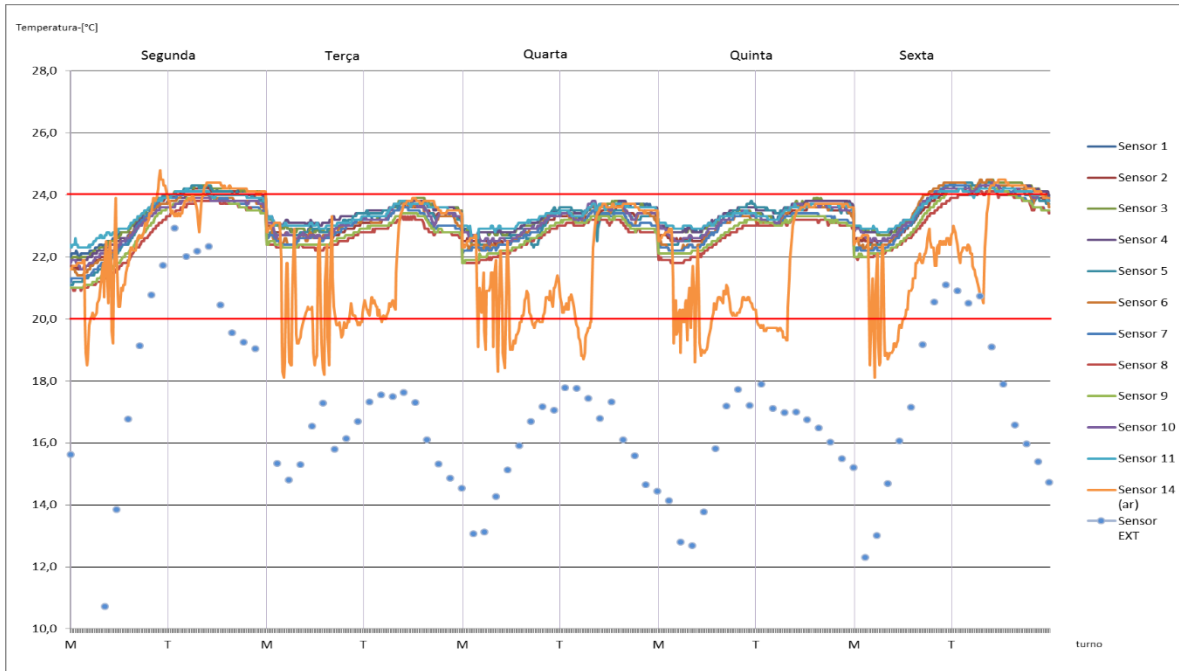


Figura 91 - Análise da Temperatura – Sala 1 G.C. & VW428 Área, Saída da conduta do AC e Exterior

Nesta figura é possível observar que estas três análises estão relacionadas, ou seja, as temperaturas exteriores têm uma forte influência na temperatura no centro de medições e na temperatura que sai da conduta do ar-condicionado.

### Humidade no centro de medições

Na figura seguinte pode observar-se a humidade no centro de medições durante a semana 16. O objetivo é verificar se a humidade se encontra dentro dos parâmetros da norma entre os 30% e 60%.

Como se pode constatar a humidade da sala do centro de medições encontra-se dentro dos parâmetros exigidos.

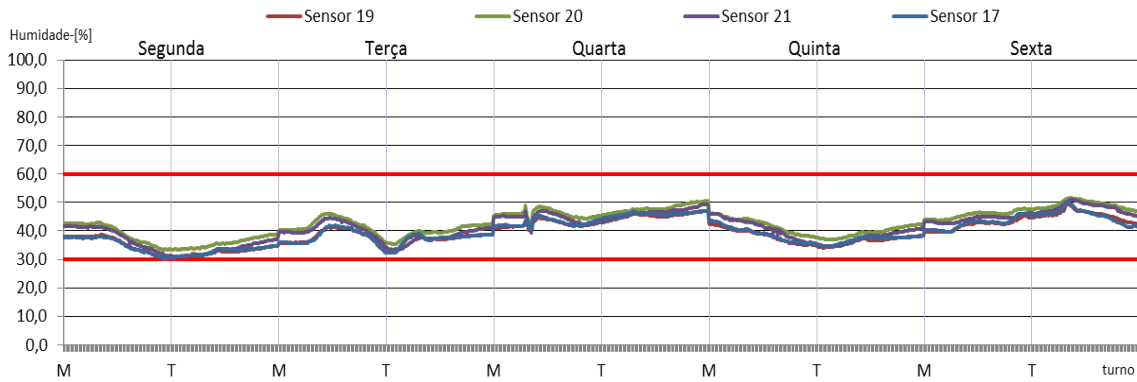


Figura 92 - Análise da Humidade – Sala 1 G.C. & VW428 Área \ Norma - 30% a 60%

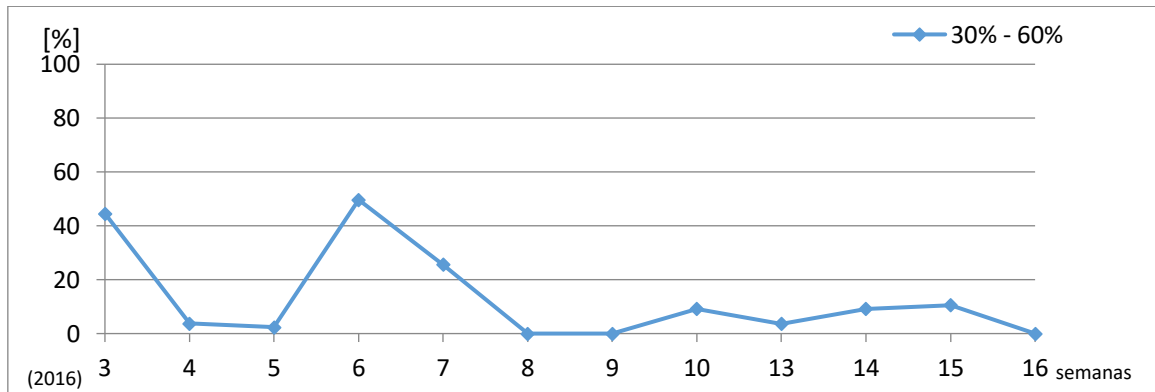


Figura 93 - Análise comparativa da humidade por semana - 30% a 60%

## Comparação entre a humidade no centro de medições e a humidade exterior

Na figura seguinte é possível observar a relação entre a humidade exterior e a humidade no interior da sala.

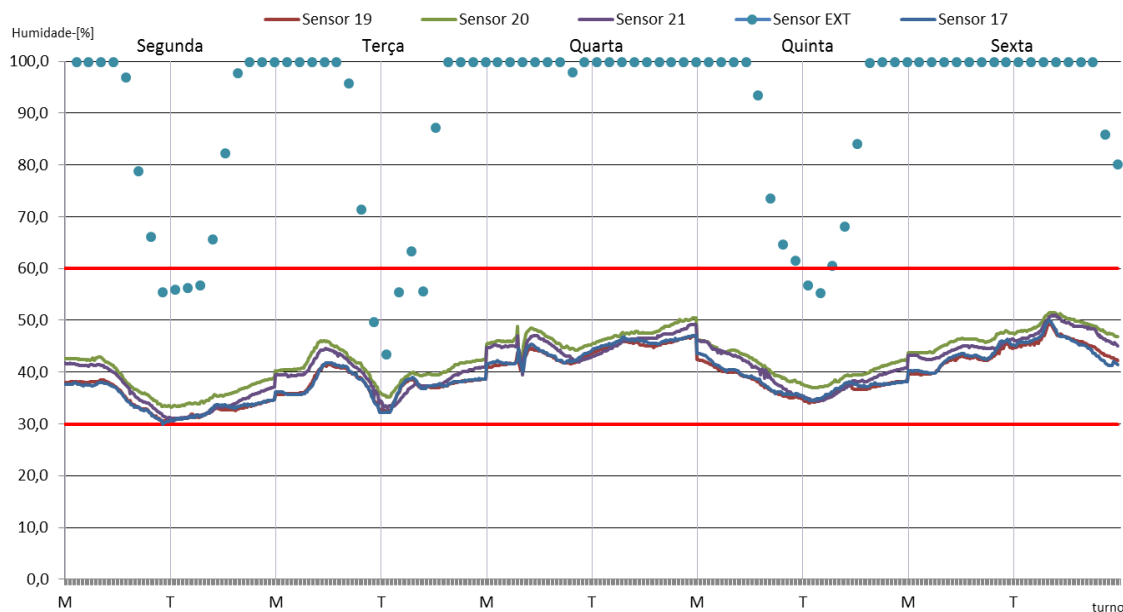


Figura 94 - Análise da Humidade – Sala 1 G.C. & VW428 Área e a Humidade exterior - Norma 30% a 60%

