

INTRODUÇÃO E ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS

No trabalho proposto nesta disciplina de Técnicas de Iluminação, tínhamos como finalidade desenvolver a nossa capacidade de realizar um projecto de iluminação interior utilizando alguns dos actuais métodos de cálculo ao serviço deste tipo de projectos.

Assim, é possível ter contacto com os diferentes métodos, nomeadamente o Método Zonal Britânico, Método das Quatro Zonas, Método do Factor de Utilização, Método por Pontos (método computacional através do programa de cálculo luminotécnico), e adquirir um conhecimento mais vasto em conceitos como encadeamento (Método Europeu), iluminância, fluxo luminoso, em situações nas quais temos de optar entre diferentes tipos de armaduras e balastros considerando os gastos energéticos e económicos.

Nestas últimas décadas, o interesse pelo estudo da iluminação, tem vindo a crescer, devido à justificada importância deste factor no dia-a-dia do ser humano, sendo as boas condições visuais sinónimo de melhores condições físicas e mentais. A iluminação adequada de um determinado espaço reduz a sensação de desconforto visual, aumenta o estado de alerta, minimiza o risco de acidentes, reduz cansaço, além de manter uma boa acuidade visual.

Uma instalação de iluminação tem como objectivo a produção e a utilização da luminosidade. Um projecto de iluminação deve ter em conta um grande número de factores a definir a partir dos dados da realização considerada.

É indispensável que inicialmente se junte o máximo de informação possível sobre a arquitectura e o destino dos sítios a iluminar: dimensão das salas, natureza, composição e factores de reflexão do revestimento das paredes e tectos, as construções especiais consideradas (sancas, nichos, etc.), particularidades da actividade que vai ser realizada e natureza das superfícies de trabalho (mate, brilhante, etc.).

Antes de começar algum cálculo, o autor do projecto tem de ter na sua posse as informações seguintes: a iluminação a definir em função da tarefa visual a realizar; o tipo de iluminação (geral, localizada, etc.); o grau de difusão da iluminação (directo, indirecto ou misto).

Seguem-se de seguida alguns conceitos teóricos bastante básicos e resumidos para se entender minimamente o “meio físico” no qual este trabalho se insere.

A luz que chega a nossos olhos e nos permite ver, é um pequeno conjunto de radiações electromagnéticas de comprimentos de onda compreendidas entre 380 nm e 770 nm.

Quando a luz encontra um obstáculo em seu caminho choca contra a superfície deste sendo uma parte desta luz reflectida. Se o corpo é opaco o restante da luz é absorvido. Se o corpo é transparente, uma parte será absorvida e outra parte atravessará o corpo. Assim sendo teremos três possibilidades:

- Reflexão
- Transmissão-refracção
- Absorção

A *reflexão* é um fenómeno que ocorre quando a luz choca contra uma superfície de separação dos diferentes meios físicos (gases, líquidos ou sólidos) e está regida pela lei da reflexão. A direcção pela qual a luz é reflectida depende do tipo de superfície. Se é uma superfície brilhante ou polida, irá produzir a *reflexão regular* em que toda a luz abandona a superfície numa única direcção. Se a superfície é mate, a

luz é projectada em todas as direcções, então estamos perante a uma *reflexão difusa*. Por último, temos a *reflexão mista*, em que predomina uma direcção sobre as outras. Isto acontece em superfícies metálicas sem polir, papel brilhante, etc...

A *refracção* produz-se quando um raio de luz é desviado da sua trajectória ao atravessar uma superfície de separação entre meios diferentes segundo a lei da refracção. Isto deve-se ao facto da velocidade de propagação da luz em cada um dos meios ser diferente.

A *transmissão* pode-se considerar uma dupla *refracção*. Se pensarmos num cristal, a luz sofre uma primeira refracção ao passar do ar para o vidro, segue seu caminho e volta a sofrer uma refracção ao passar novamente para o ar. Se após este processo o raio de luz é desviado da sua trajectória, diz-se que a *transmissão é regular*. Se ao invés se difunde em todas as direcções, teremos a *transmissão difusa*. Se predomina uma direcção sobre as demais direcções, estamos perante uma *transmissão mista*.

A *absorção* é um processo muito ligado à cor. O olho humano somente é sensível às radiações pertencentes a um pequeno intervalo do espectro electromagnético. São as cores misturadas que formam a luz branca, cada uma com o seu comprimento de onda correspondente.

A luz emitida por uma fonte que chega ao olho e produz uma sensação luminosa não é igual à energia produzida por uma lâmpada. Sendo assim, necessitamos de definir novas magnitudes. Estas são: *fluxo luminoso*, a *intensidade luminosa*, a *iluminância*, *eficiência luminosa* e a *quantidade de luz*.

Define-se como *fluxo luminoso* a potência (W) emitida em forma de radiação luminosa a que o olho humano é sensível. Seu símbolo é ϕ ou F e sua unidade é o lumen (lm). A relação entre watts e lumens chama-se equivalente luminoso da energia e equivale a:

$$1 \text{ Watt-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

Intensidade luminosa é o fluxo luminoso emitido por unidade de ângulo sólido numa direcção concreta. Seu símbolo é I e sua unidade é a candela (cd).

Define-se *iluminância* como o fluxo luminoso recebido por uma superfície. Seu símbolo é E e a sua unidade o lux (lx) que é lm/m^2 .

Luminância é a relação entre a intensidade luminosa e a superfície aparente vista pelo olho numa determinada direcção. O seu símbolo é L e a sua unidade é a cd/m^2 . É importante destacar que só vemos luminâncias, não iluminâncias.

Rendimento luminoso ou *eficiência luminosa* define-se como o quociente entre o fluxo luminoso produzido e a potência eléctrica consumida, indicada nas lâmpadas. Quanto maior for, melhor será a lâmpada, e menos consumirá, pois nem toda a energia eléctrica consumida por uma lâmpada se transforma em luz visível. Uma parte perde-se por dissipação de calor e outra em forma de radiação não visível (infravermelho ou ultravioleta), etc. A unidade é lumen por watt (lm/W).

Quantidade de luz, tal como o nome indica, é o fluxo luminoso que emite durante um certo período de tempo. O seu símbolo é Q e a sua unidade é o lumen-segundo (lm.s).

O *encadeamento* é uma sensação de desconforto que ocorre quando a luminância de um objecto é muito maior do que a luminância de todo o campo visual. É o que ocorre quando olhamos directamente para uma lâmpada ou quando olhamos o reflexo do sol na água.

Existem duas formas de encadeamento, o *perturbador* e o *desconfortável*. O primeiro consiste na aparição de um feixe luminoso que provoca uma visão enevoada, sem nitidez e com pouco contraste, que desaparece assim que a causa termine. O segundo consiste numa sensação de desconforto provocada porque a luz que chega aos nossos olhos é demasiado intensa produzindo fadiga visual. Esta é a principal causa dos encadeamentos em interiores.

Podemos produzir encadeamento de duas maneiras. A primeira por observação directa de fontes de luz, enquanto que a segunda é por observação indirecta ou reflectida das fontes.

Estas situações são muito desconfortáveis para os utilizadores. As medidas que podemos adoptar passam por ocultar as fontes de luz do campo de visão utilizando revestimentos nas lâmpadas, acabamentos mates nas paredes, tectos, no solo, assim como evitar fortes contrastes de luminâncias.

OBJECTIVOS

Através da planta fornecida de um piso de um edifício, neste caso do 3º piso do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, fornecida à escala 1/1000:

- Calcular a instalação de iluminação para um dos compartimentos de maior área indicado, pelos diferentes métodos de cálculo estudados: o método de factor de utilização, método BZ, método das 4 zonas; e através de um programa de cálculo (no nosso caso decidimos utilizar o WinElux 2.1, por nos sentirmos mais à vontade com o seu interface de trabalho, apesar de o mesmo não nos colocar à disposição os fluxos de intensidade para as diferentes zonas). Comentar os resultados obtidos nos diferentes casos.

- Efectuar uma avaliação dos aspectos qualitativos da iluminação.

- Dimensionar a instalação de iluminação normal, de emergência e de sinalização de saídas, através do programa de cálculo, para os outros compartimentos e locais de passagem, utilizando as armaduras adequadas a cada situação.

- Efectuar um estudo de custos da instalação, considerando as hipóteses de emprego de balastros normais e comando por aparelhagem de manobra ou de balastros electrónicos e comando por detectores de movimento, células fotoeléctricas, ou outro equipamento de controlo automático, nas situações que o justifiquem.

- Propor um esquema de comando da iluminação dos compartimentos individuais e dos locais comuns e de passagem, dimensionando os circuitos e traçando os esquemas unifilares dos mesmos e dos respectivos quadros eléctricos, considerando que a solução final deverá permitir facilidade de exploração, não descurando a poupança de energia.

- Finalmente, elaborar um relatório no qual constem os cálculos efectuados e a justificação das soluções adoptadas, bem como os resultados obtidos e as características dos equipamentos utilizados em cada uma das situações. Verificar se os valores de potência por área não ultrapassam os valores limite recomendados para os diferentes tipos de local, no que diz respeito à eficácia da instalação de iluminação.

MATERIAL UTILIZADO

- Programa luminotécnico WinElux 2.1
- Programa de desenho técnico AutoCAD 2006
- Folha de cálculo Excel

PROJECTO

Neste projecto de uma instalação eléctrica, estavam presentes diversos factores que iriam condicionar a qualidade da iluminação:

- O nível de iluminância obtido teria de ser adequado à utilização do ambiente a iluminar.
- As lâmpadas e as armaduras a utilizar teriam de ser utilizadas adequadamente tendo em conta o factor economia.
- Nos planos a iluminar, distribuição de luz uniforme.
- Reprodução da cor correcta tendo em conta os objectos e ambiente.
- Menor desconforto possível para os utilizadores.
- Garantia dentro de limites aceitáveis de encandeamento, de acordo com valores tabelados para cada tipo de local.

Sendo assim, escolhemos como tipo de iluminação, *iluminação semi-directa*, de modo a adequar-se ao tipo de utilização dos compartimentos, trabalhos de escritório e laboratório. Neste tipo de iluminação, a maior parte do fluxo luminoso, dirige-se directamente para o plano de trabalho, e uma pequena parte atinge a mesma superfície, através da reflexão em tectos e paredes. As sombras acabam por ser mais suaves do que na iluminação directa e reduz-se assim o encandeamento.

De modo a obter uma iluminação do tipo *semi-directa*, basta que as armaduras estejam dotadas de um material difusor adequado, o que irá existir.

No que se refere ao tipo de lâmpada, escolhemos lâmpadas fluorescentes, devido às vantagens que estas apresentavam para os tipos de tarefas a executar.

Quanto ao tipo de lâmpada, a escolha recaiu sobre a lâmpada fluorescente, devido às vantagens que esta apresentava para o tipo de tarefa a executar.

Na cor da luz da lâmpada fluorescente, escolhemos o tipo branco, com temperatura de cor, 4200K, sendo esta temperatura de cor inferior à luz do dia. Tem a vantagem de passar despercebida quer com a luz natural, quer com a luz de lâmpadas de incandescência (algumas secretárias poderão ter candeeiros deste tipo).

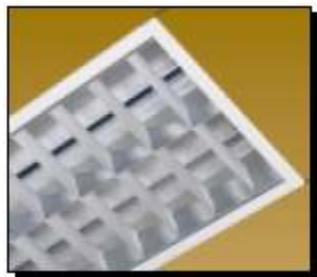
Em relação aos níveis de iluminação recomendados para um determinado local, dependem das actividades que se iram realizar nesses compartimentos.

Em zonas de passagem, ou locais pouco utilizados, iluminância entre 50 e 200 lx; zonas de trabalho e locais de uso frequente, iluminâncias elevadas entre 200 e 1000 lx; locais onde se realizam tarefas visuais com um elevado grau de detalhe, níveis de iluminância muito elevados, mais de 1000 lx.

Quanto ao nível de iluminância média, o valor adoptado foi 500 lux, visto ser o recomendado pelas normas gerais para o tipo de tarefa visual. Este valor foi atingido levando em consideração a uniformidade, na qual se conseguiu atingir um valor superior aos 70% obrigatórios.

LUMINÁRIAS UTILIZADAS

TFA 07 236:

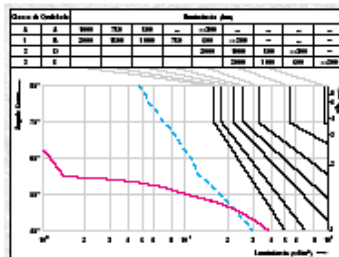
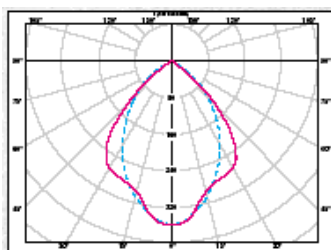


TFA 07 236

APLICAÇÃO: Escritórios, lojas, decoração e usos gerais.

ÓPTICA: Reflectores planos em alumínio matem, com elevado coeficiente de reflexão.

EXECUÇÃO: Armadura em chapa de aço macio, estampada, com tratamento prévio anticorrosivo de alta qualidade. Perfil de desenho tradicional, com termolacagem electrostática em resina epoxy-poliéster de cor branca, com aditivo contra o envelhecimento provocado pela radiação U.V.

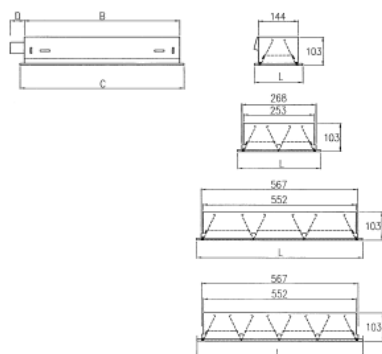


Fotometrias

ELECTRIFICAÇÃO: Versões para lâmpadas fluorescentes lineares, casquilho G13. Electrificação para 230V / 50Hz indutivo. Possível instalação de condensador de correcção de factor de potência. Outro tipo de electrificação possível sob consulta.

CLASSE I IP 20

Fio Incandescente: 850°C

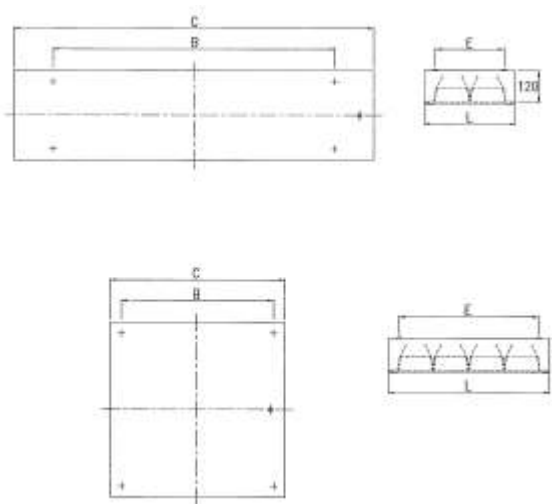


Dimensões da armadura

HLCV 02 258



HLCV 02 258



Dimensões da armadura

Referências	Lâmpadas	Dimensões (mm)				Rendimento %
		C	L	B	E	
HLCV 02 258	2x58W	1580	320	1000	240	49

APLICAÇÃO: Ambientes assépticos, blocos operatórios, laboratórios.

ÓPTICA: Reflectores parabólicos em alumínio mate, com elevado coeficiente de reflexão. Aro em alumínio extrudido e anodizado, fixo por 4 parafusos, com junta vedante para garantir a estanqueidade, e equipado com:

HLCV – vidro temperado transparente;

HLCP – difusor em policarbonato transparente.

EXECUÇÃO: Armadura em chapa de zinco, com tratamento prévio anticorrosivo de alta qualidade. Termolacagem electrostática em resina epoxy-poliéster de cor branca, com aditivo contra o envelhecimento provocado pela radiação U.V. Bucins PG11 e PG13,5 incorporados.

ELECTRIFICAÇÃO: versões para lâmpadas fluorescentes lineares, casquilho G13. Electrificação para 230V/50Hz indutivo. Possível instalação de correcção de factor de potência.

RENDIMENTO: 49%

CLASSE I IP 65

Fio Incandescente: 960°C

GSP 01 138



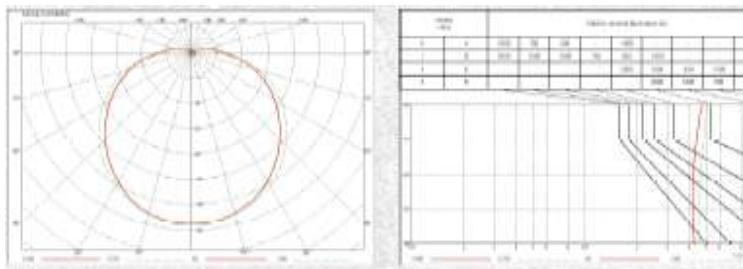
GSP 01 138

APLICAÇÃO: Luminárias de larga aplicação em cozinhas, zonas de circulação, W.C. e varandas. Com formato quadrado estas luminárias de aplicação saliente podem ser semi-embebidas no tecto com o auxílio de acessório apropriado.

ÓPTICA: A óptica é constituída por difusor:

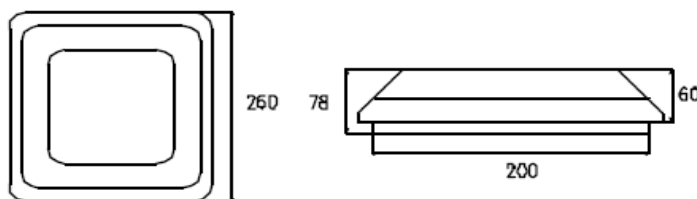
GSD policarbonato
injectado opalino;

GSP policarbonato
injectado semi-opalino;
Luminárias de duplo
isolamento.



Fotometrias

ELECTRIFICAÇÃO:
Luminárias para uma lâmpada fluorescente do tipo 2D, casquilho GR10q-4 pinos e G-23. Balastro de perdas reduzidas.



Dimensões das armaduras (mm)

CLASSE II IP 54

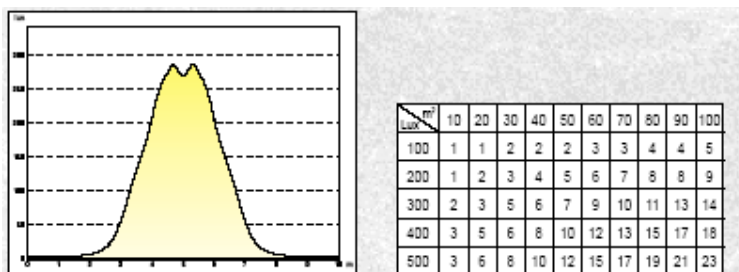
Rendimento: 41.2%

Fio
960°C

DKG590 226



DKG590 226



Número de "Downlights" por área e por nível
de iluminância pretendido

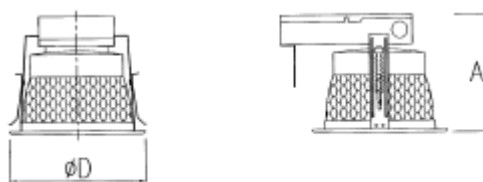
APLICAÇÃO: Lojas, auditórios, exposições, decoração e usos gerais.
ÓPTICA: Reflector facetado em alumínio especular vaporizado, com elevado coeficiente de reflexão. **DKG560** e **DKG590** com grelha de 6 e 4 favos, respectivamente, em alumínio especular.