A análise da temperatura e da humidade exposta anteriormente para a sala do *Geometry Control* e do “MBC VW428”, corresponde exatamente à mesma análise de gráficos para a sala do “MBC VW364”, onde se encontram 2 sensores de temperatura e humidade. Assim os resultados obtidos nesta sala, na semana 16 são muito idênticos, e a comparação com outras análises em semanas anteriores também são muito parecidas, salvo algumas exceções devido ao facto da UTA (Unidade de tratamento de ar condicionado) não serem as mesmas.

### 3.6 Base de dados de *Inputs* das Máquinas de Medição Dea e Zeiss

O objetivo desta base de dados é capacitar os utilizadores das máquinas de Medição da área do *Geometric Control*, como utilizar a mesma para registo do tempo de medição das peças.

O ficheiro da base de dados encontra-se na *drive (P:) fugemaisterbock*. Para ter acesso a esta *drive* de leitura e escrita, tem que se fazer um pedido de acesso ao administrador da mesma.

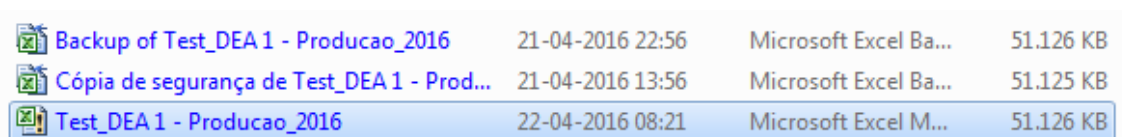
Depois de ter acesso à *drive*, os ficheiros da base de dados encontram-se na seguinte pasta, **\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\$\Geometry control\12. BD\2016.**

Nesta pasta encontram-se os ficheiros das bases de dados das várias máquinas da *Geometric Control*.

1. O ficheiro da base de dados da Dea1 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina DEA 1 2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina DEA 1 2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base de dados da Dea1.






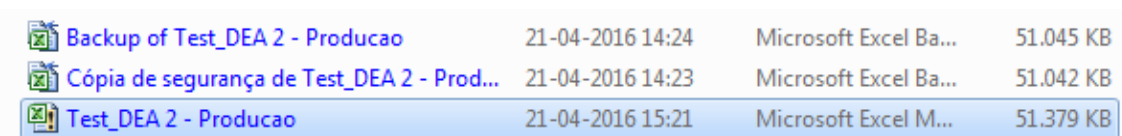
 Backup of Test_DEA 1 - Producao_2016	21-04-2016 22:56	Microsoft Excel Ba...	51.126 KB
 Cópia de segurança de Test_DEA 1 - Prod...	21-04-2016 13:56	Microsoft Excel Ba...	51.125 KB
 Test_DEA 1 - Producao_2016	22-04-2016 08:21	Microsoft Excel M...	51.126 KB

Figura 95 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Dea 1

2. O ficheiro da base de dados da Dea2 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina DEA 2 2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina DEA 2 2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base dado de dados da Dea2.






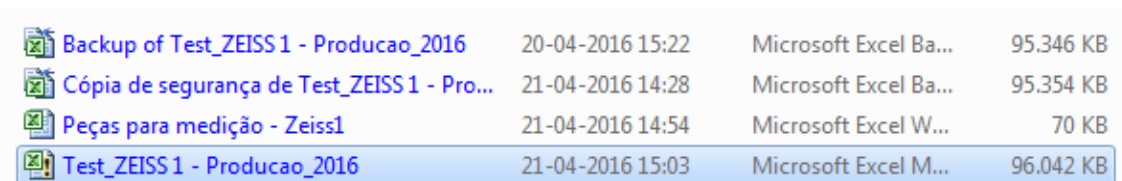
 Backup of Test_DEA 2 - Producao	21-04-2016 14:24	Microsoft Excel Ba...	51.045 KB
 Cópia de segurança de Test_DEA 2 - Prod...	21-04-2016 14:23	Microsoft Excel Ba...	51.042 KB
 Test_DEA 2 - Producao	21-04-2016 15:21	Microsoft Excel M...	51.379 KB

Figura 96 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Dea 2

3. O ficheiro da base de dados da Zeiss1 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss 1 2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss 1 2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base dado de dados da Zeiss1.







 Backup of Test_ZEISS 1 - Producao_2016	20-04-2016 15:22	Microsoft Excel Ba...	95.346 KB
 Cópia de segurança de Test_ZEISS 1 - Pro...	21-04-2016 14:28	Microsoft Excel Ba...	95.354 KB
 Peças para medição - Zeiss1	21-04-2016 14:54	Microsoft Excel W...	70 KB
 Test_ZEISS 1 - Producao_2016	21-04-2016 15:03	Microsoft Excel M...	96.042 KB

Figura 97 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Zeiss 1

4. O ficheiro da base de dados da Zeiss2 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss 2\\_2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss 2_2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base dado de dados da Zeiss2.





	Backup of Test_ZEISS 2 - Producao_2016	21-04-2016 07:46	Microsoft Excel Ba...	97.044 KB
	Cópia de segurança de Test_ZEISS 2 - Pro...	21-04-2016 14:32	Microsoft Excel Ba...	97.054 KB
	Peças para medição - Zeiss2	21-04-2016 22:53	Microsoft Excel W...	105 KB
	Test_ZEISS 2 - Producao_2016	21-04-2016 23:31	Microsoft Excel M...	97.776 KB

Figura 98 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Zeiss 2

5. O ficheiro da base de dados da Clinching1 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss Clinching 1\\_2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss Clinching 1_2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base dado de dados da Clinching1.




	Backup of Test_Clinching 1 - Producao_2...	21-04-2016 14:36	Microsoft Excel Ba...	50.482 KB
	Cópia de segurança de Test_Clinching 1 ...	21-04-2016 10:06	Microsoft Excel Ba...	51.015 KB
	Test_Clinching 1 - Producao_2016	21-04-2016 15:02	Microsoft Excel M...	51.018 KB

Figura 99 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Clinching 1

6. O ficheiro da base de dados da Clinching2 encontra-se na seguinte pasta:

- [\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock\\$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss Clinching 2\\_2016](\\ptvwaepas00011\fugemaisterbock$\Geometry control\12. BD\2016\Maquina Zeiss Clinching 2_2016)

O ficheiro selecionado a azul na imagem abaixo, é o ficheiro da base dado de dados da Clinching2.




	Backup of Test_Clinching 2 - Producao_2...	21-04-2016 14:52	Microsoft Excel Ba...	50.965 KB
	Cópia de segurança de Test_Clinching 2 ...	21-04-2016 14:51	Microsoft Excel Ba...	50.965 KB
	Test_Clinching 2 - Producao_2016	21-04-2016 15:05	Microsoft Excel M...	51.676 KB

Figura 100 - Localização do Ficheiro da Base de dados da Clinching 2

### **Login na base de dados**

Inicialmente terá que se fazer uma requisição de nome utilizador e código de entrada ao administrador da base dados, de modo a ter acesso a esta.

Depois de abrir o ficheiro da base de dados, irá aparecer o seguinte menu de entrada, para introduzir os dados de acesso.

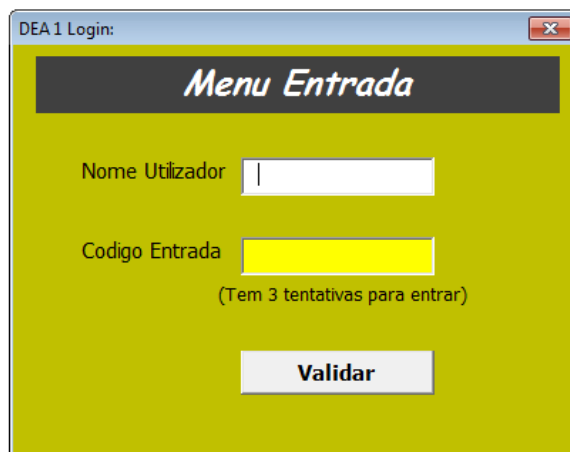
A screenshot of a Windows-style login window titled "DEA 1 Login:". The window has a yellow background and a dark grey header bar with the text "Menu Entrada" in white. Below the header, there are two input fields: "Nome Utilizador" with a white text box and a vertical cursor, and "Codigo Entrada" with a yellow text box. Below the "Codigo Entrada" field, there is a note in parentheses: "(Tem 3 tentativas para entrar)". At the bottom center of the window is a grey button with the text "Validar" in bold black letters.

Figura 101 - Menu de entrada da base de dados

Em caso de esquecimento da “password”, se for necessário uma nova *password* basta contactar novamente o administrador da base de dados.

## Menu Principal

Depois de efetuado o *login* de acesso apresenta-se de seguida o Menu Principal

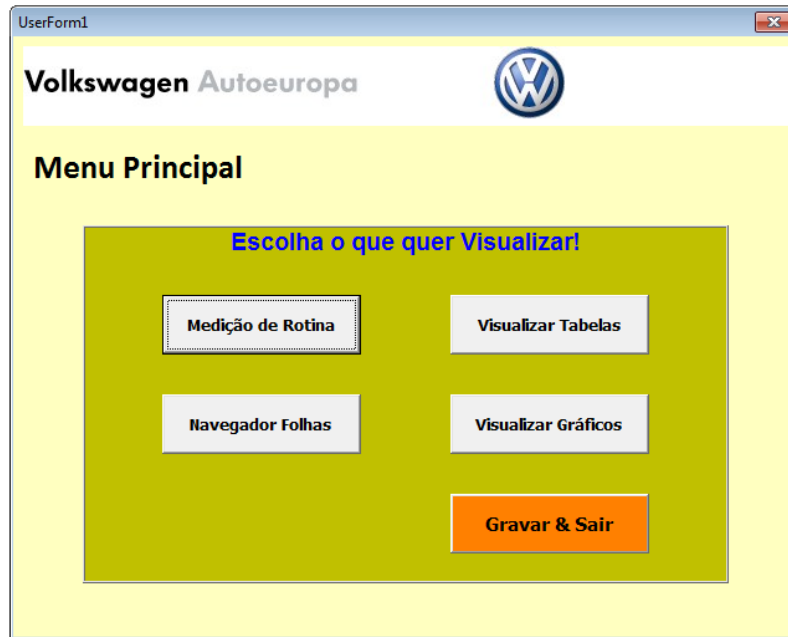


Figura 102 - Menu principal


Ao clicar no botão , vai aparecer o menu apresentado em baixo. Este menu serve para fazer o *input* das medições diárias em cada turno.

Figura 103 - Folha de registo de medição de uma peça

A explicação da Figura 98 consiste no seguinte:

1 O Campo da data está por defeito com o dia atual. Mas pode-se alterar para outra data, para introdução de medições de dias anteriores.

2

* Programa Nr.:	Peça Nr.:	Nome:
(Ex. 1K0123456)	Calibração	Calibração
	1K8809051	B/S AUSSEN SCI LI
	1K8809051/52	B/S AUSSEN SCI LI
	1K8809052	B/S AUSSEN SCI RI
	7N0809051	B/S AUSSEN SHA L
	7N0809051/52	B/S AUSSEN SHA L
	7N0809052	B/S AUSSEN SHA F
	7N0810033	B/S Inner SHA Lh

Neste campo seleciona-se o programa referente à peça que se mediu.

3

Insere-se neste campo o número de TAG da Peça.

**Nr. TAG/CAR:**

4

**\* Turno:**   
Manhã  
Tarde  
Noite

Neste campo seleciona-se o turno em que o Técnico de medição se encontra.

5

**\* Início:**   
7:00:00  
7:15:00  
7:30:00  
7:45:00  
8:00:00  
8:15:00  
8:30:00  
8:45:00  
9:00:00  
9:15:00  
9:30:00  
9:45:00  
10:00:00  
10:15:00  
10:30:00  
10:45:00  
11:00:00  
11:15:00  
11:30:00

**\* Fim:**   
7:00:00  
7:15:00  
7:30:00  
7:45:00  
8:00:00  
8:15:00  
8:30:00  
8:45:00  
9:00:00  
9:15:00  
9:30:00  
9:45:00  
10:00:00  
10:15:00  
10:30:00  
10:45:00  
11:00:00  
11:15:00  
11:30:00

No exemplo exposto selecionou-se o início de medição de uma peça as 7h00m e terminou às 8h30m, ou seja, o tempo de medição durou 1h30m.


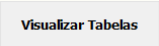
Neste campo insere-se o tempo de duração de um programa de medição de uma peça.

6

**Comentários:**


Este campo serve para inserir comentários, relativamente à medição da peça

7

Ao clicar em , todos os dados sobre a medição de rotina de uma peça vão para uma tabela, que se pode consultar a qualquer momento voltando ao Menu Principal, e clicar no seguinte ícone .

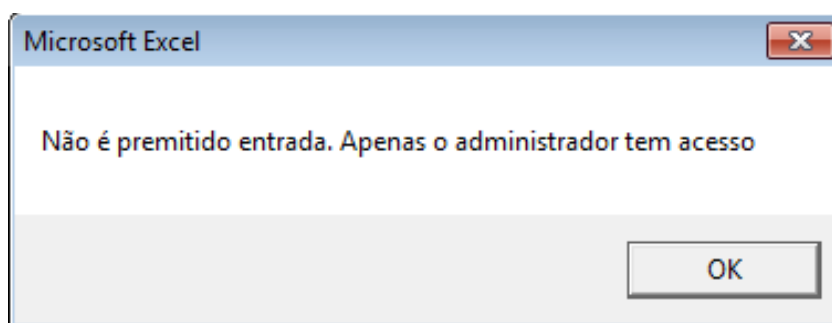
**Nota: Caso exista algum engano na introdução de dados, na medição de rotina de uma peça, e estes dados já tenham sido registados na tabela, para efetuar alguma alteração, ou mesmo apagar, tem que se contactar o administrador da base de dados.**

8

Ao clicar em , todos os campos de texto já preenchidos são limpos, isto antes de fazer o input da medição de rotina de uma peça.


9

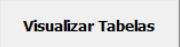
Ao clicar em , vai aparecer a seguinte mensagem:



Este campo apenas o administrador tem acesso.

10

Ao clicar neste botão , voltamos ao Menu Principal

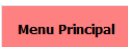
No Menu Principal, se clicar no seguinte botão . Pode-se visualizar a tabela onde estão inseridos todos os dados de um programa de medição de uma peça, que se inseriu no Menu anterior.