EXECUÇÃO: Alojamento dos acessórios em chapa de zinco. Aro em chapa de aço macio, com termolacagem electrostática em resina epoxy-poliéster de cor branca, com aditivo contra o envelhecimento provocado pela radiação U.V.

ELECTRIFICAÇÃO: Versões para lâmpadas fluorescentes compactas, casquilho G24d. Electrificação para 230V / 50Hz indutivo. Possível instalação de condensador de correcção de factor de potência.

Rendimento: 68%

CLASSE I **IP 20**



Dimensões da armadura

A=205mm

D=295mm

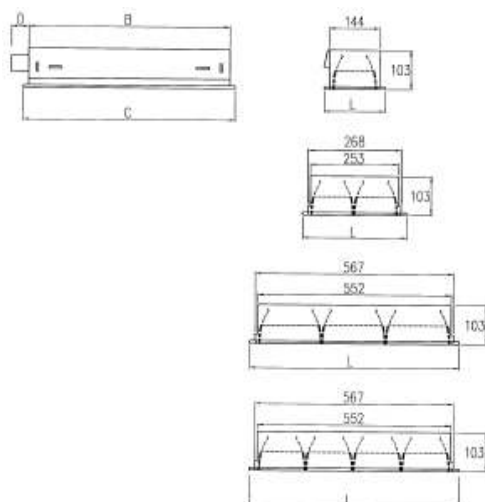
TFU 06 418



APLICAÇÃO: Escritório, lojas, decoração e usos gerais.

ÓPTICA: Reflectores parabólicos em alumínio especular, com elevado coeficiente de reflexão.

TFU 06 318



EXECUÇÃO: Armadura em chapa de aço macio, estampada, com tratamento prévio anticorrosivo de alta qualidade. Perfil de desenho tradicional, com termolacagem electrostática em resina epoxy-poliéster de cor branca, com aditivo contra o envelhecimento provocado pela radiação U.V.

ELECTRIFICAÇÃO: Versões para lâmpadas fluorescentes lineares, casquilho G13. Electrificação para 230V / 50Hz indutivo. Possível instalação de condensador de correcção de factor de potência.

RENDIMENTO: 65%

CLASSE I IP 20

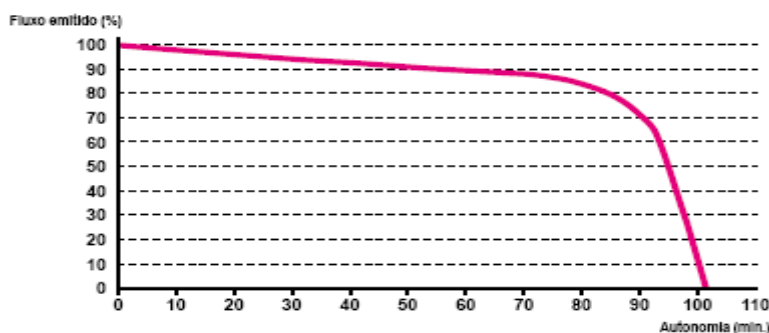
Dimensões

		Dimensões (mm)				Rendimento %
Referências	Lâmpadas	C	L	B	D	
TFU 06 418	4x18W	597	597	567	50	65

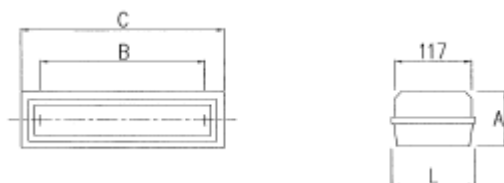
Iluminaria de Emergência (sinalização)



ELI 02 8NM / 90m



CURVA DE DEPRECIAÇÃO DO FLUXO LUMINOSO
DE UMA LÂMPADA DE 8W



Dimensões da luminária

APLICAÇÃO:
Iluminação de emergência mantida ou não mantida.

ÓPTICA: Difusor em acrílico transparente. Reflector interior em chapa de aço termolacada, que tem também por função suportar os componentes eléctricos. Possível aplicação de pictogramas no difusor, um com a palavra SAÍDA e outro com o símbolo.

EXECUÇÃO: Base em polyester, reforçado com fibra de vidro. Junta vedante de neopreno. Fecho do difusor através de parafusos. Possível aplicação de buçim PG11.

ELECTRIFICAÇÃO:
Versões para lâmpadas fluorescentes lineares, de 8W, casquilho G5. Electrificação para 230V / 50Hz indutivo. Alimentação de emergência através de bateria NiCd com autonomia de 90 minutos, de 6V e 1,7A/h

CLASSE I IP 65

DADOS DO PISO

Divisões	Comp. (m)	Larg. (m)	Altura (m)	P.T. (m)	f.m.	ρ_{parede} (%)	ρ_{tecto} (%)	$\rho_{\text{P.T.}}$ (%)	E _{med.} (lx)	Luminárias
Gab1	4,5	3,6	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab2	5,8	5	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab3	5	2,7	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab4	5	3,3	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab15	7,4	3,3	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab16	4,55	3,15	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab17	4	2,4	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab18	4,65	2,8	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab19	5,4	2,85	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Gab20	5,8	4,15	2,7	0,85	1,25	30	70	10	500	TFA 07 236
Lab1	10	8	3	0,85	1,25	30	70	10	500	HLCV 03 258
Anexo Lab1	3,4	2,5	3	0,85	1,25	30	70	10	150	GSP 01 138
Lab2	11,95	6,95	3	0,85	1,25	30	70	10	500	HLCV 03 258
Sala Lab2	4,18	2,5	3	0,85	1,25	30	70	10	500	HLCV 03 258
Anexo Lab2	6	2,5	3	0,85	1,25	30	70	10	150	TFA 07 236
Lab3	15,4	6,95	3	0,85	1,25	30	70	10	500	HLCV 03 258
Entrada WC	3,55	1,4	2,7	0,85	1,25	30	70	10	150	GSP 01 138
WC Feminino	1,95	1,15	2,7	0,85	1,25	30	70	10	125	GSP 01 138
WC Masculino	4,25	3,6	2,7	0,85	1,25	30	70	10	125	GSP 01 138
Átrio	7,4	5,8	2,7	0,85	1,25	30	70	10	200	DKG590 226
Corredor Grande	36	1,75	2,7	0,85	1,25	30	70	10	150	TFU 06 418
Transversal Corredor Grande	3,2	1,4	2,7	0,85	1,25	30	70	10	150	TFU 06 418
Corredor Pequeno	9,9	1,4	2,7	0,85	1,25	30	70	10	150	TFU 06 418
Escadas Grandes	2,95	1,5	2,7	0,85	1,25	30	70	10	100	GSP 01 138
Escadas Pequenas	2,5	1,6	2,7	0,85	1,25	30	70	10	100	GSP 01 138
Anexo Quadro	3	2,24	2,7	0,85	1,25	30	70	10	150	GSP 01 138

RESULTADOS DO PROJECTO

Divisões	Nº de Luminárias	E _{máx}	E _{méd}	E _{mín}
Gab1	3	935,0	457,4	131,2
Gab2	6	875,7	536,8	195,2
Gab3*	3	864,7	505,8	193,4
Gab4**	3	857,0	447,3	140,7
Gab15	6	861,7	588,3	250,9
Gab16	4	814,2	619,6	290,4
Gab17	3	1049,7	643,0	282,3
Gab18	3	919,9	525,1	197,2
Gab19	3	801,2	460,0	161,9
Gab20	6	857,2	614,6	268,1
Lab1	11	697,3	547,4	250,5
Anexo Lab1	3	246,0	183,7	115,5
Lab2	12	693,0	530,8	237,4
Sala Lab2	2	695,7	536,0	254,6
Anexo Lab2	4	735,1	523,0	248,6
Lab3	15	677,9	519,6	242,2
Entrada WC	3	258,0	218,1	161,3
WC Feminino	2	247,4	220,8	184,0
WC Masculino	4	260,2	161,3	61,8
Átrio	6	300,9	210,6	95,8
Corredor Grande	9	202,5	167,6	131,8
Transversal Corredor Grande	1	191,7	157,9	116,4
Corredor Pequeno	3	232,9	190,9	124,6
Escadas Grandes	2	115,2	103,9	87,7
Escadas Pequenas	2	121,6	110,5	95,0
Anexo Quadro	2	179,2	140,0	92,3

Os restantes gabinetes não entram nestes cálculos, pois acabam por ser muito semelhantes aos seguintes, logo o número de armaduras são iguais:

*Gab6, Gab7, Gab10, Gab11 e Gab14

**Gab5, Gab8, Gab9, Gab12 e Gab13

Encontram-se em anexo, os resultados fotométricos mais pormenorizados, das divisões e em especial pormenor com variados tipos de resultados e cálculos o laboratório 3.

CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Procedemos aos cálculos luminotécnicos de uma divisão, neste caso o laboratório 3 (Lab3), para isso utilizamos os seguintes métodos:

- Método Factor de Utilização
- Método Zonal Britânico (BZ)
- Método das 4 Zonas

Método do Factor de Utilização

Este método de cálculo rápido é aplicado para iluminação geral, quando temos em conta reflexões difusas sobre as paredes e eventualmente sobre tectos, e para os locais cujo índice de forma (K) está compreendido entre 0,5 e 5.

Este método só é aplicável quando as seguintes hipóteses, forem cumpridas:

- O local for paralelepípedo e fechado;
- As suas paredes forem perfeitamente difusoras e com factor de reflexão uniforme;
- O plano de trabalho a iluminar for horizontal;
- As armaduras têm de ser do mesmo tipo, colocadas regularmente no local e em quantidade suficiente;
- A distribuição da intensidade luminosa das armaduras deve ter um eixo ou um plano de simetria verticais;

A finalidade deste método é calcular o valor médio em serviço da iluminância num local iluminado com iluminação geral. Torna-se bastante prático e fácil de usar, sendo muito utilizado para projectos de interiores quando a precisão não é muito elevada.

Dados:

Comprimento: $a = 15,4m$

Largura: $b = 6,95m$

Área: $S = 107,03m$

Altura de montagem: $h' = 0m$ (tecto falso)

Altura total: $H_t = 3m$

Altura do plano útil de trabalho: $h_{PT} = 0,85m$

Coeficiente de reflexão do tecto: $\rho_p = 70\%$

Coeficiente de reflexão das paredes: $\rho_m = 30\%$

Coeficiente de reflexão do plano de trabalho: $\rho_{PT} = 10\%$

Nível de luminância média, depende do tipo de actividade a realizar na divisão, estando este valor tabelado, neste caso: $E_{med} = 500lx$

O tipo de armadura é a HLCV 03 258, com rendimento $\eta = 49\%$, lâmpadas fluorescentes $2 \times 58W$, fluxo luminoso $5200lm$.

Começamos por calcular o índice de forma do local:

$$K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{15,4 \times 6,95}{(3 - 0,85) \times (15,4 + 6,95)} = 2,227 \approx 2,23$$

Sendo $h = H_t - h_{PT}$

Com este valor, e com os valores dos coeficientes de reflexão, determinamos o factor de utilização (U), que se encontra tabelado, sendo estas tabelas fornecidas

pelo fabricante das luminárias. Como não nos foi possível obter este valor por leitura directa, interpolamos, e assim determinámos:

$U = 0,3390$, mas, como este valor foi retirado de uma tabela com um rendimento diferente da luminária utilizada (38%), procedemos à respectiva correcção do mesmo:

$$U = 0,3390 \times \frac{49\%}{38\%} = 0,437$$

Com o aumento da sujidade ambiental e a frequência de limpeza do local, obtemos um coeficiente chamado factor de manutenção:

$f.m. = 1,25$ (utilizado no programa WinElux 2.1)

$\delta = 0,8$ (utilizado nos cálculos luminotécnicos)

De seguida procedemos ao cálculo do fluxo luminoso necessário (F_t):

$$F_t = \frac{E_{méd} \times S}{U \times \delta} = \frac{500 \times 107,03}{0,437 \times 0,8} = 153029lm$$

Com este, podemos calcular o número de armaduras a instalar:

$$N_a = \frac{F_t}{F_a} = \frac{153029}{2 \times 5200} = 14,7 \text{ armaduras} \Rightarrow 15 \text{ armaduras}$$

F_a : fluxo emitido por armadura

Observando a divisão rectangular, as luminárias vão-se repartir de uma forma uniforme em filas paralelas aos eixos de simetria do local, e paralelas às janelas, logo, rapidamente se chega à conclusão que estas, vão estar dispostas em 3×5 (3 filas, cada uma com 5 luminárias).

Para sabermos, a distância a que cada luminária e fila vão ficar umas das outras, calculámos:

Iluminação *semi-directa*: $1,50 \times h$ (Espaçamento, e)

Distância máxima entre armaduras: $(3 - 0,85) \times 1,5 = 3,225m$

Logo: $\frac{b}{n^\circ \text{ filas}} = \frac{6,95}{3} = 2,31m$: distância entre filas

E, $\frac{a}{\text{armaduras} / \text{fila}} = \frac{15,4}{4} = 3,85m$: distância entre armaduras.

Estas distâncias foram calculadas sem serem consideradas as dimensões reais das armaduras, em "pontos centrais".

$$e_{médio} = \frac{2,31 + 3,08}{2} = 2,69m < 3,225m$$

Como o espaçamento médio é inferior ao espaçamento máximo permitido, fica assegurada a boa uniformidade pretendida.

E assim chegámos à conclusão de que, a iluminância média obtida para a instalação é aproximada à recomendada.

Iluminância média de exploração:

$$E_e = \frac{F_t \times U \times \delta}{S} = \frac{15 \times 2 \times 5200 \times 0,437 \times 0,8}{107,03} = 509,55lx$$

Sendo a iluminância média inicial,

$$E_i = \frac{F_t \times U}{S} = \frac{15 \times 2 \times 5200 \times 0,437}{107,03} = 636,94lx$$

Método Zonal Britânico (BZ)

Este método, além de satisfazer qualquer método de cálculo de factores de utilização, ainda satisfaz os seguintes requisitos:

- É aplicável a tectos luminosos;
- Os dados são tabelados e apresentados de forma a simplificar a interpolação;
- Fornece uma orientação para o cálculo do quociente efectivo $\frac{e}{h} = \frac{\text{espaçamento}}{h_{\text{montagem}}}$

para disposições não quadradas das armaduras e para fontes lineares.

Este método apresenta como grande vantagem, a não utilização de uma tabela completa para cada armadura utilizada (Método Factor de Utilização), assim a tabela de referência é escolhida por cálculo. Ainda oferece também, a possibilidade de calcular um índice de encadeamento.

Temos o $K = 2,22$

Pelo facto de não possuímos o catálogo do fabricante de armaduras, para podermos conhecer a classe BZ da armadura, admitimos então que esta pertence a uma das BZ5 a BZ10 para as quais $\frac{e}{h} = 1,5$.

Procedemos então, ao cálculo da razão directa, que se obtém através da seguinte tabela:

Cálculo da razão directa					
e/h=1,5			k=2,22		
Zona (graus)	Im (cd)	Ângulo Sólido Δw	Fluxo zonal (Im)	Mult Zona	Fluxo directo
0° - 10°	167,3	0,095	15,90	1,00	15,89
10° - 20°	179	0,284	50,84	1,00	50,84
20° - 30°	185,63	0,463	85,94	1,00	85,95
30° - 40°	153,43	0,628	96,35	0,95	91,54
40° - 50°	99,75	0,774	77,21	0,69	53,27
50° - 60°	33,27	0,897	29,85	0,58	17,32
60° - 70°	2	0,993	1,986	0,47	0,9334
70°-80°	0,35	1,058	0,3703	0,15	0,0555
80° - 90°	0,13	1,091	0,1364	0,00	0,00
		F_b	358,572	F_d	315,78

O quociente entre o fluxo directo e o fluxo hemisférico inferior dá-nos a razão directa:

$$R_d = \frac{F_d}{F_b} = 0,88066$$

Chegámos assim a uma razão directa de 0,88. Se observarmos o diagrama de referência (em função do índice de forma e da razão directa), verificamos que a nossa armadura não se encontra entre as classes consideradas. Consultando o mesmo diagrama, chegámos a conclusão que a nossa armadura pertence à classe BZ2 à qual corresponde o quociente $\frac{e}{h} = 1$.

Procedemos então ao novo cálculo da razão directa:

Cálculo da razão directa					
e/h=1			k=2,22		
Zona (graus)	Im (cd)	Ângulo Sólido Δw	Fluxo zonal (lm)	Mult Zona	Fluxo directo
0° - 10°	167,3	0,095	15,90	1,00	15,89
10° - 20°	179	0,284	50,84	1,00	50,84
20° - 30°	185,63	0,463	85,94	0,96	82,50
30° - 40°	153,43	0,628	96,35	0,78	75,15
40° - 50°	99,75	0,774	77,20	0,71	54,82
50° - 60°	33,27	0,897	29,85	0,64	19,10
60° - 70°	2	0,993	1,986	0,45	0,8937
70° - 80°	0,35	1,058	0,3703	0,15	0,0555
80° - 90°	0,13	1,091	0,1364	0,00	0,00
		F_b	358,572	F_d	299,26

$$R_d = 0,83458$$

De seguida obtivemos por interpolação a utilância inferior: $u_i = 0,89$

Assim podemos calcular o factor de utilização:

$$U = u_i \times \eta_i + u_s \times \eta_s = 0,89 \times 0,49 + 0 = 0,4361$$

$u_s \times \eta_s = 0$, Pois as reflexões para o tecto por parte das armaduras são desprezadas, logo as mesmas armaduras estão a emitir para o chão e para as paredes laterais.

Cálculo do número de armaduras:

$$N_a = \frac{E_{\text{méd}} \times S}{F_a \times U \times \delta} = \frac{500 \times 107,03}{2 \times 5200 \times 0,43 \times 0,8} = 14,95 \approx 15 \text{ armaduras}$$

Concluindo desta forma, o nível de iluminância no local:

$$E_e = \frac{n \times F_a \times U \times \delta}{S} = \frac{15 \times 2 \times 5200 \times 0,43 \times 0,8}{107,03} = 501,4 \text{ lx}$$

No início da exploração,

$$E_i = \frac{E_e}{\delta} = \frac{501,4}{0,8} = 626,75 \text{ lx}$$

Concluimos então que os valores do número das armaduras e do nível da iluminância no local são aproximados aos recomendados.

Método das 4 Zonas

Este método permite calcular a iluminância média do plano de trabalho e também a iluminância média do tecto e das paredes.

As iluminâncias do tecto e paredes permitem fazer uma ideia sobre o ambiente luminoso do local, permitindo desta forma servir para avaliações de conforto. O único fluxo directo que é necessário calcular é o fluxo directo sobre o plano de trabalho, a partir do fluxo emitido pela armadura em apenas 4 zonas.

Este método é relativo às instalações de iluminação realizadas com armaduras tendo:

- Um eixo de simetria vertical e uma repartição sensivelmente simétrica da intensidade luminosa em relação a este eixo;
- Uma implantação simétrica em relação aos eixos de simetria do local e tal que os centros fotométricos formem malhas rectangulares iguais tendo lados paralelos aos lados do local;

Tal como no método de Factor de Utilização, os locais devem paralelepípedicos e fechados e as superfícies perfeitamente difusoras e com factores de reflexão uniformes.

Considera-se um certo número de repartições do fluxo luminoso definindo classes que representam as armaduras utilizadas.