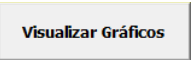
Data	User	Peça	Modelo	Início	Fim	min	Nr. TAG	Turno	Comentarios	Program	Standar	DifTemp	Mês	Wk	Day	Let	Ocup	Dia
16-06-2016	acosta	7N0800701PSD	Vw428 SharanNF	08:45	13:30	205	32435162	Manhã	+ Roof Rail + Studs pilar D	2 Framing SHA PSD	143	133%	6	24	5	B	61,2%	30,8
16-06-2016	acosta	7N0800401	Vw428 SharanNF	13:30	15:30	120	32434967	Manhã		2 DTB Sharan	98	122%	6	24	5	B	25,8%	12,9
16-06-2016	louusa	1K880902930	Vw364 Scirocco	16:00	17:30	90	12424002-124	Tarde		3 B/S SCL Lvl/Rh	102	88%	6	24	5	A	19,3%	9,7
16-06-2016	louusa	1K880902930	Vw364 Scirocco	18:00	18:15	15	12424002-124	Tarde	SBBRIGAPI/FLUSH esq-dto	3 B/S SCL Lvl/Rh	102	15%	6	24	5	A	3,2%	1,6
16-06-2016	louusa	7N081003334	Vw428 SharanNF	19:00	20:45	105	12424020-124	Tarde		3 B/S inner SHA Lvl/Rh	72	146%	6	24	5	A	22,5%	11,3
17-06-2016	acosta	Calibração	Measuring	07:00	08:00	60		Manhã		2 Calibração	60	100%	6	24	6	B	12,3%	6,4
17-06-2016	acosta	7N0800709	Vw428 SharanNF	08:15	10:15	120	32452060	Manhã	+ Bik dep gas +AFO 2320 WA1+AFO 2890 IR4	2 U/B Sharan	117	100%	6	24	6	B	25,8%	12,9
17-06-2016	acosta	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	10:30	14:15	225	32452063	Manhã	+ roof rail + studs pilar D	2 Framing SHA ND	128	176%	6	24	6	B	48,3%	24,1
17-06-2016	acosta	7N0800401	Vw428 SharanNF	14:30	15:30	60	32451843	Manhã		2 DTB Sharan	98	61%	6	24	6	B	12,3%	6,4
17-06-2016	louusa	7N080340304	Vw428 SharanNF	15:30	16:45	75	P1170616-P117	Tarde		3 Cava da Roda Lvl/Rh	60	125%	6	24	6	A	16,1%	8,0
17-06-2016	louusa	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	17:15	20:00	165	32432826	Tarde		3 Framing SHA ND	128	129%	6	24	6	A	35,4%	17,7
20-06-2016	nmaecdo	Calibração	Measuring	07:00	08:00	60		Manhã		2 Calibração	60	100%	6	25	2	A	12,3%	6,4
20-06-2016	nmaecdo	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	08:00	11:45	225		Manhã		2 Framing SHA ND	128	176%	6	25	2	A	48,3%	24,1
20-06-2016	nmaecdo	7N0800709	Vw428 SharanNF	11:45	14:45	180		Manhã		2 U/B Sharan	117	154%	6	25	2	A	38,8%	19,3
20-06-2016	nmaecdo	7N0800401	Vw428 SharanNF	14:45	15:30	45		Manhã		2 DTB Sharan	98	45%	6	25	2	A	9,7%	4,8
20-06-2016	acosta	7N0800401	Vw428 SharanNF	15:30	16:30	60	32500488	Tarde		3 DTB Sharan	98	61%	6	25	2	B	12,3%	6,4
20-06-2016	acosta	7N1800701GEO1	Vw428 SharanNF	17:00	18:45	105	32501874	Tarde		3 Framing SHA GEO1	90	117%	6	25	2	B	22,5%	11,3
20-06-2016	acosta	7N081003334	Vw428 SharanNF	19:00	20:45	105	11250011125	Tarde		3 B/S inner SHA Lvl/Rh	72	146%	6	25	2	B	22,5%	11,3
20-06-2016	acosta	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	21:00	22:45	105	32485213	Tarde	Z	3 Framing SHA ND	128	82%	6	25	2	B	22,5%	11,3
21-06-2016	acosta	7N081003334	Vw428 SharanNF	11:15	19:15	120	1125104411221	Tarde		3 B/S inner SHA Lvl/Rh	72	167%	6	25	3	B	25,8%	12,9
21-06-2016	acosta	1K880902930	Vw364 Scirocco	20:45	23:30	165	1125011011221	Tarde		3 B/S SCL Lvl/Rh	102	162%	6	25	3	B	35,4%	17,7
21-06-2016	acosta	7N0800401		15:30	17:00		32515215	Tarde		3 B/S SCL Lvl/Rh	102	162%	6	25	3	B	35,4%	17,7
22-06-2016	alfeire	Calibração	Measuring	07:45	08:30	45		Manhã		2 Calibração	60	75%	6	25	4	A	9,7%	4,8
22-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	08:45	10:15	90	32521742	Manhã		2 U/B Sharan	117	77%	6	25	4	A	19,3%	9,7
22-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	10:30	11:15	45	32521742	Manhã	AFO 1870 IR5 + AFO 2890 IR1 + BRACKET DEP GAS + STUDS	2 U/B Sharan	117	38%	6	25	4	A	9,7%	4,8
22-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	11:30	14:15	165	32521162	Manhã		2 Framing SHA ND	128	129%	6	25	4	A	35,4%	17,7
22-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	14:30	15:00	30	32521162	Manhã	ROOF RAIL + STUDS PILAR D	2 Framing SHA ND	128	23%	6	25	4	A	6,4%	3,2
22-06-2016	alfeire	7N0800401	Vw428 SharanNF	15:15	15:30	15	32530249	Manhã		2 DTB Sharan	98	15%	6	25	4	A	3,2%	1,6
22-06-2016	acosta	7N0800401	Vw428 SharanNF	15:30	17:00	90	32530249	Tarde		3 DTB Sharan	98	32%	6	25	4	B	19,3%	9,7
22-06-2016	acosta	7N1800701GEO1	Vw428 SharanNF	17:15	19:15	120	32532229	Tarde		3 Framing SHA GEO1	90	133%	6	25	4	B	25,8%	12,9
22-06-2016	acosta	1K880905152	Vw364 Scirocco	20:45	22:15	90	P1220616	Tarde		3 B/S Outer SCL Lvl/Rh	75	120%	6	25	4	B	19,3%	9,7
23-06-2016	alfeire	Calibração	Measuring	07:15	08:00	45		Manhã		2 Calibração	60	75%	6	25	5	A	9,7%	4,8
23-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	08:15	10:00	105	32536081	Manhã		2 U/B Sharan	117	90%	6	25	5	A	22,5%	11,3
23-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	10:15	11:00	45	32536081	Manhã	AFO 2890 IR2 + AFO 2890 IR3 + BRACKET DEP GAS	2 U/B Sharan	117	39%	6	25	5	A	9,7%	4,8
23-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	11:15	13:30	135	32535701	Manhã		2 Framing SHA ND	128	105%	6	25	5	A	29,0%	14,5
23-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	13:45	14:30	45	32535701	Manhã	ROOF RAIL + STUDS	2 Framing SHA ND	128	35%	6	25	5	A	9,7%	4,8
23-06-2016	alfeire	7N0800401	Vw428 SharanNF	15:00	15:30	30	32545434	Manhã		2 DTB Sharan	98	31%	6	25	5	A	6,4%	3,2
23-06-2016	acosta	7N0800401	Vw428 SharanNF	15:30	18:00	150	32545434	Tarde		3 DTB Sharan	98	153%	6	25	5	B	32,2%	16,1
23-06-2016	acosta	1K880902930	Vw364 Scirocco	18:15	21:45	210	114251011421	Tarde		3 B/S SCL Lvl/Rh	102	208%	6	25	5	B	45,1%	22,5
23-06-2016	acosta	7N081003334	Vw428 SharanNF	22:00	23:45	105	1142511711425	Tarde		3 B/S inner SHA Lvl/Rh	72	146%	6	25	5	B	22,5%	11,3
24-06-2016	alfeire	Calibração	Measuring	07:15	08:00	45		Manhã		2 Calibração	60	75%	6	25	6	A	9,7%	4,8
24-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	08:15	10:00	105	32551725	Manhã		2 U/B Sharan	117	90%	6	25	6	A	22,5%	11,3
24-06-2016	alfeire	7N0800709	Vw428 SharanNF	10:15	10:45	30	32551725	Manhã	AFO 2320 WA1+ AFO 2890 IR4 + BRACKET	2 U/B Sharan	117	26%	6	25	6	A	6,4%	3,2
24-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	11:00	13:15	135	32551428	Manhã		2 Framing SHA ND	128	105%	6	25	6	A	29,0%	14,5
24-06-2016	alfeire	7N0800701ND	Vw428 SharanNF	13:45	14:15	30	32551428	Manhã	ROOF RAIL + STUDS PILAR D	2 Framing SHA ND	128	23%	6	25	6	A	6,4%	3,2
24-06-2016	alfeire	7N0800401	Vw428 SharanNF	14:30	15:30	60	32560284	Manhã		2 DTB Sharan	98	61%	6	25	6	A	12,3%	6,4

Figura 104 - Tabela de registo do tempo de medição de cada peça

Como já referido anteriormente, se algum dos utilizadores se enganar na introdução de algum dos parâmetros no registo do tempo de medição de uma peça, para efetuar alteração tem que contactar o administrador da base de dados.

Para voltar ao Menu principal basta clicar no seguinte botão



Ao clicar no botão  no Menu Principal, pode-se visualizar os gráficos semanais do tempo de ocupação das máquinas. Na Figura 100 apresenta-se um exemplo dos gráficos disponíveis nesta função.

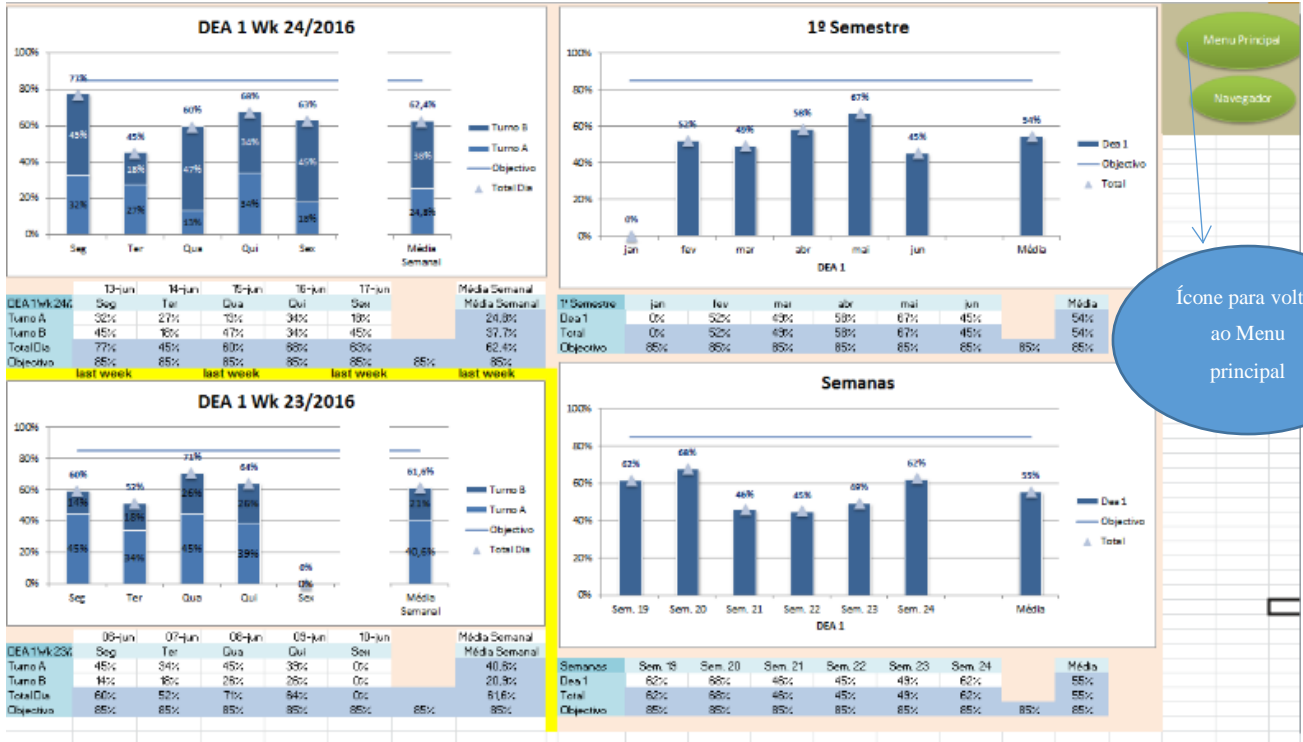


Figura 105 – Gráficos do tempo de utilização das máquinas

Para sair da base de dados e guardar todos os passos efetuados, basta clicar no

seguinte ícone no Menu Principal, 

## 4 CONCLUSÃO

Começo por referir que o estágio foi concluído com sucesso, cumprindo os objetivos que me foram propostos no decorrer do mesmo. Durante os nove meses em que o mesmo decorreu, foram concretizadas algumas atividades propostas pelo meu tutor Vítor Martins, entre os quais o estudo luminotécnico no departamento, análise e controlo da temperatura e humidade do mesmo, realização de uma base de dados para controlo do tempo de utilização das máquinas do *Geometry Control*.

Foi uma experiência muito positiva e enriquecedora, pois foi um mundo novo, uma vez que nunca tinha tido contacto com uma fábrica deste género, o que me permitiu conhecer todos os processos de qualidade inerentes ao mundo automóvel, e todas as ferramentas utilizadas para este fim, onde há um rigor extremo, influenciando diariamente o processo de produção automóvel, para que sejam cumpridos todos os parâmetros exigidos.

Com a realização do estudo luminotécnico, foi feita uma análise ao sistema de iluminação existente e chegou-se à conclusão que na sala MBC VW 364 existia uma insuficiência luminosa disponibilizada, principalmente nas zonas de trabalho, que neste caso é uma zona de inspeção de qualidade, infringindo os requisitos da norma. Neste caso tive de fazer o projeto para implementação de iluminação LED e reforço da iluminação de modo a cumprir os requisitos da norma. Tive de contactar com vários fornecedores e apresentar uma solução para o problema.

A proposta apresentada teve aprovação por parte do meu tutor e do departamento de compras, em que numa fase seguinte tive de fazer a especificação para o projeto para ir a concurso, onde acompanhei todo o processo de propostas de empresas que concorreram à realização deste trabalho, para depois dar parecer técnico às mesmas. O objetivo era concluir os trabalhos até ao final de julho para iniciar as obras em agosto, o que foi bem-sucedido.

Adquiri bastantes conhecimentos com todo este processo, nomeadamente o contacto com alguns *softwares* que nunca tinha usado.