As armaduras de iluminação directa são caracterizadas pelos fluxos $F'1$, $F'2$, $F'3$ e $F'4$, que conduzem aos valores relativos $F''1$, $F''2$, $F''3$ e $F''4$:

$$F''1 = \frac{F'1}{F'} \times 1000 \quad F''2 = \frac{F'2}{F'} \times 1000$$
$$F''3 = \frac{F'3}{F'} \times 1000 \quad F''4 = \frac{F'4}{F'} \times 1000$$

Os fluxos $F'1$, $F'2$, $F'3$, $F'4$ e F' são calculados:

Zona	Graus	Int.(cd)	$F' I = \frac{\pi}{6} \times \sum I_m$
Ângulo sólido 0- $\pi/2$	15,5	179,49	263,822
	29	180,74 5	
	38,1	143,62 9	
Ângulo sólido $\pi/2$ - π	44,5	103,53 7	94,7069
	51,3	55,2	
	57,5	22,14	
Ângulo sólido π - $3/2\pi$	62,4	6,68	4,3081
	68	1,13	
	73,3	0,418	
Ângulo sólido $3/2\pi$ - 2π	77,7	0,229	0,22619
	82,8	0,136	
	87,9	0,067	
Hemisfério superior: 2π	92,5	0	A armadura não emite luz para o hemisfério superior
	101,5	0	
	103,6	0	
	114,6	0	
	120	0	
	125,7	0	
	139,8	0	
	143,2	0	
	162,9	0	
Fluxo Total emitido pela armadura*			363,0639

* Os valores apresentados nesta tabela referem-se à armadura HLBP 04 236, possuindo esta, um fluxo luminoso de 3350 lm, que nos foi facultada pelo docente, pois a que nós utilizámos estava indisponível. No nosso trabalho foi utilizada armadura HLCV 03 258, que possui uma intensidade luminosa de 5200 lm. Os resultados contudo, devem ser aproximadamente iguais.

A intensidade é determinada:

$$I_m = \frac{I_0 + 2 \times I_{45} + I_{90}}{4}$$

O fluxo total emitido pela armadura: $F_t' = F_1' + F_2' + F_3' + F_4'$.

Todavia, a armadura, para ser classificada, necessita de um índice que será verificado através de uma tabela. Esse índice é determinado a partir dos fluxos relativos por cada zona F_1'' , F_2'' , F_3'' e F_4'' :

$$F_1'' = 1000 * \frac{F_1'}{F_t'} = 726,6560$$

$$F_2'' = 1000 * \frac{F_2'}{F_t'} = 260,8548$$

$$F_3'' = 1000 * \frac{F_3'}{F_t'} = 11,8661$$

$$F_4'' = 1000 * \frac{F_4'}{F_t'} = 6,2301$$

Valores para os fluxos parciais acumulados foram:

Fluxos relativos	
F1''=	72 6,6560
F2''=	26 0,8548
F3''=	11, 8661
F4''=	6,2 301
F1''=	72 6,6560
F1''+F2''=	98 7,5108
F1''+F2''+F3'' =	99 9,3769
F1''+F2''+F3'' +F4''=	99 9,3769

Assim, conseguimos determinar a classe da armadura através dos fluxos parciais acumulados F_1'' , $F_1''+F_2''$, $F_1''+F_2''+F_3''$, que permitem após o cálculo, conhecer a classe da armadura escolhida, por intermédio da tabela III.

Depois dos cálculos efectuados e recorrendo a tabela III, obtivemos a classe da armadura utilizada, que no caso em estudo (HLCV 03 258) se constatou pertencer à classe B.

Com este método determinou-se o rendimento da armadura através do fluxo total emitido por 1000 lm do fluxo instalado e chegámos ao valor de 36,3%, que não corresponde ao rendimento dado pelo fabricante, devido aos factos já mencionados. Com estes dados podemos afirmar que a armadura é do tipo 0,36 B.

Em seguida calculámos as características geométricas da instalação, por intermédio das fórmulas que se seguem:

- Índice de forma do local: $k = \frac{a \times b}{h(a + b)}$

- Índice de malha: $k_m = \frac{2mn}{h(m + n)}$

- Índice de proximidade: $k_p = \frac{ap + bq}{h(a + b)}$

- A razão de suspensão: $j = \frac{h'}{h + h'}$

a = comprimento da divisão = 15,04 m

b = largura da divisão = 6,95m

h = altura das armaduras acima do plano de trabalho = 3m-0,85m=2,15m

h' = altura de suspensão = 0m

m = distância entre armaduras numa fileira de armaduras = 3,08m

n = distância entre fileiras de armaduras = 2,32m

p = distância entre a parede e a última armadura de uma fileira = 1,5m

q = distância entre uma armadura de uma das fileiras mais próximas da parede e a parede = 1,16m

Substituindo os dados chegámos aos valores pretendidos. Como as armaduras são para aplicações em tectos falsos e não em suspensão, a razão de suspensão é nula.

K	2,22
K_m	1,23
K_p	0,648
J	0

Seguidamente determinamos o fluxo relativo directo sobre o plano de trabalho F_u'' através de interpolações múltiplas, sendo estas duas próximas tabelas construídas recorrendo às tabelas IV:

K=2					
Com $k_m=1$		Com $k_m=1,5$		Com $k_m=1,23$	
$k_p=0,5$	832	$k_p=0$	517	$k_m=1$	860,12
$k_p=1$	927	$k_p=0,75$	878	$k_m=1,5$	828,904
$k_p=0,648$	860,12	$k_p=0,648$	828,904	$k_p=1,23$	852,63

K=2,5					
Com $k_m=1$		Com $k_m=1,5$		Com $k_m=1,23$	
$k_p=0,5$	865	$k_p=0$	584	$k_m=1$	888,39
$k_p=1$	944	$k_p=0,75$	895	$k_m=1,5$	769,77
$k_p=0,648$	888,39	$k_p=0,648$	769,77	$k_p=1,23$	833,83

Valor obtido para F_u'':	
$k=2$	852,63
$k=2,5$	833,83
$k=2,22$	844,36

Finalmente, procedemos ao cálculo das iluminâncias médias totais, isto é, as iluminâncias directas aumentadas da parte relativa às reflexões internas:

E_1 = iluminância média total do tecto;

E_2 = iluminância média total da parte superior das paredes;

E_3 = iluminância média total das paredes;

E_4 = iluminância média total do plano de trabalho.

A iluminância total é igual à soma das iluminâncias devidas às duas armaduras fictícias, de iluminação directa (E_{ni}) e de iluminação indirecta (E_{ns}). No caso em estudo a iluminação indirecta é nula, logo a iluminância total irá ser igual à iluminância directa ($E_n = E_{ni}$).

Os valores das iluminâncias em iluminação directa obtêm-se pelas expressões:

$$E_{1d} = E_{2d} = \frac{N \times F_a \times \eta \times \delta}{1000 \times a \times b} \times (R_1 F_u'' + S_1)$$

$$E_{3d} = \frac{N \times F_a \times \eta \times \delta}{1000 \times a \times b} * (R_3 F_u'' * S_3)$$

$$E_{4d} = \frac{N \times F_a \times \eta \times \delta}{1000 \times a \times b} * (R_4 F_u'' * S_4)$$

Com:

N = Número de armaduras da instalação

F_a = Fluxo total das lâmpadas de uma armadura

η_i = Rendimento da armadura fictícia directa

F_u'' = Fluxo relativo directo sobre o plano de trabalho

a = Comprimento da divisão

b = Largura da divisão

δ = Factor de manutenção

$R_1, R_3, R_4, S_1, S_3, S_4$ = dados pela tabela V, para as diferentes classes, em função dos parâmetros do local.

Como referimos, da tabela V retirámos os valores correspondentes aos coeficientes R e S, tendo em consideração os coeficientes de reflexão:

K=2					
R1	S1	R3	S3	R4	S4
-0,064	136	-1,07	1132	0,854	185

K=2,5					
R1	S1	R3	S3	R4	S4
-0,065	143	-1,324	1390	0,846	198

K=2,22					
R1	S1	R3	S3	R4	S4
-0,06444	139,08	-1,182	1245,52	0,85	190,72

Por fim, efectuamos o cálculo das iluminâncias directas:

E1	48,38
E2	48,38
E3	141,4

	0
E4	519,0 4

Assim, considerando o número de 15 armaduras calculado pelo WinElux, podemos concluir que a iluminância pretendida para a divisão, de 500 lux, é respeitada e mesmo ultrapassada.

De facto, fazendo o cálculo do número de armaduras necessário com o valor da iluminância obtido pelo método das quatro zonas (E=519,04) e com o factor de utilização calculado primeiramente (U=0.437) ficamos com:

$$N = \frac{E \times a \times b}{F_t \times U \times F_m} = \frac{519,04 \times 15,4 \times 6.95}{2 \times 5200 \times 0.437 \times 0.8} = 15,28 \Rightarrow 15 \text{ armaduras}$$

Ou seja, com a iluminância calculada o número de armaduras necessário deverá estar entre as 15 e as 16. Como visto, 15 armaduras fornecem os 500 lux necessários, o que comprova os cálculos realizados pelos restantes métodos.

Conclusão

Métodos utilizado	Nº de armaduras	E_{méd}
WinElux 2.1 (Método Pontos)	15	519,6
Factor de utilização	15	509,55
BZ	15	501,4
4 Zonas	15	519,04

Como se pode verificar, todos os métodos apresentados apontam para um mesmo número de armaduras a instalar no local. Como tal, podemos concluir que todos eles apresentaram uma precisão semelhante. Apesar de o cálculo pelo método do Factor de Utilização ser indicado como o mais susceptível a erros, acabou por não o ser. Concluindo, todos os métodos conseguiram garantir a iluminância desejada e uma adequada uniformidade.

ESTUDOS ECONÓMICOS

Nesta análise, é relevante o estudo de custos da instalação, considerando as hipóteses de utilização de balastros convencionais ou de balastros electrónicos. De uma análise inicial pode-se concluir que a solução mais económica passará pelo uso de balastros convencionais, mas se o período de tempo aumentar tal não será verdade.

Através de um estudo mais pormenorizado verifica-se que a partir de um certo ano de utilização da instalação, os custos serão menores utilizando balastros electrónicos. Essa vantagem sucede do facto de o consumo de energia ser menor, assim como o valor dispendido na manutenção da instalação. Assim, considerando um certo tempo útil de vida, os balastros electrónicos tornam-se uma opção mais vantajosa apesar dos custos de aquisição de equipamentos serem superiores (o quadro seguinte apresenta de forma sumária a comparação entre ambos, em anexo encontra-se o estudo, das várias divisões).

	Solução A	Solução B
	Balastro Electrónico	Balastro Convencional
Somatório de Custos do 1º Ano (€)	26469,25 €	24024 €
Custos = Solução A - Solução B (€)	2445,25 €	
Poupança Anual (€)	656 €	
Amortização (Anos)	3,09	

Uso de balastros convencionais ou electrónicos

As vantagens da sua adopção são:

- Melhoria do rendimento das lâmpadas através de um processo que converte a frequência de funcionamento da rede (50Hz, frequência de funcionamento dos balastros convencionais) para frequências superiores na ordem dos 25 a 40 KHz. Assim consegue-se a mesma quantidade de luz com um consumo inferior na ordem dos 12 a 25%.

- Eliminação do flicker e do efeito estroboscópio que são resultantes do aumento da frequência. Com isso consegue-se uma diminuição do cansaço visual provocado pelo flicker e um afastamento de possíveis perigos resultantes do efeito estroboscópio (sensação de paragem em máquinas rotativas à mesma frequência da instalação de iluminação).

- Um factor de potência elevado (>95%). É assim escusado utilizar armaduras capacitivas em conjunto com indutivas.

- Eliminação do ruído audível devido ao facto das frequências estarem acima do nível audível e de não serem usadas chapas laminadas.

- Uma diminuição do peso e do tamanho conseguida com o uso de componentes magnéticos compactos e leves em resultado da alta-frequência.

- Controlos do fluxo luminoso. De facto, alguns balastros permitem a regulação do fluxo luminoso. Podem incorporar feedback.

- Aumento do rendimento luminoso. Alcança-se mais de 10% de luz para a mesma potência absorvida.

- Menor potência absorvida. Às altas-frequências a lâmpada pode funcionar a uma potência mais baixa e consequentemente consegue-se um menor valor de perdas.

- Maior duração de vida da lâmpada com o pré-aquecimento dos eléctrodos diminuído assim o desgaste do material.

Resumindo, torna-se óbvio que a utilização de balastros electrónicos é economicamente mais favorável justificando assim a sua utilização neste projecto, ou seja, o elevado número de armaduras e lâmpadas leva a que a médio ou longo prazo a solução mais económica seja a da montagem das armaduras com balastro electrónico.

Uso de temporizadores e de sensores de luz e de presença:

Dada a frequente utilização do espaço em estudo, a aplicação de sensores e/ou temporizadores no projecto de iluminação pode também revelar-se, ainda que a médio ou longo prazo, uma aposta economicamente favorável.

O uso de sensores de luz permite a iluminação de espaços amplos que, ainda que abrangidos pela luz natural, não possuam uma distribuição suficiente da luminosidade, sobretudo nas zonas mais afastadas das janelas. De facto, a colocações dos referidos sensores junto das mesmas poderia permitir o acendimento único das luminárias mais afastadas das janelas, permitindo a iluminação dessas zonas de sombra. Este tipo de sensor permite, habitualmente, a regulação do nível de luminosidade que o acciona, logo é perfeitamente regulável de acordo com as necessidades e gostos do utilizador. No espaço a iluminar, a sua utilização poderia ser benéfica nos laboratórios (amplos e com janelas de dimensões apreciáveis) e gabinetes.

Os sensores de presença surgem como uma boa aplicação em áreas de frequência intermitente. De facto, o uso nas instalações sanitárias e corredores de passagem pode ser uma mais-valia, não só por permitirem geralmente a regulação do tempo de actividade das luminárias, reduzindo incómodos provocados por apagamentos extraordinários, mas também por servir como método de poupança no caso de uma área não ser visitada durante largo tempo.

Os temporizadores podem ser uma boa opção em áreas de utilização regular mas de utilização nula em certos períodos, caso existam locais de acesso restrito em horas nocturnas ou fins-de-semana, por exemplo. Os sensores de presença têm uma utilidade similar, mas o seu preço é mais elevado, logo a escolha de temporizadores pode ser mais favorável em certos casos.

De todo o modo, o uso de qualquer um dos aparelhos referidos carece uma análise da relação investimentos/proveitos, pois é sabido que uma instalação menos dispendiosa traz frequentemente custos bastante elevados a médio ou longo prazo.

PARTE ELÉCTRICA

Consumos das Lâmpadas

Luminárias	Quantidade	Consumo Lâmpadas (W)
TFA 07 236	74	5328
HLCV 03 258	40	4640
GSP 01 138	24	912
TFU 06 418	13	936
DKG 590 226	6	312
Σ		12128

Quadro Geral das Correntes de Serviço

Circuito	P (W)	I _{serviço}	I _s < 7,5 A
1	494	2,14	Sim
2	1390	6,04	Sim
3	1912	8,31	Não*
4	1740	7,56	Não*
5	1944	8,45	Sim
6	1552	6,74	Sim
7	1512	6,57	Sim
8	1584	5,94	Sim
Σ	12128		

*Neste caso, secção 2,5 mm².

Os esquemas dos circuitos eléctricos encontram-se em anexo (AutoCAD).

Relativamente às soluções adoptadas, é de salientar que os circuitos que alimentam as zonas de passagem e as casas de banho não possuem interruptores, dispondo somente de detectores de movimento.

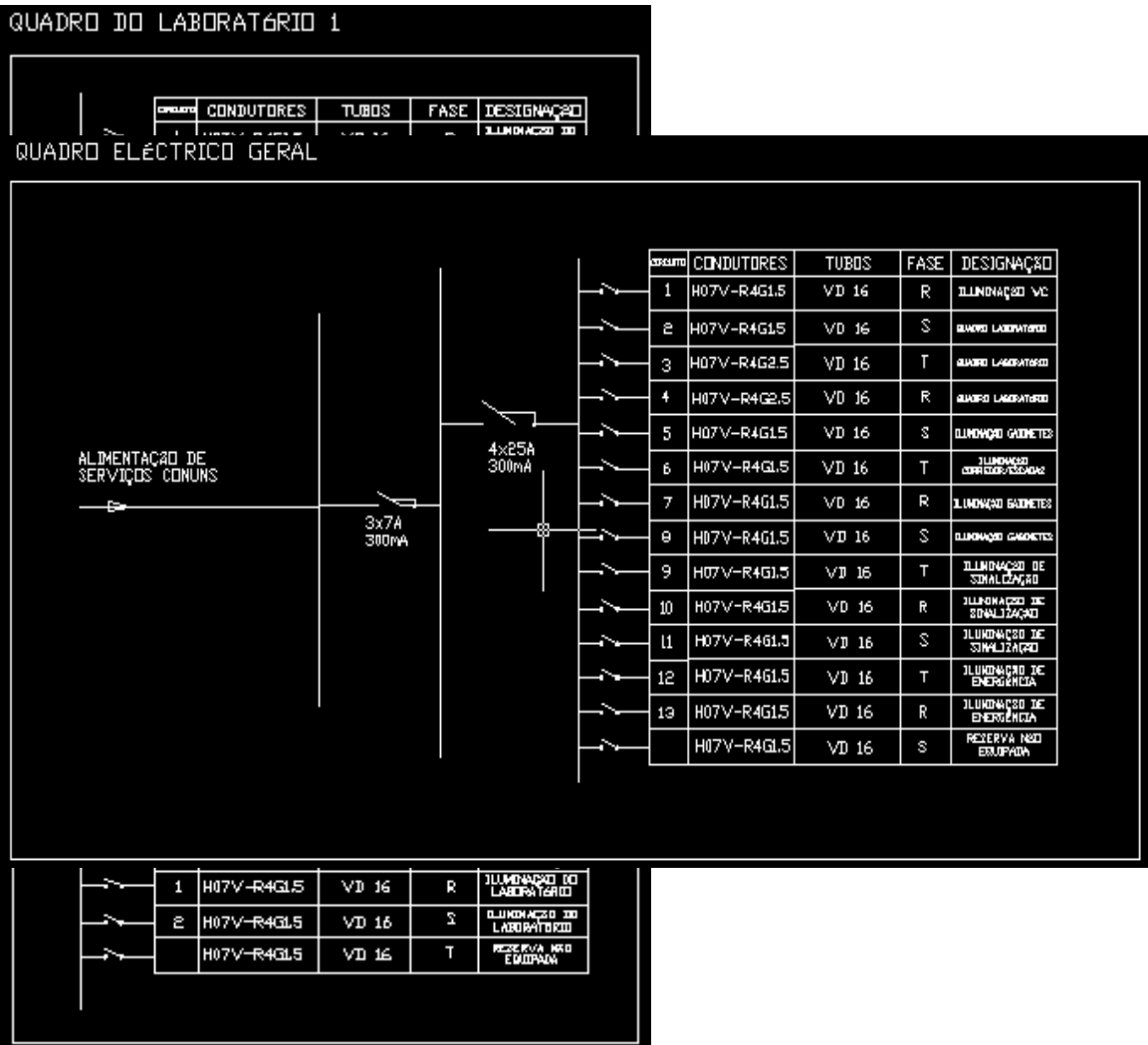
Os laboratórios apresentam somente interruptores nos anexos, sendo os circuitos comandados dentro do quadro eléctrico respectivo como forma de evitar a manobra involuntária por razões de segurança.