Resumindo, foi de facto uma experiência totalmente diferente das que já tive, e deu-me outra perspetiva do mundo do trabalho, essencialmente do mundo automóvel. Foram 9 meses de muita aprendizagem, em que foi possível aplicar os conhecimentos teóricos aprendidos até então. Por todos estes motivos, posso dizer que foi um projeto que me colocou

num ramo diferente, mas que me deu-me orgulho em concluir, pois está a ter sucesso na empresa.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.volkswagen.de/de.html>
  - [2] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Autoeuropa](https://pt.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Autoeuropa)
  - [3] <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/>
  - [4] Silva, Rúben Fernandes Guedes de Oliveira. Estudo da Eficiência Energética, na iluminação – Desenvolvimento de uma Ferramenta de Cálculo Luminotécnico e de Rentabilidade. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
  - [5] OSRAM. Manual luminotécnico prático. [http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas\\_%26\\_Catlogos/Downloads/Iluminacao\\_Geral/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/index.html).
  - [6] I. Pedrosa. O universo da cor. Senac, 2003.
  - [7] DGEG. Grandezas e unidades. <http://www.dgeg.pt/>.
  - [8] J.R. Vázquez. Luminotecnia: enciclopedia CEAC de electricidad. Enciclopedia CEAC de electricidad. Pro Fide, 1973. URL: [http://books.google.pt/books?id=a1z\\_OQAACAAJ](http://books.google.pt/books?id=a1z_OQAACAAJ).
  - [9] H. Creder. Instalações Eléctricas. Livros Técnicos e Científicos, 2007. URL: <http://books.google.pt/books?id=HKFONAAACAAJ>.
  - [10] TECI AAT. Tipos de lâmpadas. [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes\\_Lumin.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf).
  - [11] The Encyclopedia of Alternative Energy e Sustainable Living. Fluorescent tube and circline lamp. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE\\_fluorescent\\_tube.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_fluorescent_tube.html).
  - [12] [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE\\_fluorescent\\_tube.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_fluorescent_tube.html).
  - [13] <http://www.usa.philips.com/c/fluorescent-tubes/296298/cat/en/>.
  - [14] Lamptech. The low pressure sodium lamp. <http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO%20Introduction.htm>.
  - [15] Lamptech. The low pressure sodium lamp. <http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO%20Introduction.htm>.
  - [16] [http://www.zinieletro.com.br/novidades/detalhe\\_more/extreme-led-tubular](http://www.zinieletro.com.br/novidades/detalhe_more/extreme-led-tubular)
  - [17] PHILIPS. Led tubes. <http://www.ecat.lighting.philips.com/l/lamps/led-lamps-and-systems/led-tubes/21064/cat/>.
-

- [18] PHILIPS. The smart starter: a smart idea. [http://www.smartstarter.eu/smart\\_idea.html](http://www.smartstarter.eu/smart_idea.html).
- [19] Sylvania. Balastros descarga. [http://www.iluminacion.net/sylvania/balastos\\_descargaext.html](http://www.iluminacion.net/sylvania/balastos_descargaext.html).
- [20] PHILIPS. Electronic ignitor for hid lamp circuits. [http://www.ecat.lighting.philips.com/1/lighting-electronics/hid/ignitors/electronic-ignitor-for-hid-lampcircuits/22120/cat/#t=overview&filterState=FG\\_LP\\_TYPE%7CLighting+Electronics%3Dchecked?t1=overview](http://www.ecat.lighting.philips.com/1/lighting-electronics/hid/ignitors/electronic-ignitor-for-hid-lampcircuits/22120/cat/#t=overview&filterState=FG_LP_TYPE%7CLighting+Electronics%3Dchecked?t1=overview).
- [21] PHILIPS. Hid-basic bhl mk4 for hpl/hpi. <http://www.ecat.lighting.philips.pt/1/lighting-electronics/hid/eletromagnetico-hid/hid-basic-bhl-mk4-for-hpl-hpi/40783/cat/>.
- [22] <http://www.ecat.lighting.philips.pt/1/lighting-electronics/hid/hid-electronic-indoor/primavision-compact-for-cdm/59789/cat/?t1=overview>.
- [23] Ambercaps. Lighting capacitors. <http://www.ambercaps.com/lighting/seriescp.htm>.
- [24] Climar. Adaar 1x18 a polar. [http://www.climar.pt/prod/adaar/cur/ADAAR\\_1x18\\_A\\_polar.JPG](http://www.climar.pt/prod/adaar/cur/ADAAR_1x18_A_polar.JPG).
- [25] Climar. Datch. [http://www.climar.pt/br/prod\\_datch.html](http://www.climar.pt/br/prod_datch.html).
- [26] PHILIPS. Luminárias de interior. <http://www.ecat.lighting.philips.pt/1/luminarias-de-interior/57636/cat/>.
- [27] [https://www.trilux.com/ie6-9/cms\\_browsersupport-en.html](https://www.trilux.com/ie6-9/cms_browsersupport-en.html)
- [28] M.S. Rea. The iesna lighting handbook: reference & application. 2000
- [29] DIN EN 12464-1:2011. Light and lighting - lighting of work places - part 1: Indoor work places. 2011.
- [30] DIAL light building software. Dialux evo. <https://www.dial.de/de/dialux/download/>
- [31] OSRAM. Iluminação: Conceitos e projetos. [http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas %26 Catlogos/Downloads/Iluminacao Geral/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas%26Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/index.html).
- [32] Ribeiro, Tiago Samuel de Almeida Pereira. Luminotecnia – Métodos de Avaliação. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.

## **6 ANEXOS**

Segue em anexo a especificação de projeto de iluminação LED na sala MBC VE364

### **6.1 Especificação do sistema de iluminação da Sala MBC VW364**



# **Especificação do sistema de iluminação Sala MBC VW364**

Palmela, 13 Abril 2016

---

Vitor Martins  
Measuring Manager

Cristina Isidoro  
Projects Management & Offline Programming CMM



## 1 Generalidades

Efetuar um projeto de alteração do sistema de iluminação atual da sala MBC VW364. Onde se pretende melhorar o sistema desta sala que não cumpre os requisitos de iluminância, segundo as normas em vigor, segundo um estudo de iluminância feito pelos serviços de Higiene no Trabalho.

Pretende-se alterar o tipo de equipamentos atuais, baseados em tecnologia fluorescente, por equipamentos baseados em tecnologia LED.

As normas em vigor da Volkswagen AutoEuropa têm de ser consideradas.

### 1.1 Termos e abreviações

AG	Cliente (Customer)
AN	Contratante (Contractor)

## 2 Equipa de Gestão

### 2.1 Contratante (AN)

#### 2.1.1 Serviços

- O AN tem de cumprir com o que está designado no ponto do objetivo.
- As soluções alternativas ao que é pretendido só sendo aceite após um acordo com a Volkswagen Autoeuropa.
- Oferta de transporte com tempo de entrega
- Especificações para os requisitos de desempenho
- Cronograma

#### 2.1.2 Organização do projeto

Está previsto que a organização do projeto é designada para a equipa de gestão do projeto e documentada na oferta. Devido a isso, é necessário que:

- Exista um líder com competências técnicas e financeiro designado para o projeto;
- Todos os fornecedores relacionados com o projeto são designados;
- A definição do idioma do projeto está disponível em Inglês e Português.

## 2.2 Cliente (AG)

### 2.2.1 Serviços

Volkswagen Autoeuropa obriga a assegurar as seguintes condições:

- Fornecimentos de especificações técnicas
- Designação dos departamentos internos que devem ser incluídos no projeto
- Assegurar a coordenação interna
- Definição do prazo

### 2.2.2 Contactos

Para o início do projeto, a Volkswagen AutoEuropa irá nomear os seguintes contactos:

- Gestor do projeto da Volkswagen Autoeuropa – Primeiro contacto para todas as questões
- Departamentos internos que participam no projeto (*Maintenance*, infraestruturas, etc)
- Os inspetores de segurança da Volkswagen Autoeuropa

## 2.3 Condições de instalação e comissão

A AN e AG têm que chegar a um acordo, antes do início do projeto, relativamente às condições de comissionamento da instalação, e documentar outros acordos relevantes.

- A conformidade com a especificação 1.01 (Form PR964 “Segurança Industrial para empresas externas “)
- Fornecimento de equipamentos atempadamente e evacuação da área de construção/montagem
- Tempos padrão para montagem (depende dos turnos de produção)
- Regulamentos de proteção contra incêndios para a área de construção
- Regulamentos de segurança para área de construção
- Medidas para garantir o sigilo profissional de todas as empresas e funcionários que participam no projeto
- Designação pelo AN de todos os empregados participantes no projeto, para que AG possa conceder as possíveis autorizações necessárias.
- Confirmação e adequação das rotas de entrega pretendida nas instalações da fábrica pelo NA e AG.

## 2.4 Delineação de produto e Serviços

Produtos e serviços fornecidos pelo AG não incluem:

- Organização e limpeza do espaço de trabalho
- Eliminação de materiais de construção
- Fornecimento de transporte
- Fornecimento de equipamentos de elevação
- Fornecimento de trabalhadores não-qualificados
- Assegurar as regras de proteção contra incêndios na área de construção
- Assegurar as regras de segurança da área de construção

Diferentes alterações entre AN e AG têm de ser documentadas por escrito.

## 2.5 Condições de oferta

A oferta feita pela AN é sob a forma de uma declaração detalhada com a estrutura da especificação, detalhando as posições revelantes.

A oferta deve conter as seguintes informações:

- Descrição da organização do projeto
- Cronograma de empreiteiro inclui: Análise do local / especificações / prazos de entrega / montagem / comissionamento / BU / REMOÇÃO / ETC....
- Indicação dos preços individuais
- Descrição técnica de todos os equipamentos necessários
- Descrição de todas as fases da instalação
- Especificação dos diferentes acordos entre o cliente e o empreiteiro
- O cálculo dos custos de manutenção e de serviço para 5 anos (fora do período de garantia).
- Garantia da instalação no mínimo 2 anos
- Garantia de equipamentos no mínimo 5 anos
- Têm que garantir após a instalação o nível de iluminância pretendido pelo AN
- Deve incluir Eplan e desenhos HLS

## **2.6 Critérios para o preço de instalação do projeto**

Todas as contas a receber das especificações de desempenho e todos os acordos escritos são obrigatórias para a oferta.

### **2.6.1 Extensões da oferta ou alterações**

As extensões ou alterações só são permitidas após o pedido ou compromisso por escrito. O cronograma da oferta depende da data do pedido, que deve ser designado por AG.

Mudanças exigem acordos por estritamente por escrito.

### **2.6.2 Seguros**

Até a entrega operacional da instalação, os riscos para todas as extensões do projeto pertencem a AN.

Todos os acordos diferentes devem ser documentados por escrito.

Todas as condições dos regulamentos de operação dos equipamentos da Volkswagen Autoeuropa devem ser consideradas.

## **2.7 Análises no local**

É uma responsabilidade por parte da AN garantir, para uma fase de instalação, as rotas de transporte e vias de acesso devem ser examinadas, assim como todos os meios necessários para a respetiva instalação.

Desvio da especificação de instalação deve ser acordado com AG e documentado por escrito.

## **2.8 Sigilo**

A AN é obrigada ao sigilo profissional.

Deve garantir que todos funcionários de NA, bem como todos os subcontratantes seguem a política de sigilo mantido pela Volkswagen AG.

As seguintes informações estão sujeitas ao segredo profissional, na aceção do presente acordo:

- Tudo o que é rotulado como confidencial
- Todas as informações técnicas, em especial, desenhos técnicos, e outros documentos técnicos
- Todos os materiais, bens, padrões, design, equipamentos

- Todos os processos técnicos, resultados de medição e outras informações técnicas (conhecimento)
- Todos os direitos de propriedade industrial e posições legais

## **2.9 Patentes**

Todo o trabalho feito pela AN e seus subcontratados pertencem à AG (sobre o contrato com AG). Isso vale também para os resultados do trabalho patenteáveis.

AN entrega a obra resultante (instalação, técnica e equipamentos) livre de direitos de terceiros.

Os direitos da AN se (exemplo: pagamento de royalties) são definidos e informados pela AG, e escrito no caderno de encargos.

A AG reserva todos os direitos, mesmo no caso de concessão de alguns direitos de propriedades industrial. O não cumprimento resultará em reclamações de danos feitas pela Volkswagen AG.

## **2.10 Especificações**

A oferta feita pela AN é usada pela AG para tomar uma decisão. Além disso, o AN deve criar uma especificação que consiste no conteúdo da proposta e acordos escritos adicionais.

As especificações devem ser aprovadas com um documento escrito pelo departamento identificado pela AG que escreveu a especificação, e é responsável pela aceitação do projeto.

Com a especificação devem ser fornecidos a seguinte documentação:

- Documentação Técnica;
  - Estudo luminotécnico;
  - Estudo de eficiência energético;
  - Especificação Técnica das luminárias, e todos outros equipamentos associados ao projeto;
  - Layout da posição das luminárias do projeto;
-

- Layout da instalação, e instalações adicionais;
- Custos associados á manutenção da instalação e equipamentos;
- Especificação Técnica de todos os parâmetros da instalação.

### **3 Requisitos Técnicos para o sistema de iluminação**

#### **3.1 Introdução**

Na iluminação de interior refere-se às necessidades de iluminar corretamente as áreas onde serão realizadas tarefas específicas por pessoas, incluindo, portanto, o uso industrial.

Os níveis de iluminação são definidos com recurso á grandeza iluminância das tarefas específicas a realizar pelos utilizadores. Esses valores encontram-se tabelados em documentação própria da Comissão Internacional de Iluminação, onde também é usual haver indicação do índice de restituição de cores, UGR e temperatura de cor da luz adequados.

Neste caso em ambiente industrial caracteriza-se por ter especificações muito próprias consoante as aplicações, pretende-se iluminar convenientemente as tarefas garantindo toda a segurança possível na sua execução. Algumas das tarefas requerem níveis de iluminância muito elevados (1500 lux), como acontece em trabalhos de precisão.

#### **3.2 Legislação em vigor**

A Iluminação nos locais de trabalho deve ser adequada aos requisitos de iluminação das tarefas a executar e obedecer aos valores insertos nas normas portuguesas, ou seja, aos incertos na norma europeia EN 12464-1:2011, *light and lighting, Lighting of work places, Part1: Indoor work places*.

Assim sendo, e de modo a assegurar o conforto e performance visuais e a segurança, atende-se á distribuição da iluminação, á iluminância, ao brilho, á direccionalidade da luz, às características de cor das fontes de luz e das superfícies e á manutenção do sistema com os parâmetros necessários ás tarefas desempenhadas e respeitem-se, em particular, os valores transcritos no seguinte quadro:

Iluminância, E (lx)			Área de trabalho, tarefa ou atividade desempenhada
Tarefas de elevado contraste/dimensão ou realizadas por curtos períodos	Em condições normais de trabalho	Capacidade visual é reduzida ou a tarefa exige uma elevada acuidade visual	
300	500	750	· Locais de trabalho administrativo. · Carroçaria e montagem
500	750	1000	· Tarefas de inspeção
200	300	500	· Área envolvente

Figura 1 – Valores de iluminância inscritos na EN 12464-1:2011 de acordo com local ou atividade

No caso da sala MBC VW364, para a área de trabalho onde se executam tarefas de inspeção devem ser previstos pelo menos 750 lx

Os documentos corporativos da Volkswagen, indicam:

- Para locais de inspeção devem garantir-se níveis de iluminância entre os 750 e 938 lux segundo a norma VDI/VDE 2627.

### 3.3 Tecnologia Atual/ Tecnologia Pretendida

Neste ponto vamos fazer uma descrição da tecnologia usada atualmente na sala MBC VW364, iluminação fluorescente, e no seguimento vamos falar da tecnologia proposta para o projeto, neste caso a iluminação LED.

#### 3.3.1 Iluminação existente

As lâmpadas fluorescentes compactas (CFL – Compact Fluorescent Lamp) foram desenvolvidas para tirar partidos desta tecnologia em aplicações que normalmente eram usadas exclusivamente as lâmpadas incandescentes. É uma tecnologia muito usada atualmente na indústria, a nível de iluminação de interiores. Têm uma grande vantagem de não emitir calor, o que torna ideal em sítios muito quentes.

A duração de vida média situa-se entre as 8000 e 12000 horas.

As luminárias utilizadas atualmente na sala *MBC VW364* são as “*ETAP 60φ/90φ E320/258 P1+2*” do fabricante “*ETAP SCHEDER*” com as seguintes características:

- Corrente luminosa (Luminária): 8876 lm
- Corrente luminosa (Lâmpadas): 10000 lm
- Potência luminosa: 110.0 W

- Classificação de luminárias conforme CIE: 93
- Lâmpada (s): 2 x D26mm Fluo 58W (HFW)

### 3.3.2 Iluminação Pretendida

A designação LED resulta das siglas em inglês *Light Emitting Diode* (Díodo emissor de luz). O LED é uma tecnologia que teve nos últimos anos um grande desenvolvimento e muito usado atualmente em todo tipo de iluminação de exterior e interiores. E na indústria na iluminação de interiores está num processo de substituição das lâmpadas fluorescentes.

#### *Vantagens da iluminação LED:*

- Consumo reduzido de eletricidade
- Tempo de vida útil até 50 000h.
- Bom funcionamento a baixa temperatura (até -40° C)
- É uma fonte de luz eficiente para curtas distâncias e áreas.
- Elevada prova de choque contrariando outros tipos de lâmpadas
- Arranque instantâneo a 100% de luz
- Retorno de cores do ambiente com várias combinações

#### *Desvantagens:*

- Elevado custo inicial
- Os semicondutores são sensíveis ao calor e podem ser danificados

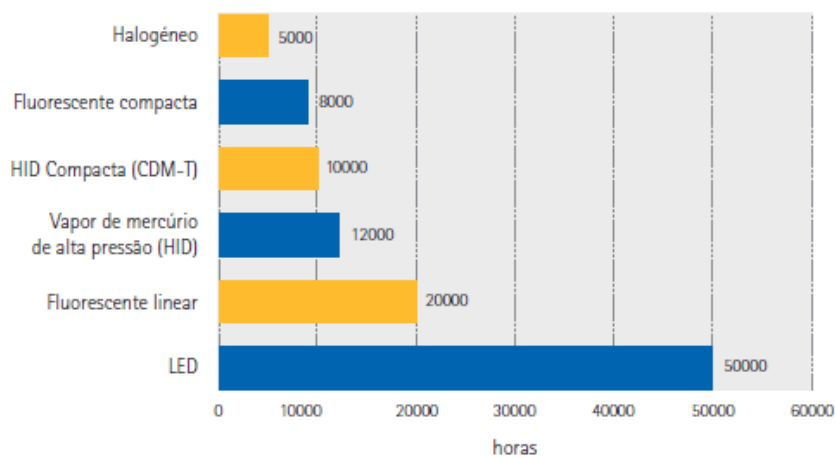


Figura 2 – Valores Típicos de vida útil de várias tecnologias de Iluminação

As luminárias propostas por AN têm que cumprir no mínimo as seguintes características técnicas:

- Corrente luminosa (Luminária): 6198 lm
- Corrente luminosa (Lâmpadas): 6200 lm
- Potência luminosa: 56.0 W
- Classificação de luminárias conforme CIE: 92

#### **4 Situação Atual da Sala MBC VW364**

Neste ponto procedeu-se a uma avaliação da iluminação disponibilizada no local de trabalho, neste caso a sala MBC VW364. Com vista a verificar se os padrões de iluminância se encontravam de acordo com os níveis padrão inscritos nas normas em vigor para as condições de trabalho apresentadas.

O estudo de iluminância foi efetuado no dia 29 de Janeiro de 2016, pela técnica superior de segurança no trabalho, Ana Luísa Branquinho.

Para aferir da conformidade da iluminação disponibilizada com o prescrito no normativo aplicável, realizou-se um levantamento dos valores de iluminância existentes nos locais de trabalho afetos utilizando, para o efeito, um luxímetro digital, modelo TES 1335 da “Roline” com o nº de série 071100422, devidamente calibrado pelo Instituto de Soldadura e Qualidade, tal como expresso no certificado de calibração nº COPT499/14 emitido em Agosto de 2014.

Podemos visualizar os resultados na seguinte figura:

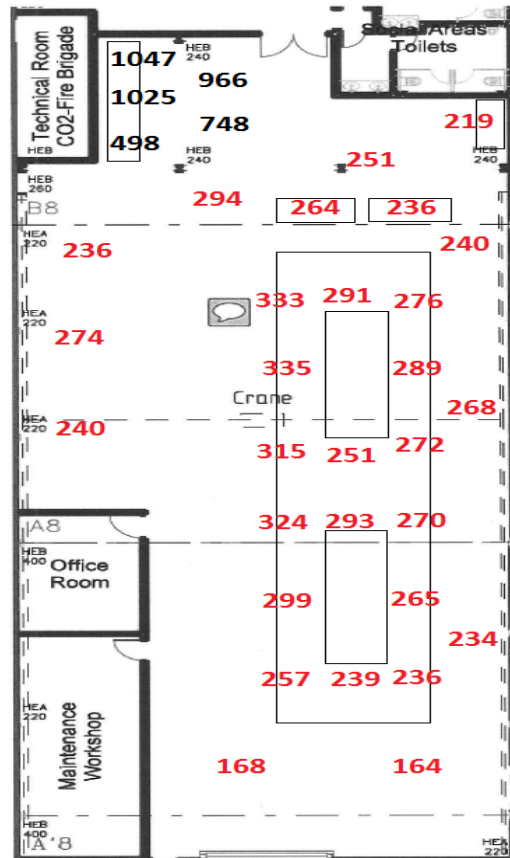


Figura 3 – Valores de iluminância obtidos na sala VW364

Os valores de Iluminância (E) obtidos nos planos afetos na figura anterior com ênfase na zona de trabalho, a cor vermelha não cumprem com os requisitos normativos aplicáveis.

Da avaliação realizada se conclui que existe insuficiência da iluminância disponibilizada nesta sala, principalmente na zona de trabalho onde são efetuadas tarefas de inspeção está efetivamente bastante abaixo dos padrões normativos, que se situa nos 750 lux como referido no ponto 2 (Legislação em Vigor).

## 5. Objetivo

Denotando-se uma insuficiência da iluminância disponibilizada nesta sala, principalmente na zona de trabalho, dever-se-á proceder á instalação de luminárias adicionais, especificamente na área de trabalho onde se executam tarefas de inspeção de modo a atingir os níveis de padrão de iluminância exigidos para o efeito, que se situa nos 750 lux.

Neste caso concreto para a sala MBC VW364 o objetivo é substituir na íntegra todos os equipamentos existentes (21) na sala com tecnologia fluorescente, por equipamentos baseados em tecnologia led, e ainda proceder á instalação de luminárias adicionais na zona de trabalho onde se executam tarefas de inspeção. Das 21 luminárias existentes existem 15 que se encontram atualmente a 7.3m de altura, o objetivo é passar tudo para 5.5 metros de altura, ou seja, todo reforço de iluminação que seja acrescentado e a substituição do existente têm que estar ao mesmo nível.

Deverá ser uma botoneira adicional de 4 botões, uma para controlo de alimentação geral e outro para controlo de 3 zonas de trabalho distintas, neste caso na zona de trabalho que necessita de reforço de iluminação.

Tem que ser também incluído na proposta iluminação de emergência, esta deve garantir 3 lux na área e deve estar sempre ligada. A luminária de emergência que deve ser instalada é uma luminária de emergência do tipo E1 - Luminária de iluminação de Segurança permanente e Autónoma, com lâmpada fluorescente T5 de 14W IP66, com autonomia de uma hora, da marca ETAP K313/14P2, do fabricante ETAP EMERGENCY LIGHTING.

Como nesta sala não existe a possibilidade de adicionar mais luminárias de emergência no Bus, será necessário o fornecimento de um quadro ETAP (TCP/IP).

Na proposta final a documentação a fornecer deve incluir o Eplan e desenhos HLS.

Após conclusão dos trabalhos por parte do AG, este é obrigado a realizar uma avaliação da iluminação, e respetiva apresentação do relatório de avaliação de forma a garantir os 750 lux de iluminância média zona de trabalho onde se realizam tarefas de inspeção.