Os gabinetes possuem interruptores e detectores de movimento, de forma a possibilitar a poupança de energia e comodidade. Nos gabinetes de maior dimensão utilizou-se comutadores duplos para permitir o comando separado de conjuntos de luminárias.

Não foram utilizados telerruptores devido ao elevado número de divisões a comandar e à independência existente entre as mesmas. A única situação que poderia justificar a sua utilização seria nos corredores e zonas comuns mas, como já foi dito anteriormente, a solução adoptada foi a de comando a partir do quadro e detectores de movimento.

QUADRO ELÉCTRICO

Estes quadros encontram-se em anexo em AutoCAD.



ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A iluminação de emergência nas instalações industriais deve ser projectada adequadamente, de modo a cobrir todas as áreas em que falta a iluminação possa ocasionar riscos de acidentes ou perturbações. De um modo geral, as áreas mais importantes a serem dotadas de iluminação de emergência são:

- Corredores
- Salas de reunião auditórios
- Salas de emergência
- Sala de máquinas, em geral
- Sectores de produção de materiais combustíveis ou gasosos.

O nível de iluminação desses locais: 5 lx para áreas de permanência e trânsito de pessoas, 50 lx para os sectores de produção.

A iluminação de emergência poderá ser feita através de baterias ou de um gerador auxiliar.

Sistema Autónomo

É constituído por uma bateria instalada no interior de uma caixa, construída habitualmente em fibra, juntamente com o sistema rectificador-carregador. Na parte superior da caixa estão instalados dois projectores que automaticamente são ligados quando a tensão se anula na fonte de alimentação. A tensão deste sistema, em geral, é de 12 V.

Banco de Baterias

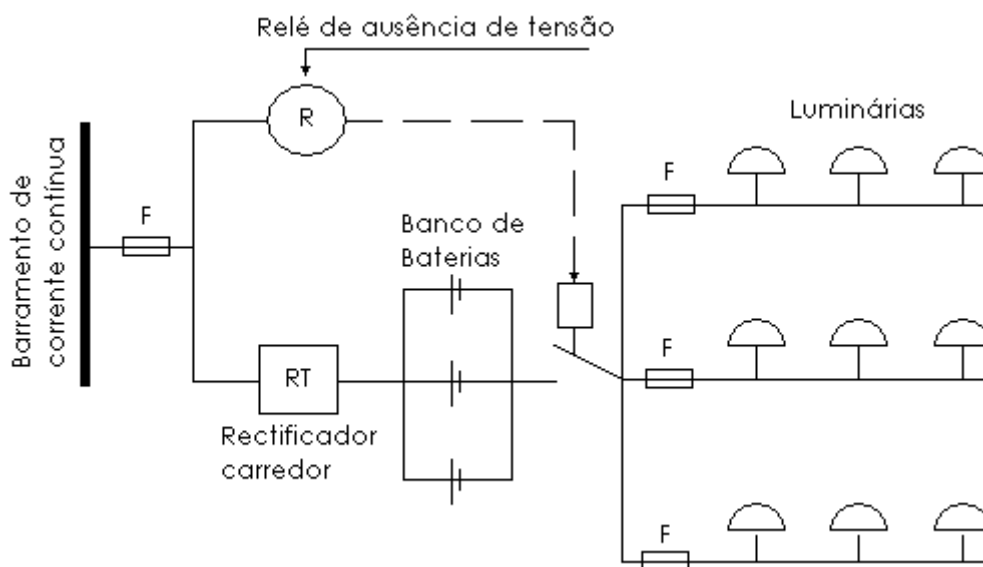
Quando queremos iluminar grandes ambientes, a escolha, recai sobre a utilização de baterias que podem ser agrupadas num banco concentrado, num local mais conveniente da indústria, sob o ponto de vista de queda de tensão. Se as distâncias entre o banco de baterias e os pontos de luz forem grandes, que a obrigar a utilização de condutores de secção elevada, deve-se adoptar uma tensão de distribuição de 220 V para reproduzir as quedas de tensão nos circuitos. Podem ser empregues os seguintes tipos de baterias:

- Chumbo-Ácidas: utilização comum em veículos automóveis. Podem ser adquiridas a um custo relativamente reduzido. Têm como solução o ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

- Chumbo-Cálcio: Têm um custo médio superior às de chumbo-ácidas. São empregues com frequência em serviços auxiliares de subestações eléctricas. Utilizam também como solução o ácido sulfúrico. Entretanto, diferenciam-se das anteriores pela tecnologia de fabrico.

- Alcalinas: elevado grau de fiabilidade. Seu custo é elevado quando comparado com o valor de uma unidade chumbo-ácida. São usualmente empregues em sistemas de serviços auxiliares de subestações de potência ou acopladas a sistemas interruptores de energia do tipo estático para suprimento de cargas que requeiram um elevado nível de continuidade.

O esquema seguinte representa um sistema de iluminação de emergência comandado por um relé de tensão que actua sobre um contacto magnético, permitindo a alimentação dos diferentes circuitos parciais por um conjunto de baterias:



Gerador Auxiliar

É utilizado em instalações que necessitam não só de iluminação de emergência, mas também de iluminação alternativa, ou ainda de fonte de alimentação auxiliar.

A utilização deste tipo de geradores é significativamente mais dispendiosa para a instalação, tanto no que se refere ao custo inicial, como ao custo de operação e manutenção.

Em algumas indústrias, devido à necessidade de aglomeração do processo industrial, é imperativa a instalação de um gerador como fonte alternativa, que possa ser utilizada também para alimentação dos circuitos destinados à iluminação de emergência.

A potência do gerador deve ser seleccionada em função das cargas prioritárias que devem permanecer ligadas durante os eventos que cortem o provimento da rede pública.

Os geradores, em geral, devem ser accionados automaticamente logo que falte tensão nos terminais de entrada da subestação da indústria. Isto permite que se reduza o tempo sem serviço de energia eléctrica na unidade fabril.

Alguns sectores da indústria necessitam de energia ininterruptamente. São cargas de elevada prioridade. Neste caso, deve-se utilizar além do gerador auxiliar, um sistema ininterrupto de energia para alimentação que pode também fornecer energia ao sistema de iluminação durante emergência do sistema da concessionária. Este sistema seria dimensionado com um banco de baterias adequados ao tempo necessário para a operação do gerador.

No nosso caso, está prevista a instalação de um sistema de iluminação de emergência, que funcionará como luz ambiente e de sinalização de saídas sempre que se verifique a falta de energia. Os letreiros de saída proporcionarão, também, uma certa luz ambiente. Os níveis de iluminância e a sua uniformidade devem ser

suficientes para permitir a rápida evacuação dos ocupantes sem perigo de quedas. É recomendável que o nível de iluminância médio no solo não seja inferior a 30 lux.

A iluminação de emergência será então constituída por kits de emergência instalados nas armaduras de iluminação normal. Os kits serão constituídos por baterias de níquel-cádmio com autonomia para cerca de duas horas, e um led indicador de carga da bateria.

Os letreiros terão inscrito no seu difusor a palavra “SAÍDA”, ou uma seta a indicar o trajecto mais curto e fácil para o exterior. Serão constituídos por blocos autónomos e equipados com duas lâmpadas fluorescentes compactas de 8 W, bateria de níquel-cádmio e led indicador de carga da bateria.

Resultados da iluminação de emergência no WinElux2.1:

Divisão	Erec	Nº de luminárias	E_{máx}	E_{méd}	E_{min}
Escadas Grandes	30	2	63,3	51,8	34,2
Escadas pequenas	30	2	65,0	55,1	39,3
Corredor pequeno	30	1	168,3	69,1	13,4
Corredor Grande	30	3	167,7	54,1	7,6
Transversal Corredor Grande	30	1	191,7	157,9	116,4
Átrio	30	2	136,3	66,1	7,6
Entrada WC	30	1	119,3	69,6	29,2
WC Feminino	30	2	136,2	110,7	72,5
WC Masculino	30	1	106,4	43,4	12,8

BIBLIOGRAFIA

- Apontamentos de Tecnologias da Iluminação; Engº Armínio Teixeira; FEUP
- “*Thechnique de l’éclairage*”; Commission de l’Enseignement du Comité National Belge de l’Éclairage; Vaillant-Carmanne; Liège, 1974
- Catálogo do EEE;
- Tabelas EEE;
- Internet.

ANEXOS

Aqui apresentámos os diversos esquemas, tabelas e resultados do WinElux:

- Valores de Iluminância (WinElux), das diversas divisões;
- Valores de Iluminância, escala em tons da iluminância da divisão em estudo mais aprofundado, neste caso o laboratório 3;
- Os diversos quadros do estudo económico com cada divisão em pormenor;

Valores de Iluminância e Escala em tons de Iluminância do Laboratório 3

Valores da Iluminância no plano de trabalho:

243	381	407	336	337	416	416	338	338	416	416	338	338	416	416	337	336	407	381	243
302	488	520	419	421	532	532	421	421	532	532	421	421	532	532	421	419	520	488	302
324	531	566	454	456	579	579	457	457	580	580	457	457	579	579	456	454	566	531	324
338	549	587	473	476	601	602	477	477	602	602	477	477	602	601	476	473	587	549	338
359	579	620	503	505	634	634	506	506	635	635	506	506	634	634	505	503	620	579	359
374	595	639	521	523	654	654	524	524	654	654	524	524	654	654	523	521	639	595	374
384	599	643	535	537	657	657	538	538	657	657	538	538	657	657	537	535	643	599	384
379	599	642	530	532	656	657	533	533	657	657	533	533	657	656	532	530	642	599	379
366	590	632	515	518	647	647	518	519	647	647	519	518	647	647	518	515	632	590	366
352	586	606	495	498	622	622	499	499	622	622	499	499	622	622	498	495	606	586	352
354	565	605	497	500	621	621	501	501	621	621	501	501	621	621	500	497	605	565	354
366	589	632	515	518	647	647	519	519	648	648	519	519	647	647	518	515	632	589	366
379	599	643	528	530	658	658	531	531	658	658	531	531	658	658	530	528	643	599	379
383	599	642	535	538	656	656	539	539	656	656	539	539	656	656	538	535	642	599	383
375	596	638	524	526	653	653	527	527	653	653	527	527	653	653	526	524	638	596	375
356	581	621	500	502	635	635	503	503	635	635	503	503	635	635	502	500	621	581	356
338	551	589	473	475	603	603	476	476	603	603	476	476	603	603	475	473	589	551	338
327	530	565	457	459	578	578	460	460	579	579	460	460	578	578	459	457	565	530	327
301	486	518	417	419	530	530	419	419	530	530	419	419	530	530	419	417	518	486	301
242	380	405	331	333	414	414	333	333	414	414	333	333	414	414	333	331	405	380	242

0,0

2,5

5,0

7,5

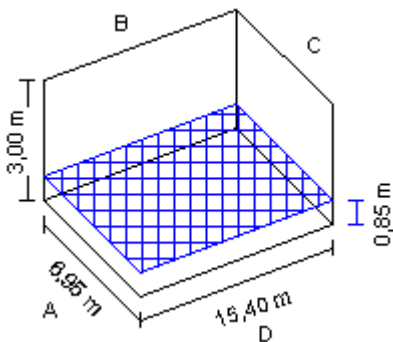
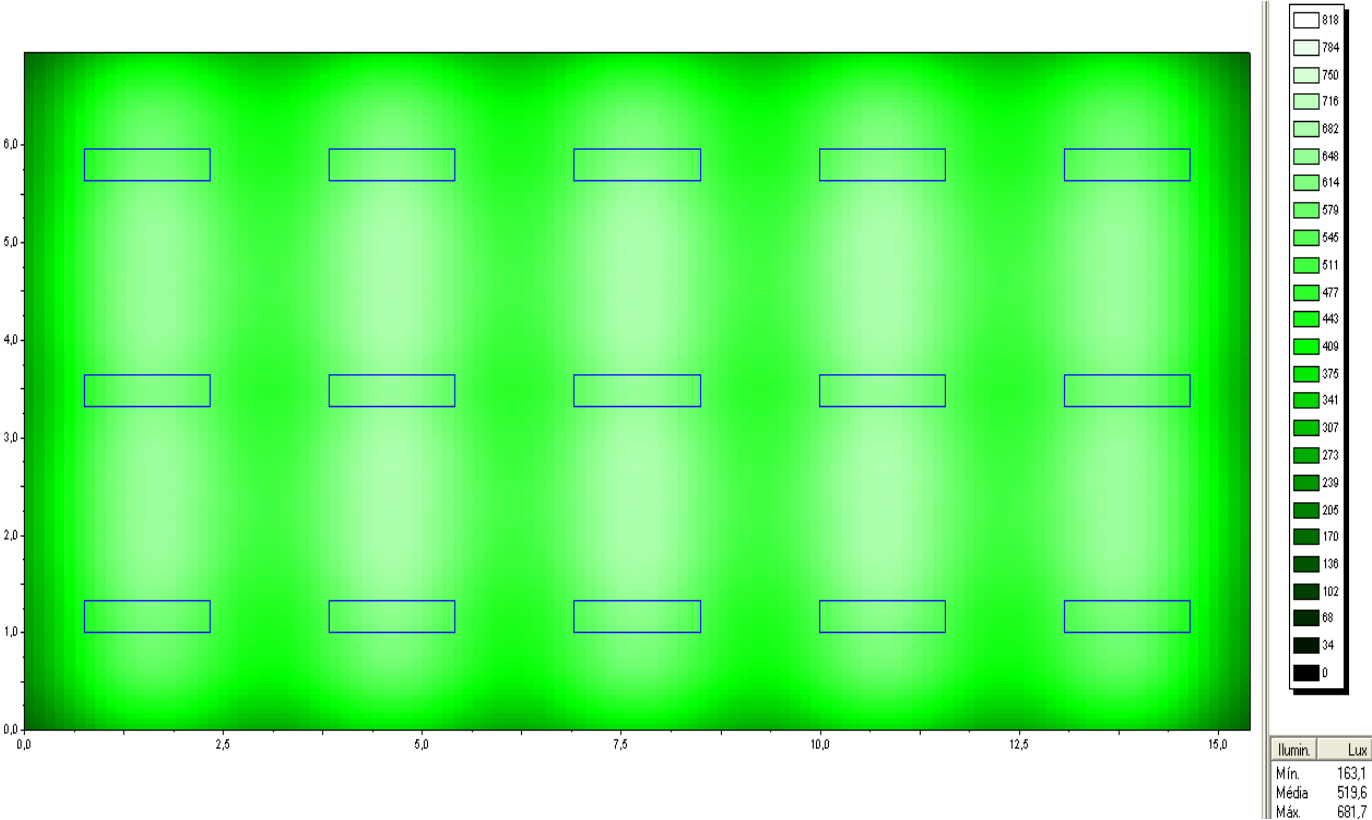
10,0

12,5

15,0

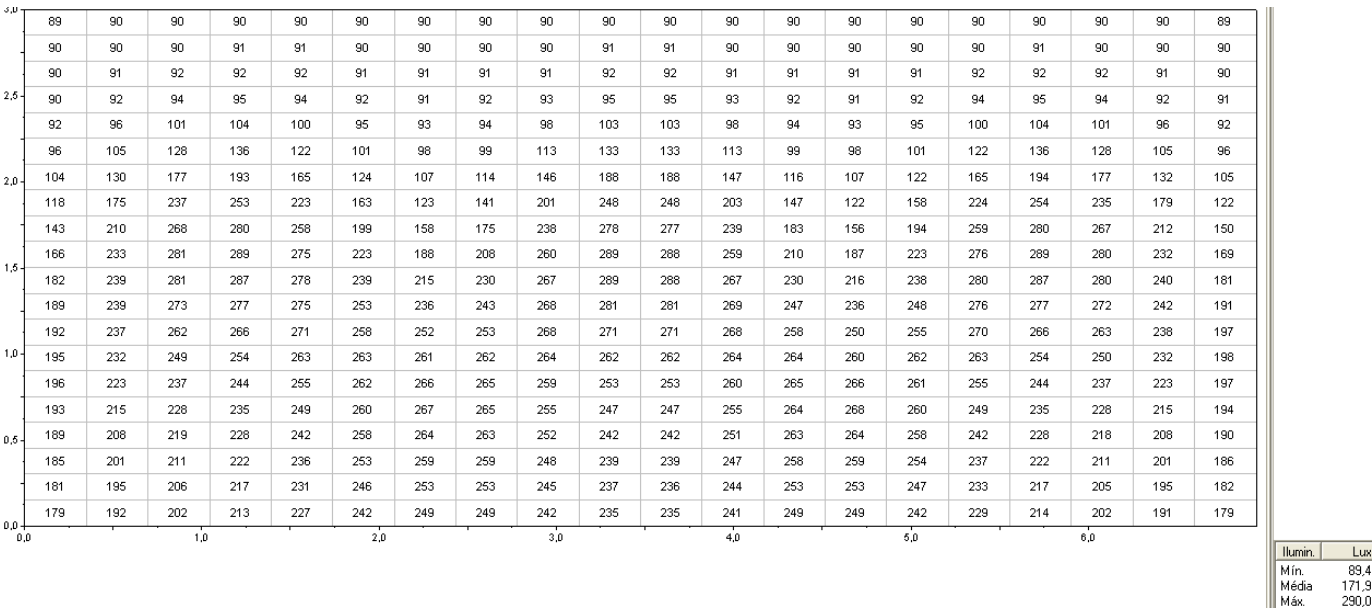
Ilumin.	Lux
Mín.	242,2
Média	519,6
Máx.	677,9

Tons de Iluminância no plano de trabalho:

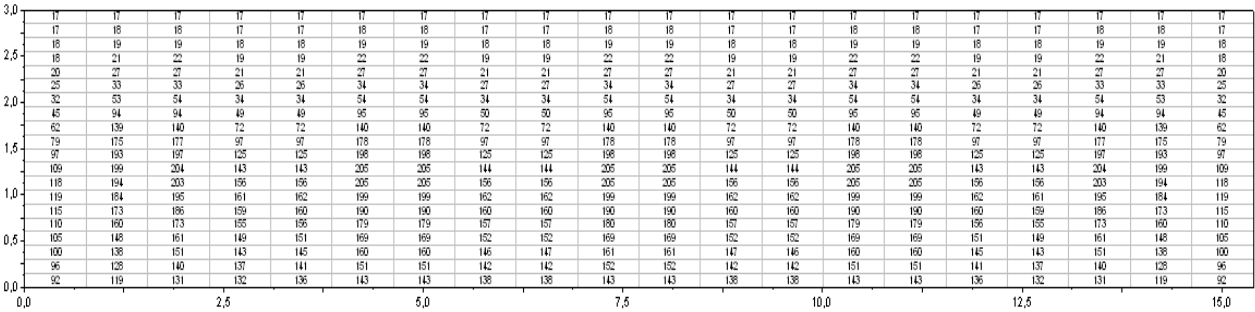


Seguem-se agora, os valores da Iluminância nas diferentes paredes:

Parede A:

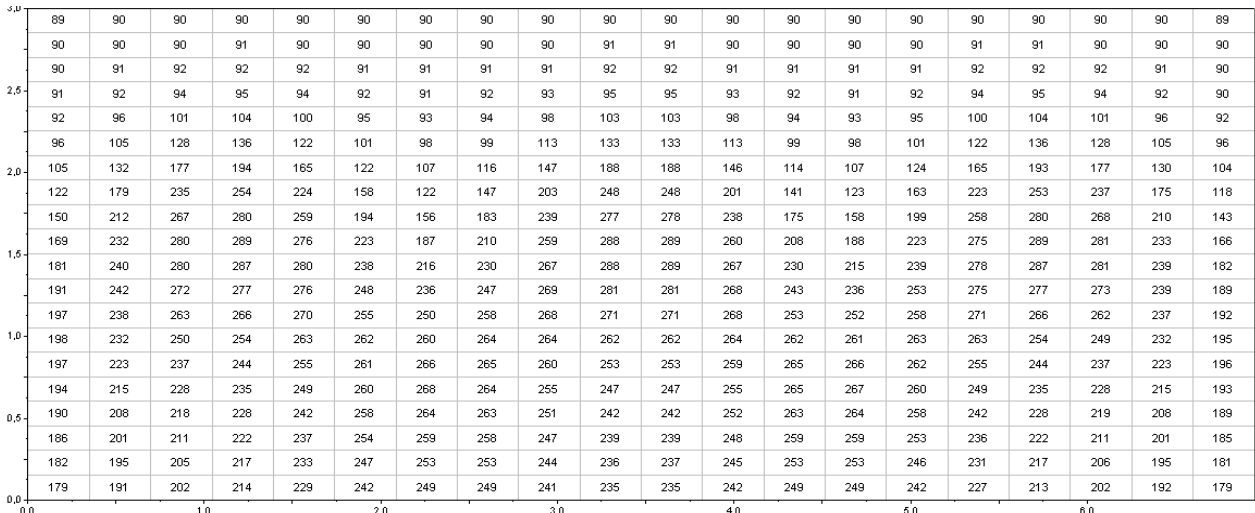


Parede B:



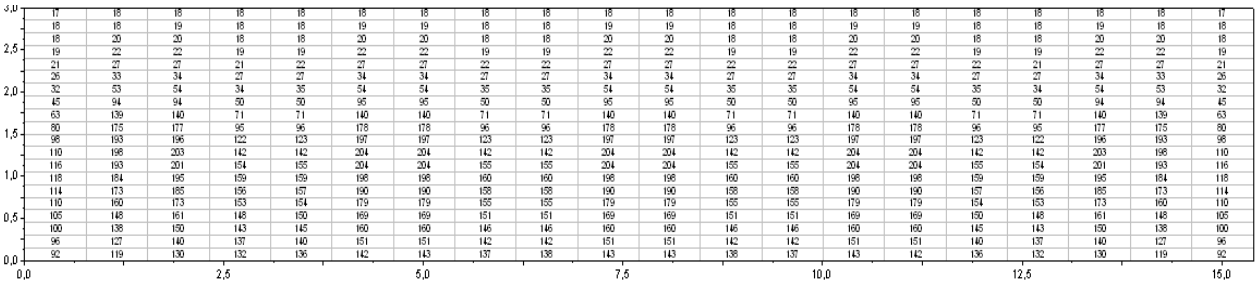
Ilumin.	Lux
Mín.	17,0
Média	84,0
Máx.	215,3

Parede C:



Ilumin.	Lux
Mín.	89,4
Média	171,9
Máx.	290,0

Parede D:



Ilumin.	Lux
Mín.	17,2
Média	55,1
Máx.	204,0

Valores de Iluminância das restantes divisões no plano de trabalho

Gab 1:

3.0	131	148	163	175	184	191	198	204	209	213	212	208	202	198	192	184	174	162	147	131
	158	179	200	217	229	236	242	251	259	264	264	258	249	242	236	229	216	199	178	158
	190	219	246	268	282	290	296	307	318	326	326	317	306	296	290	282	267	244	217	190
	228	265	300	329	346	354	361	374	389	399	398	388	373	361	354	346	328	299	264	227
	271	319	366	402	421	426	436	449	471	485	485	470	448	436	426	422	401	364	318	270
	319	380	439	484	505	509	517	536	563	583	583	561	534	518	510	506	484	438	378	319
	368	443	515	570	591	594	602	624	657	681	681	656	621	602	596	592	569	514	441	366
	416	503	591	652	675	674	681	706	747	778	777	744	705	681	676	678	652	590	502	415
2.0	455	555	656	721	746	742	749	776	823	861	859	820	775	748	744	748	722	655	553	454
	480	590	701	769	797	789	792	822	877	920	919	877	822	792	789	797	771	700	590	481
	480	590	701	769	797	789	792	822	877	920	919	877	822	792	789	797	771	700	590	481
	455	555	656	721	746	742	749	776	823	861	859	820	775	748	744	748	722	655	553	454
	416	503	591	652	675	674	681	706	747	778	777	744	705	681	676	678	652	590	502	415
1.0	368	443	515	570	591	594	602	624	657	681	681	656	621	602	596	592	569	514	441	366
	319	380	439	484	505	509	517	536	563	583	583	561	534	518	510	506	484	438	378	319
	271	319	366	402	421	426	436	449	471	485	485	470	448	436	426	422	401	364	318	270
	228	265	300	329	346	354	361	374	389	399	398	388	373	361	354	346	328	299	264	227
	190	219	246	268	282	290	296	307	318	326	326	317	306	296	290	282	267	244	217	190
	158	179	200	217	229	236	242	251	259	264	264	258	249	242	236	229	216	199	178	158
0.0	131	148	163	175	184	191	198	204	209	213	212	208	202	198	192	184	174	162	147	131

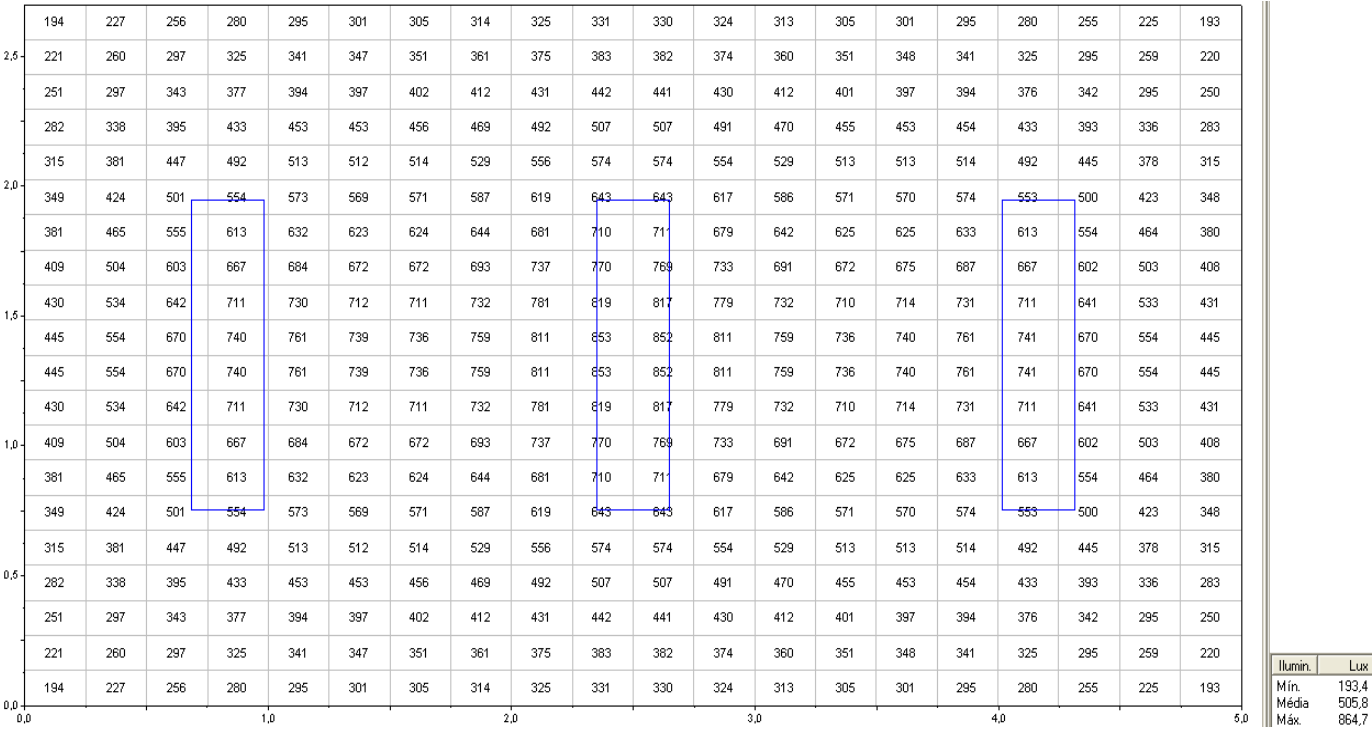
Ilumin.	Lux
Mín.	131,2
Média	457,4
Máx.	935,0

Gab 2:

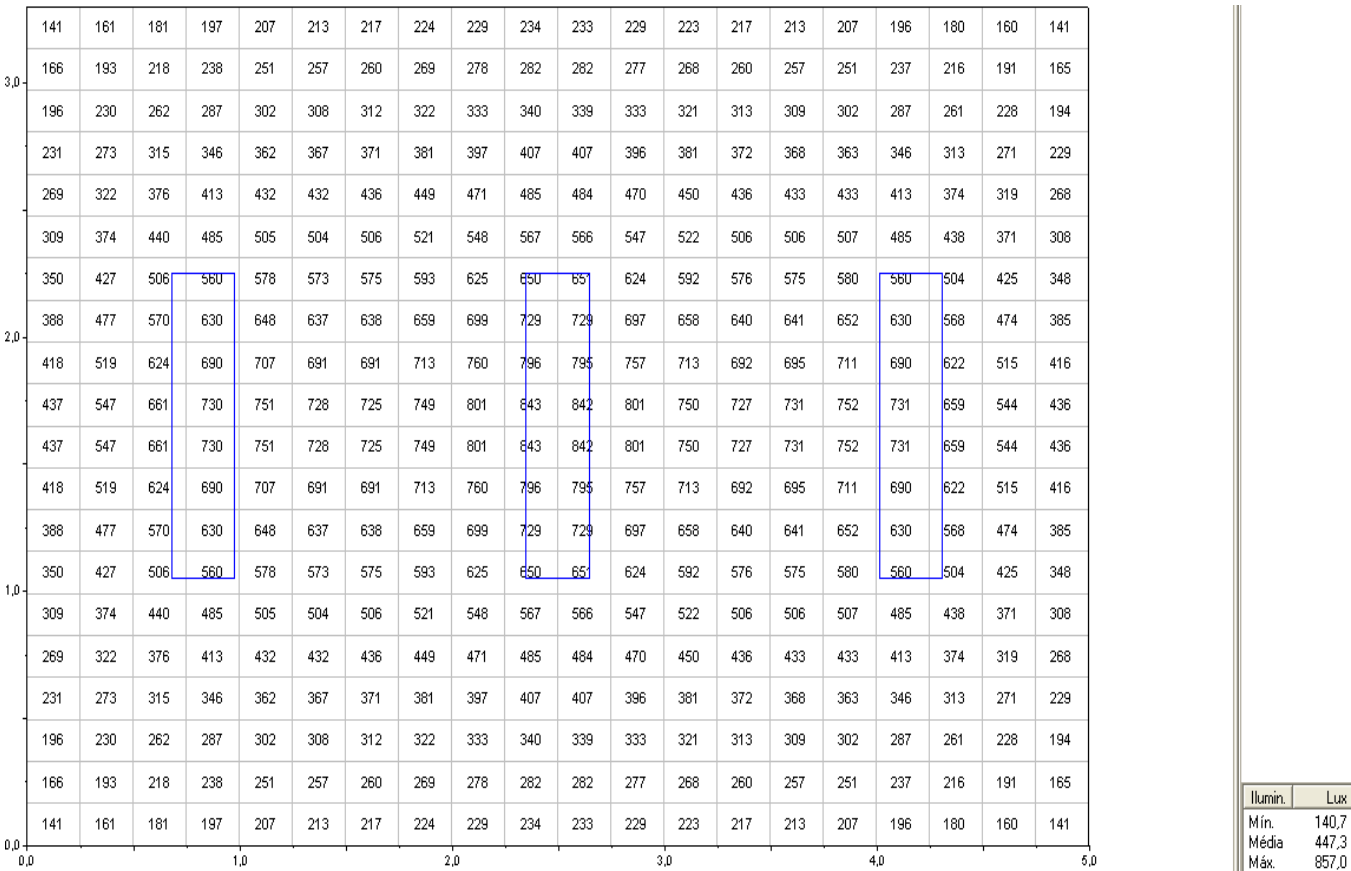
5.0	196	257	328	400	452	459	422	368	323	296	296	323	368	422	459	452	400	328	257	196
	228	304	396	488	561	569	513	443	380	346	346	380	443	513	569	561	488	396	304	228
	257	350	464	581	674	682	609	516	438	394	394	438	516	609	682	674	581	464	350	257
4.0	280	384	511	643	745	755	673	568	481	433	433	481	568	673	755	745	643	511	384	280
	295	401	532	662	766	777	695	594	505	457	457	505	594	695	777	766	662	532	401	295
	301	405	531	652	747	758	688	597	513	470	470	513	597	688	758	747	652	531	405	301
	305	410	533	653	745	757	691	601	523	478	478	523	601	691	757	745	653	533	410	305
3.0	314	421	549	675	768	780	713	620	537	493	493	537	620	713	780	768	675	549	421	314
	325	439	576	714	820	832	752	648	558	509	509	558	648	752	832	820	714	576	439	325
	330	451	596	744	860	872	782	668	571	518	518	571	668	782	872	860	744	596	451	330
2.0	330	450	595	744	859	871	782	667	570	517	517	570	667	782	871	859	744	595	450	330
	324	438	574	711	818	830	749	646	556	507	507	556	646	749	830	818	711	574	438	324
	314	421	548	672	768	780	710	619	536	491	491	536	619	710	780	768	672	548	421	314
	305	410	533	654	745	757	691	601	522	477	477	522	601	691	757	745	654	533	410	305
	302	405	532	654	748	759	690	598	513	470	470	513	598	690	759	748	654	532	405	302
1.0	295	402	532	664	767	778	698	595	505	457	457	505	595	698	778	767	664	532	402	295
	280	384	511	642	746	755	673	568	480	432	432	480	568	673	755	746	642	511	384	280
	256	349	462	580	673	681	608	514	436	392	392	436	514	608	681	673	580	462	349	256
	226	302	393	487	560	568	512	440	378	344	344	378	440	512	568	560	487	393	302	226
0.0	195	257	328	399	453	460	420	368	322	296	296	322	368	420	460	453	399	328	257	195

Ilumin.	Lux
Mín.	195,2
Média	536,8
Máx.	875,7

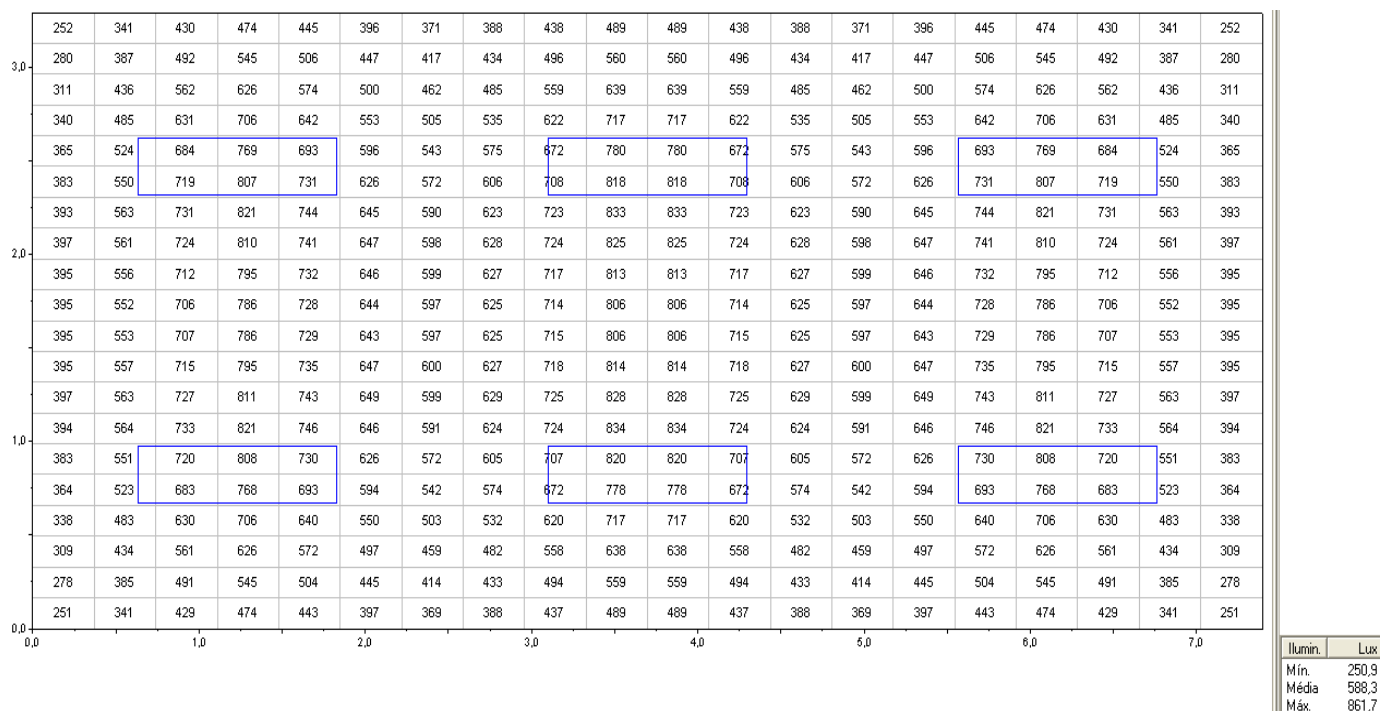
Gab 3:



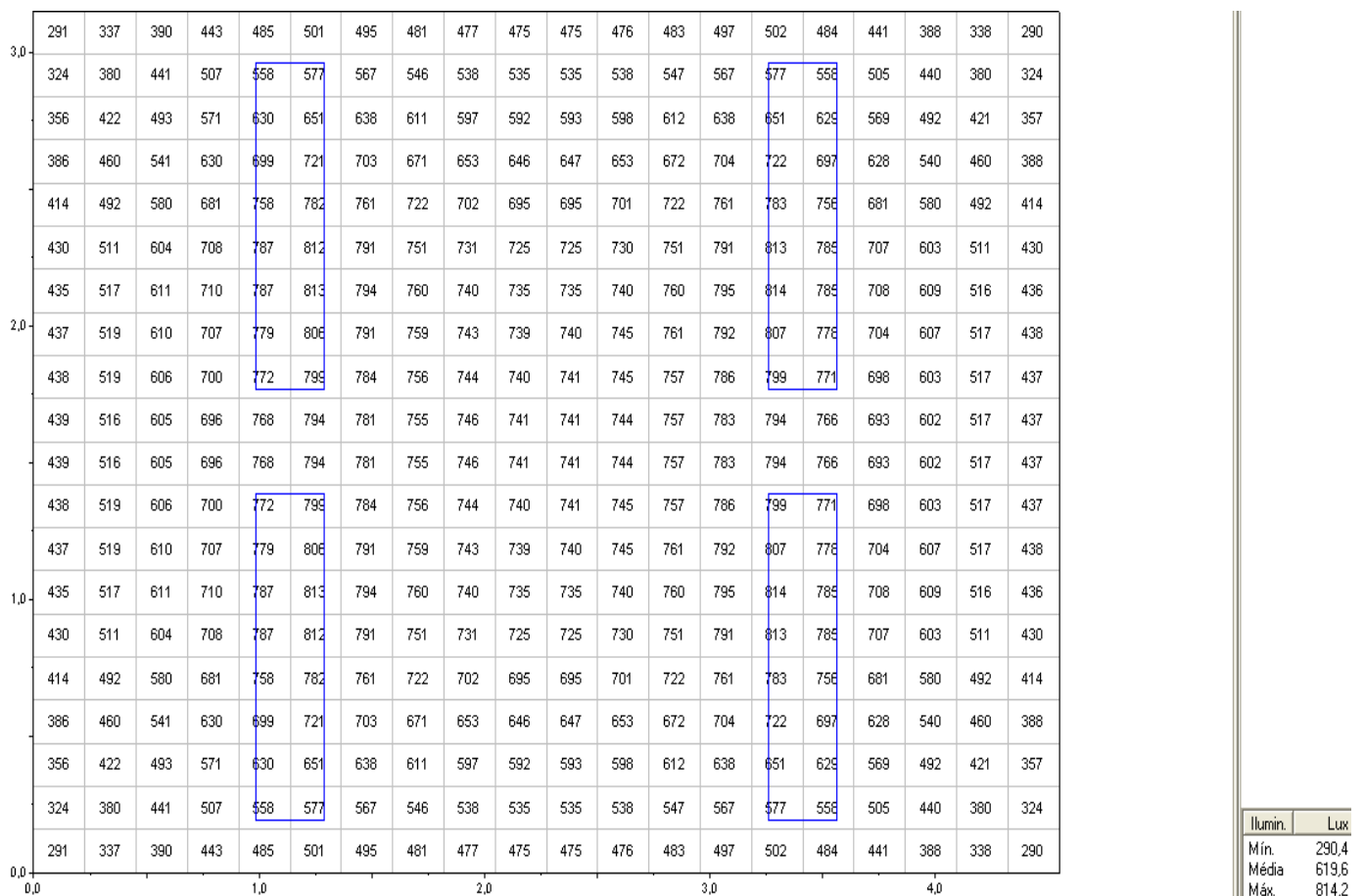
Gab 4:



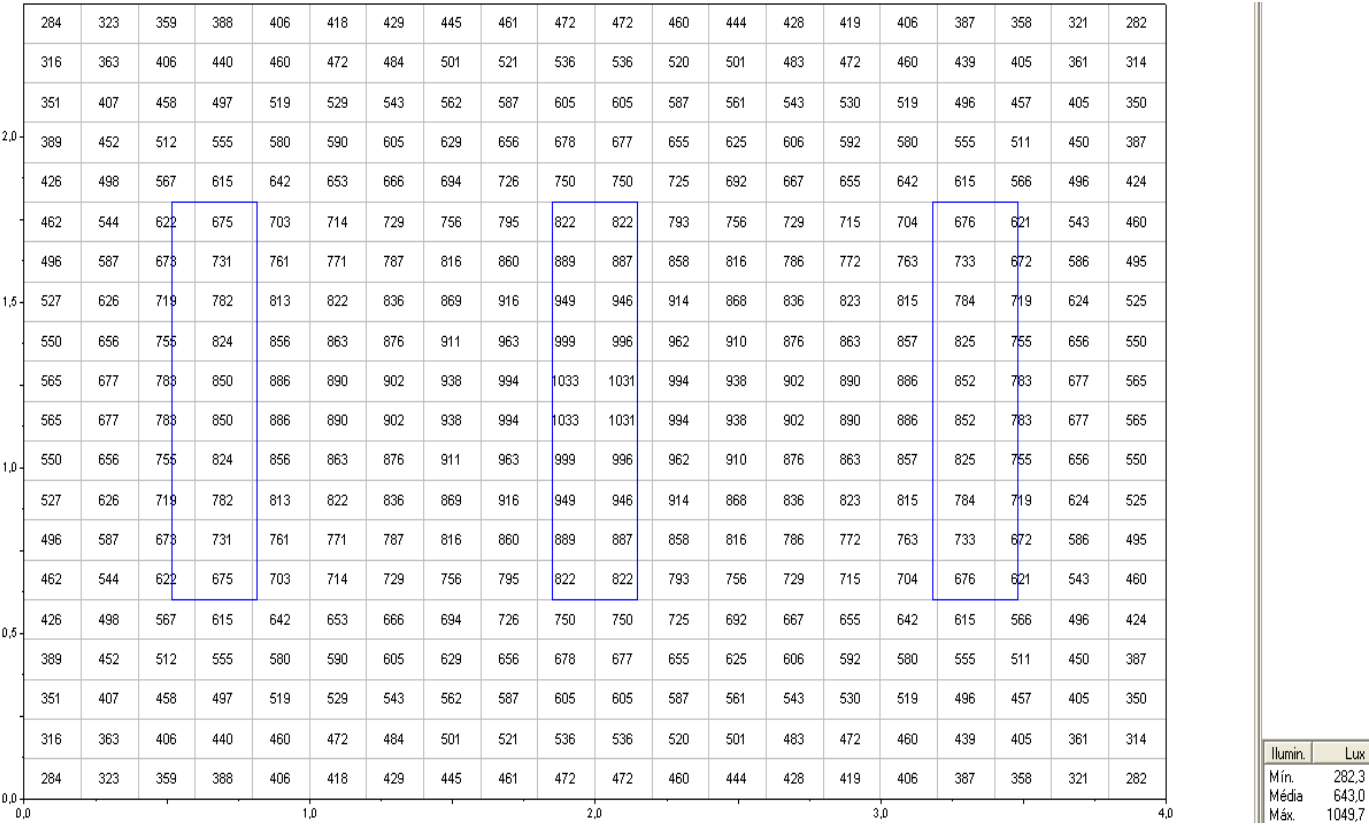
Gab 15:



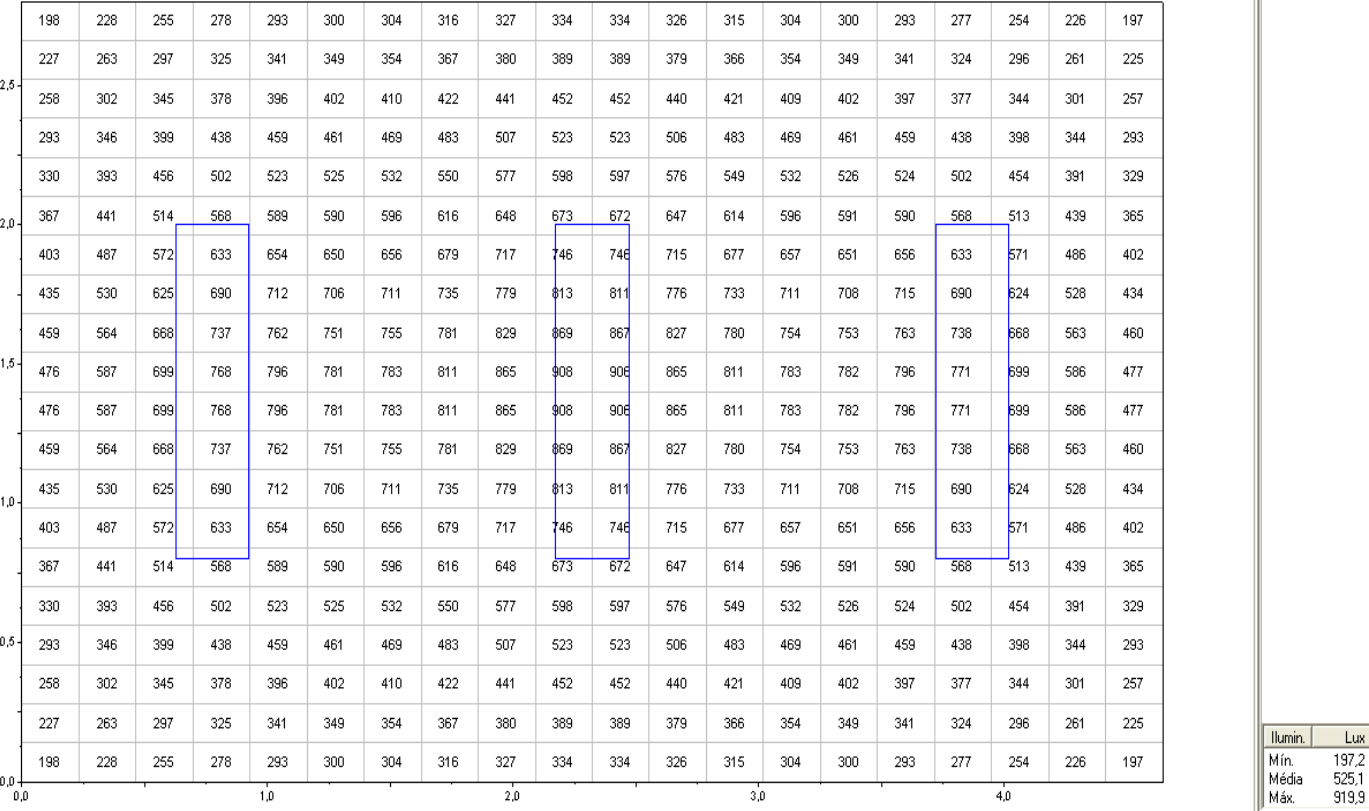
Gab 16:



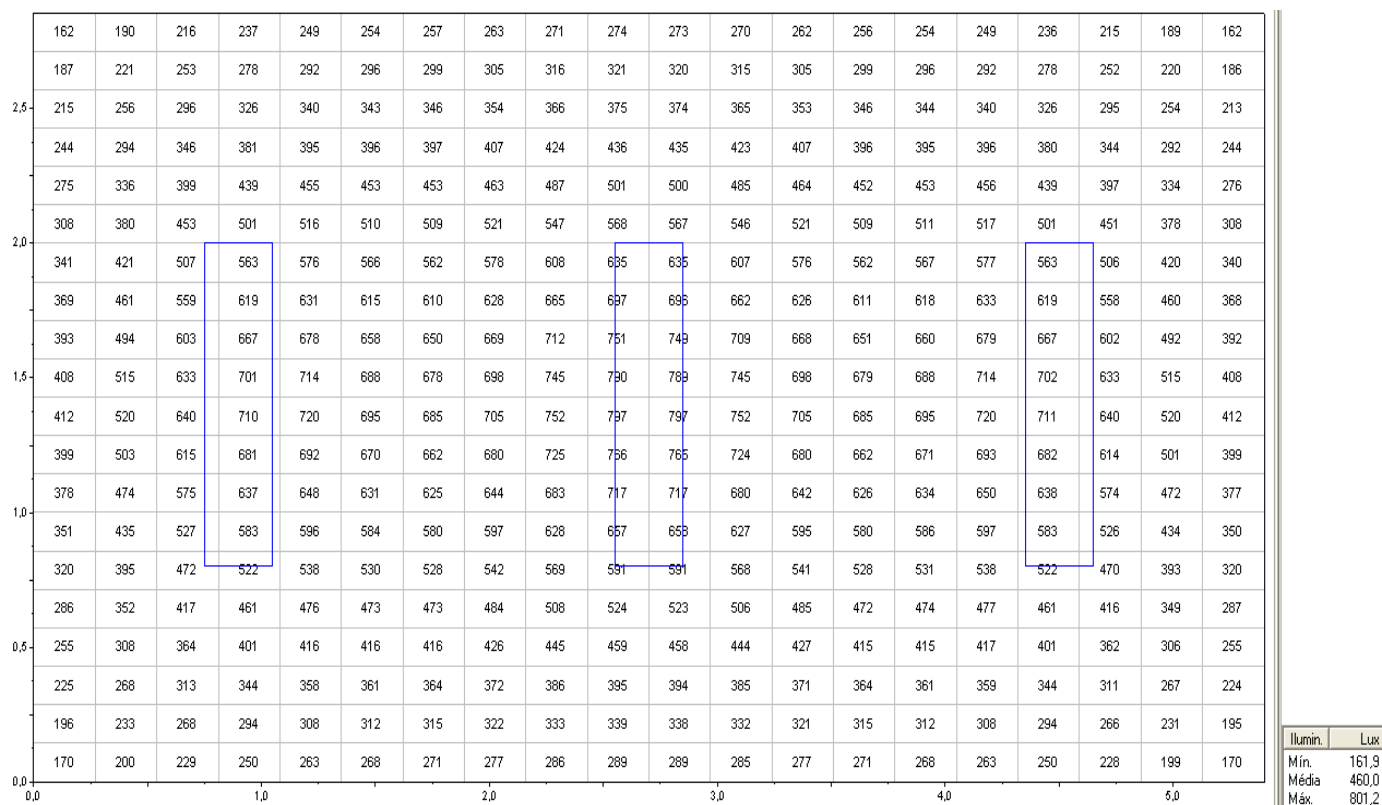
Gab 17:



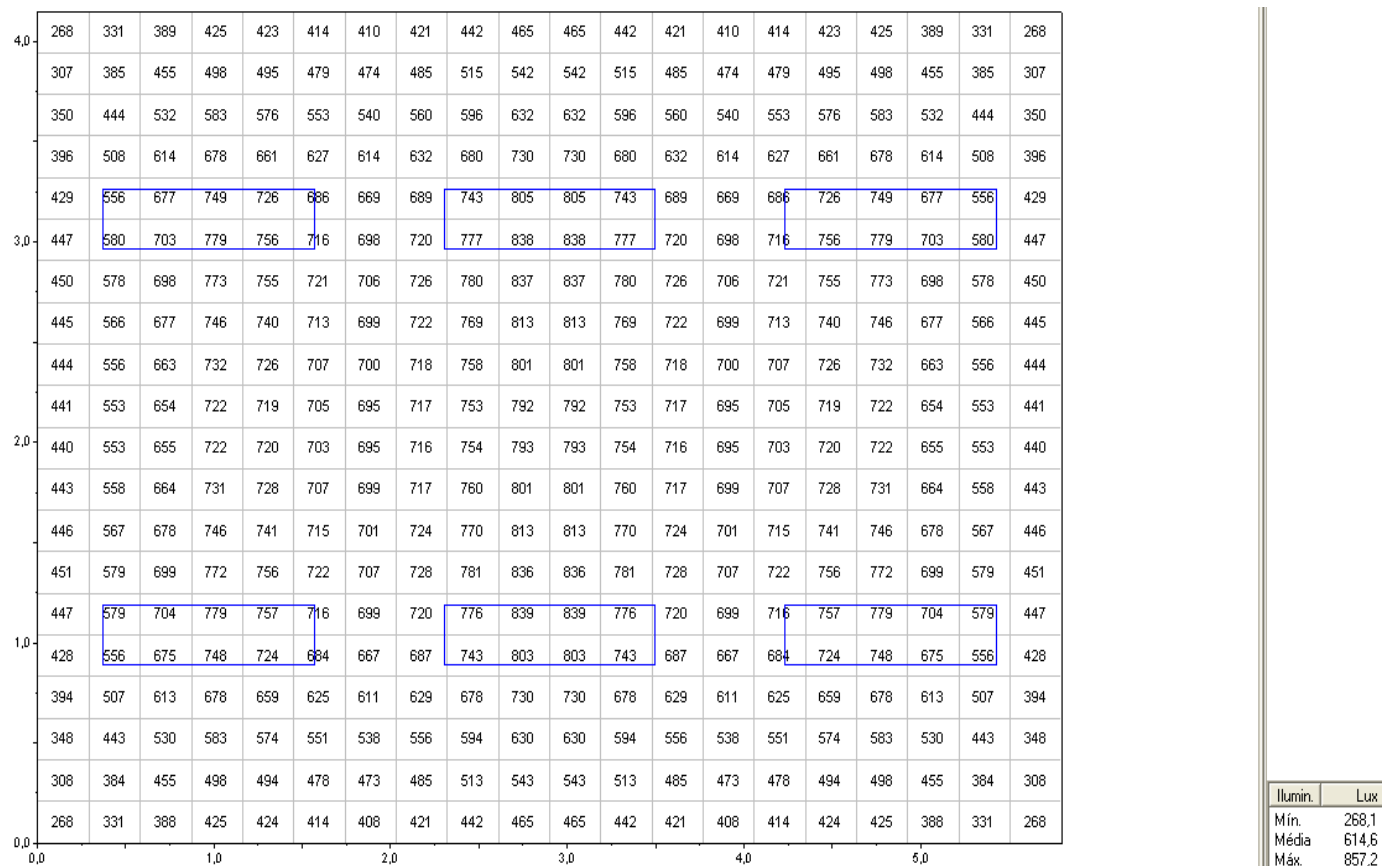
Gab 18:



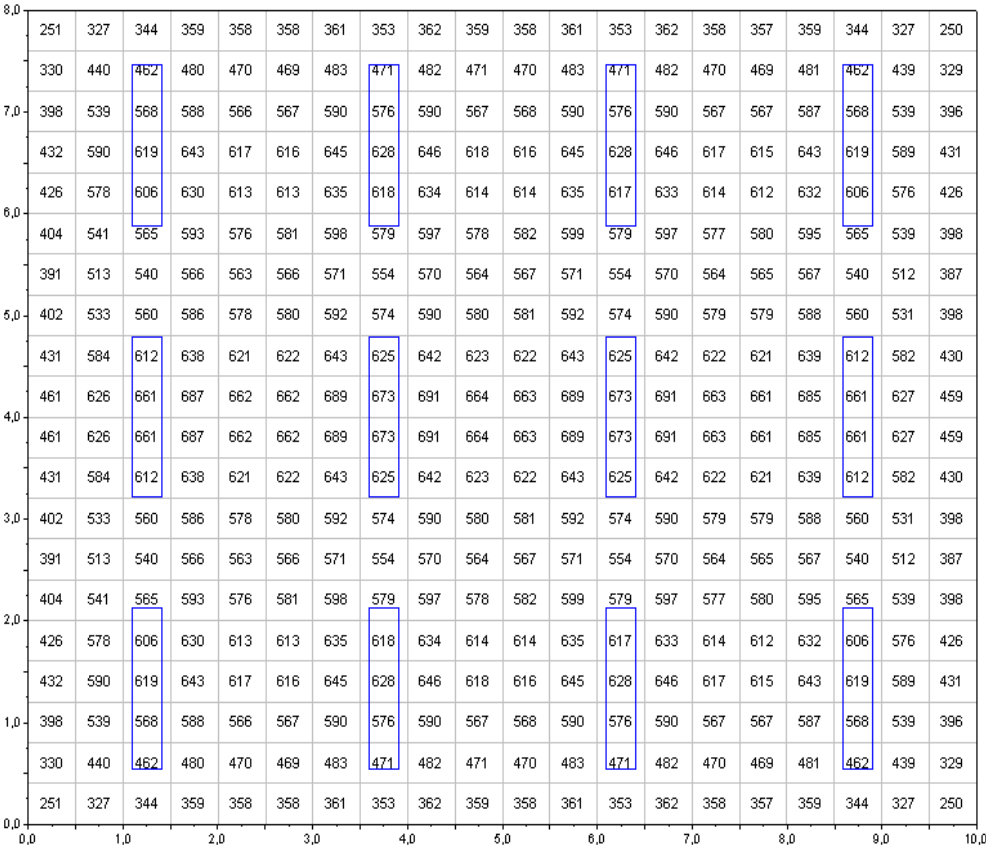
Gab 19:



Gab 20:

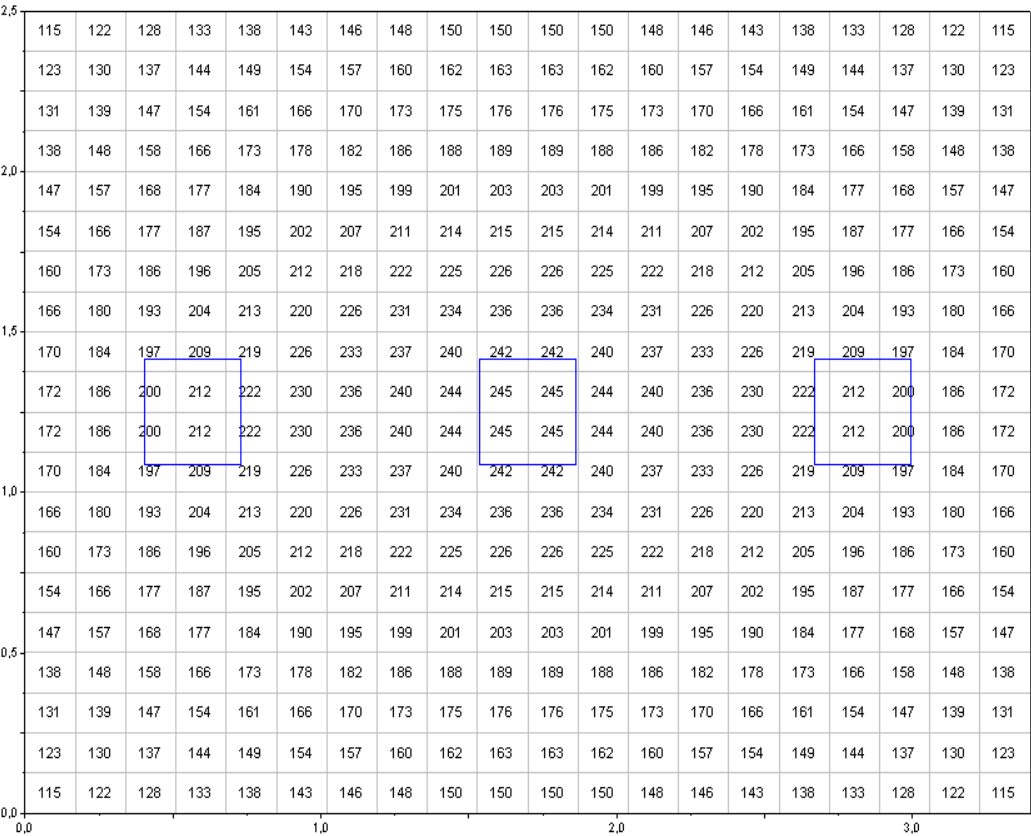


Lab 1:



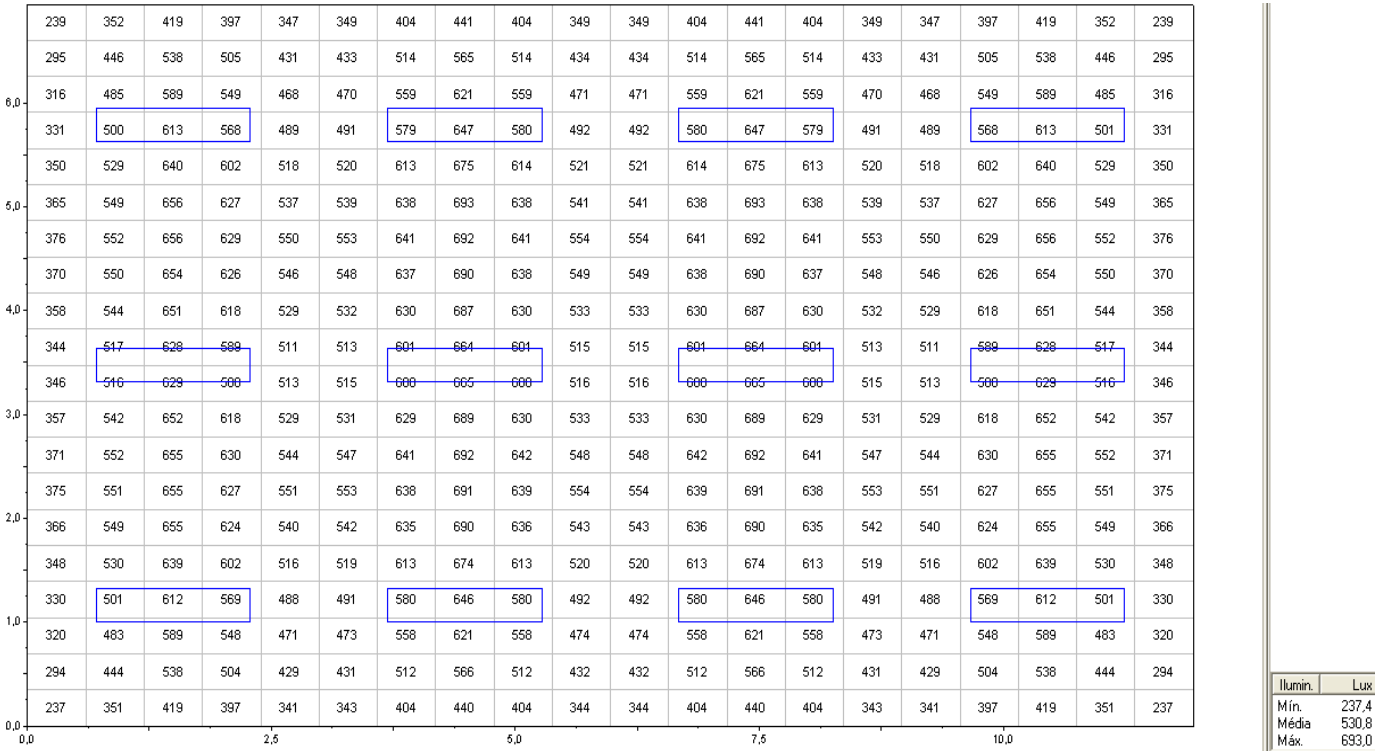
Ilumin.	Lux
Mín.	250,5
Média	547,4
Máx.	697,3

Anexo Lab1:

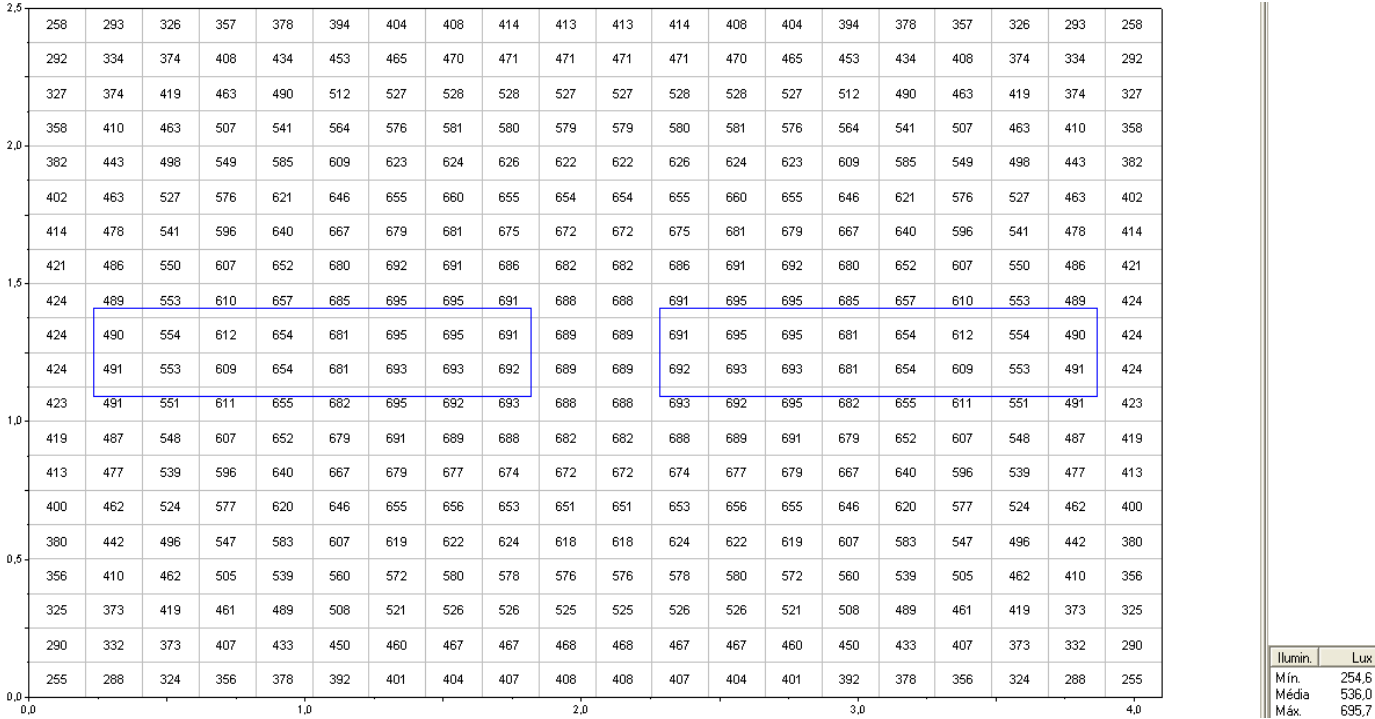


Ilumin.	Lux
Mín.	115,5
Média	183,7
Máx.	246,0

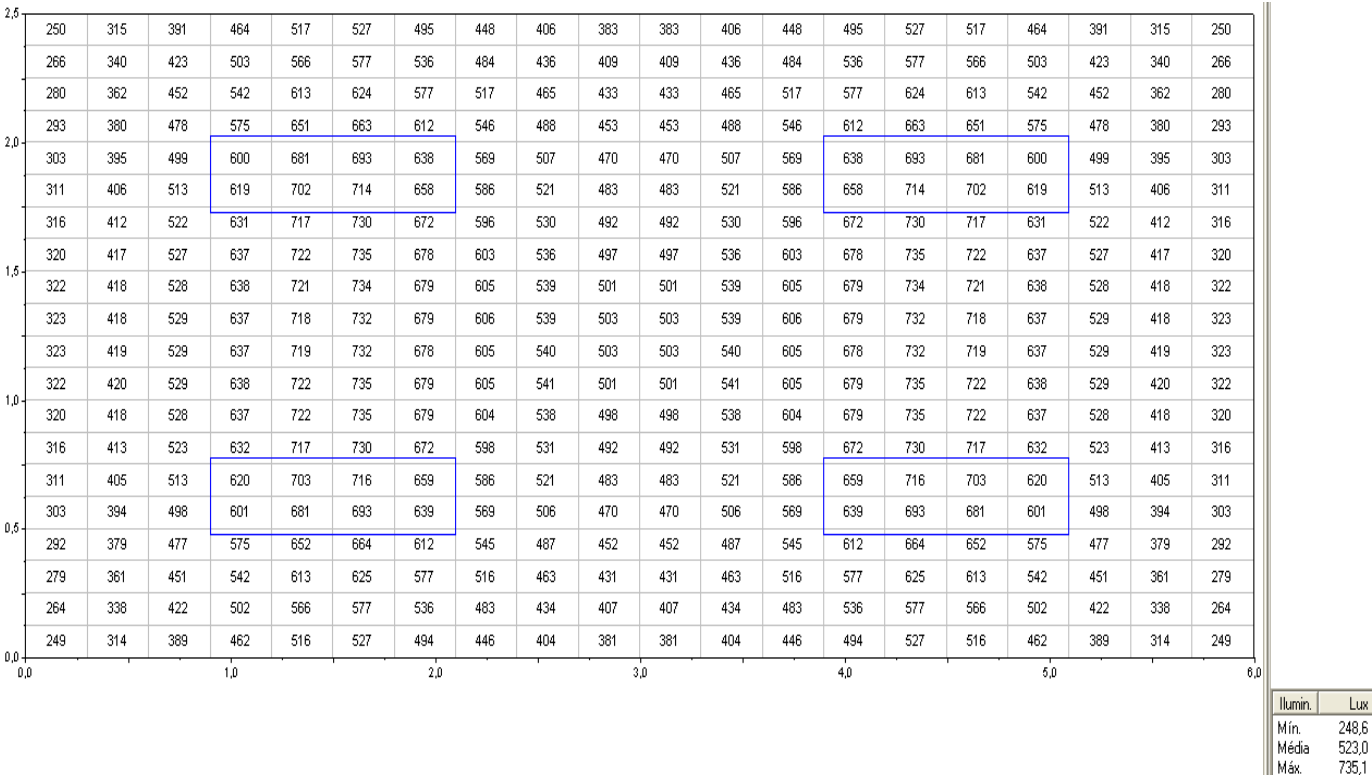
Lab 2:



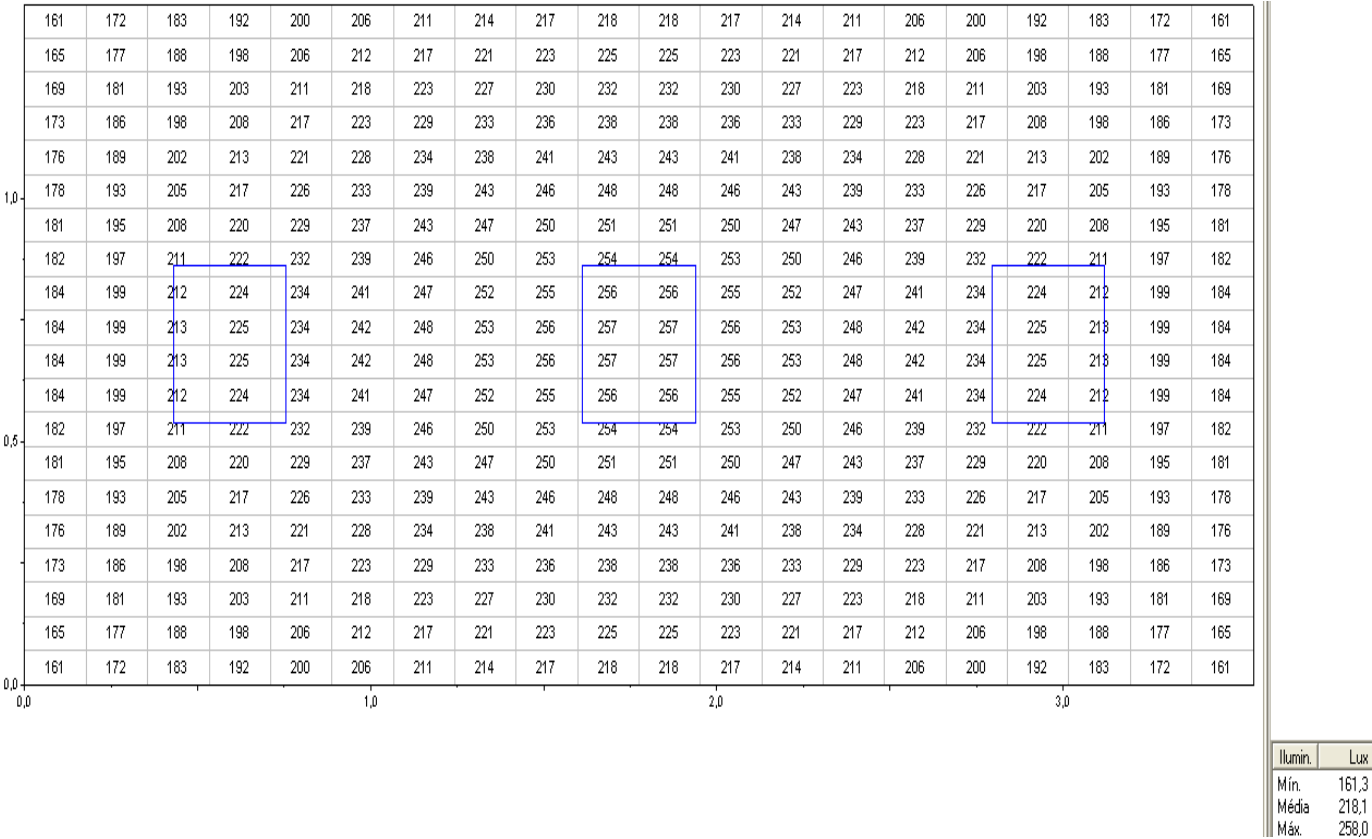
Sala Lab 2:



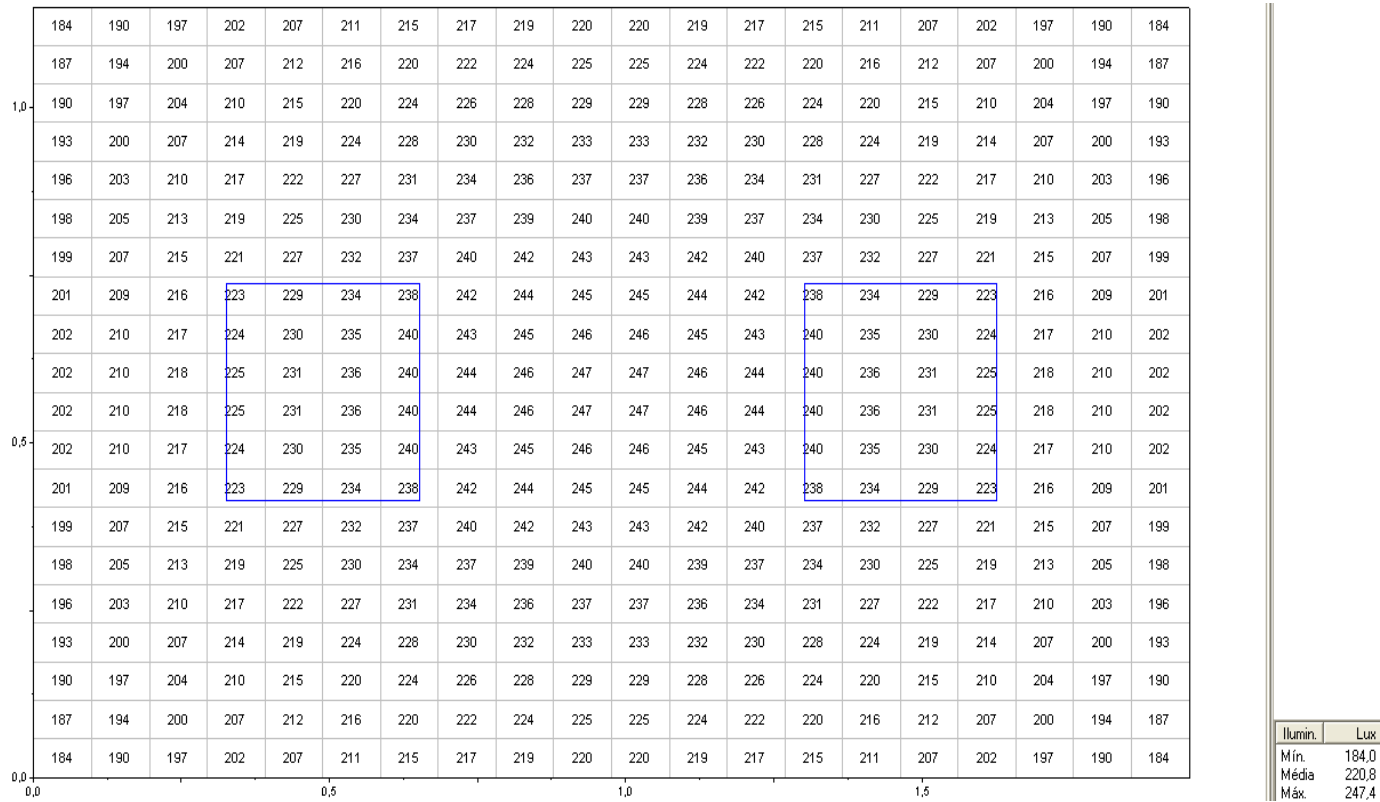
Anexo Lab 2:



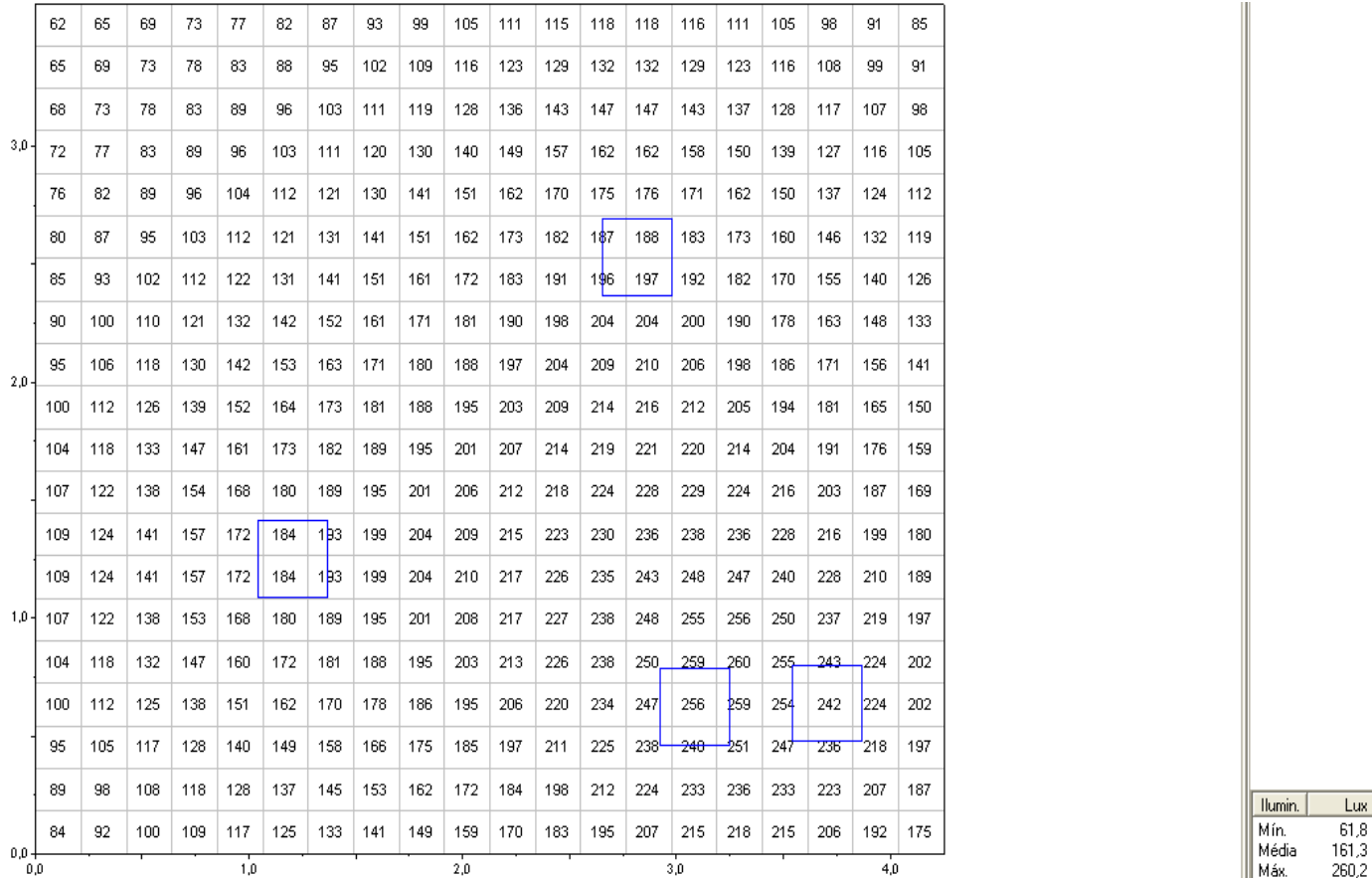
Entrada WC:



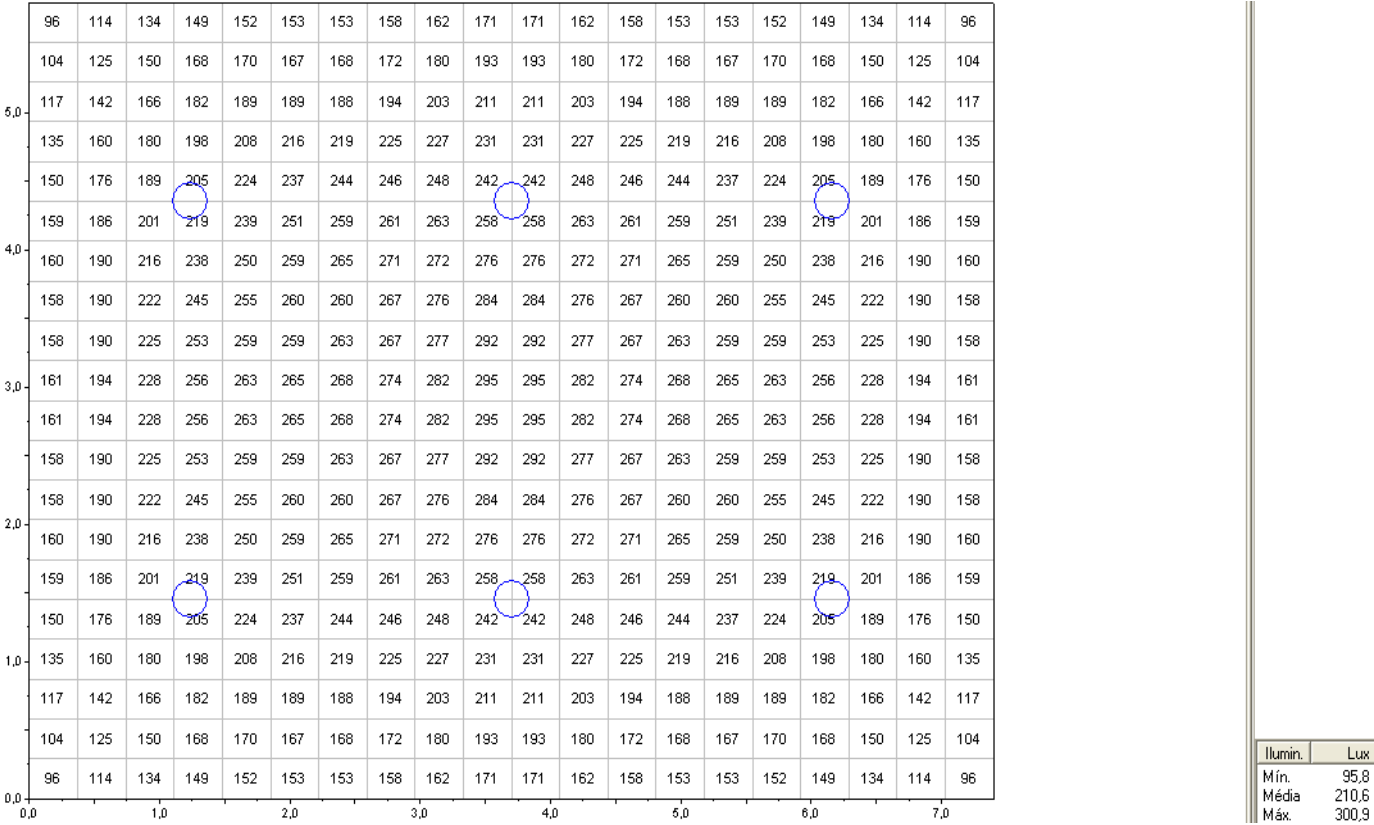
WC Feminino:



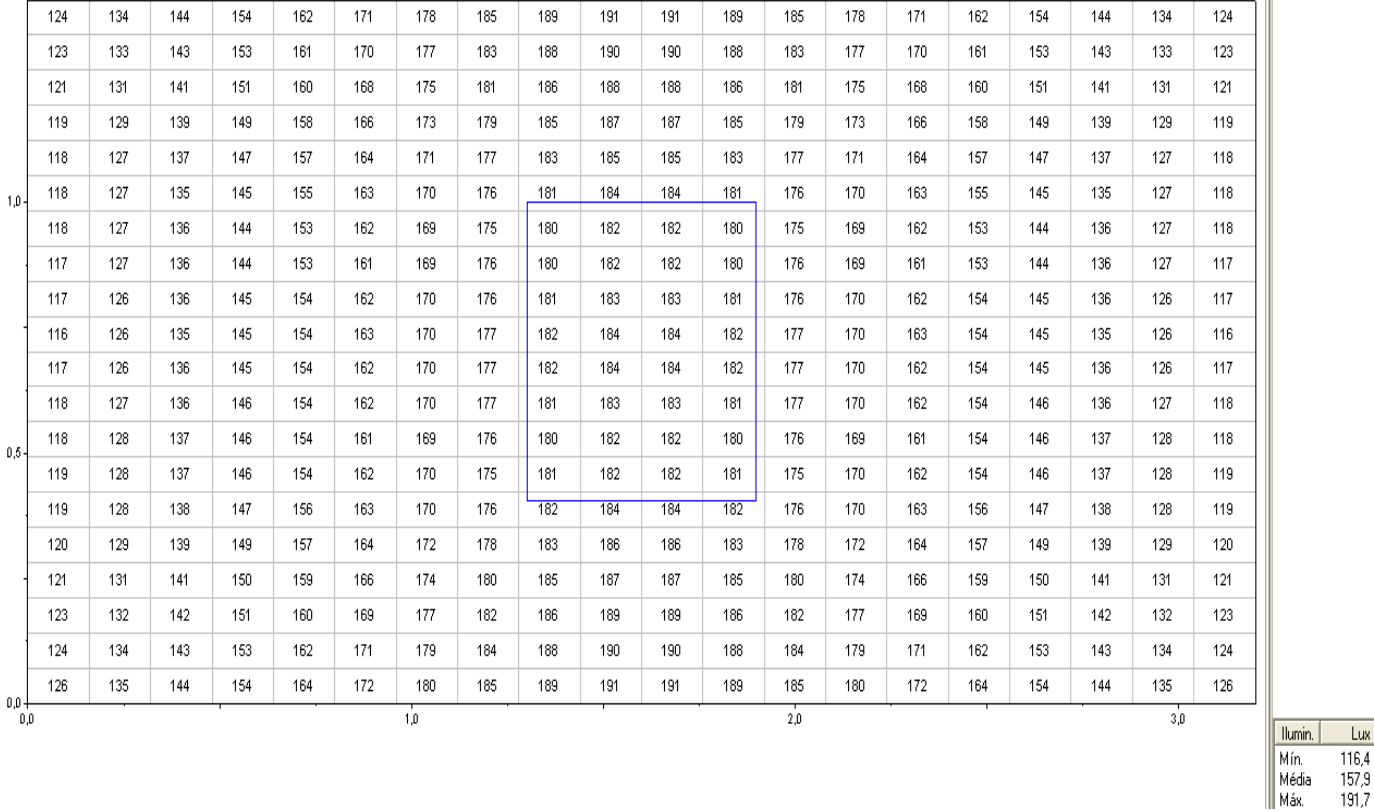
WC Masculino:



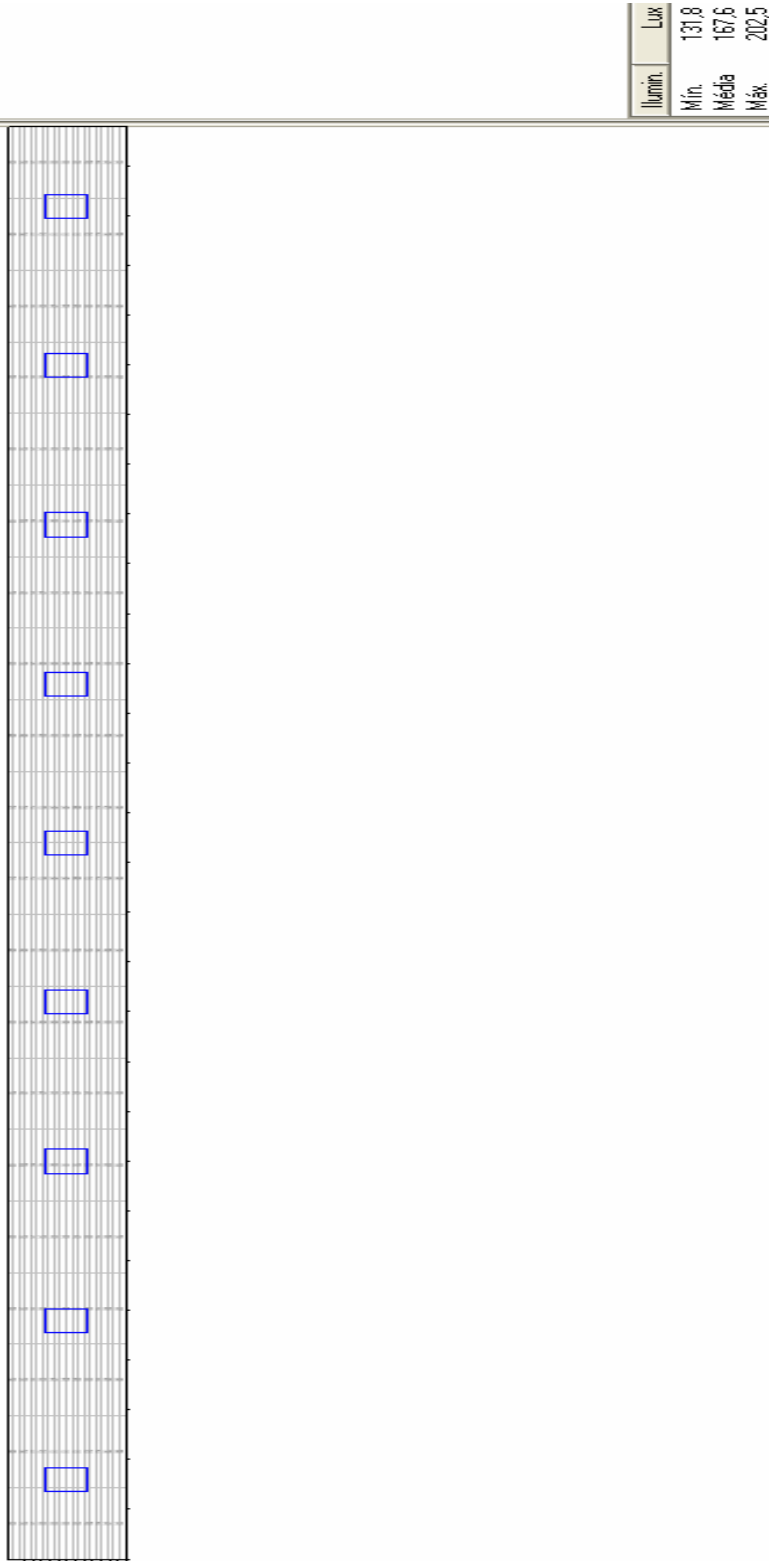
Átrio:



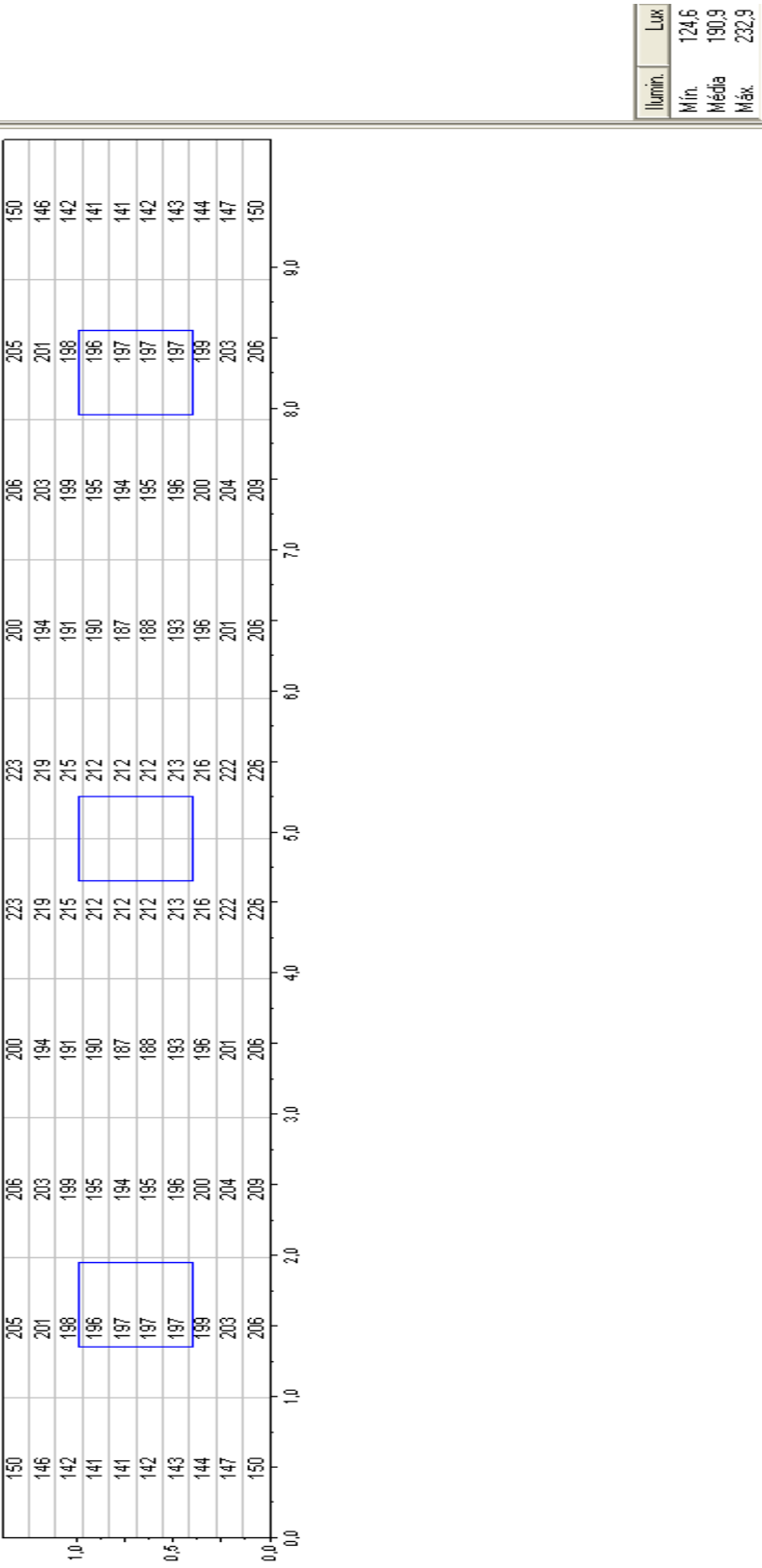
Transversal Corredor Grande:



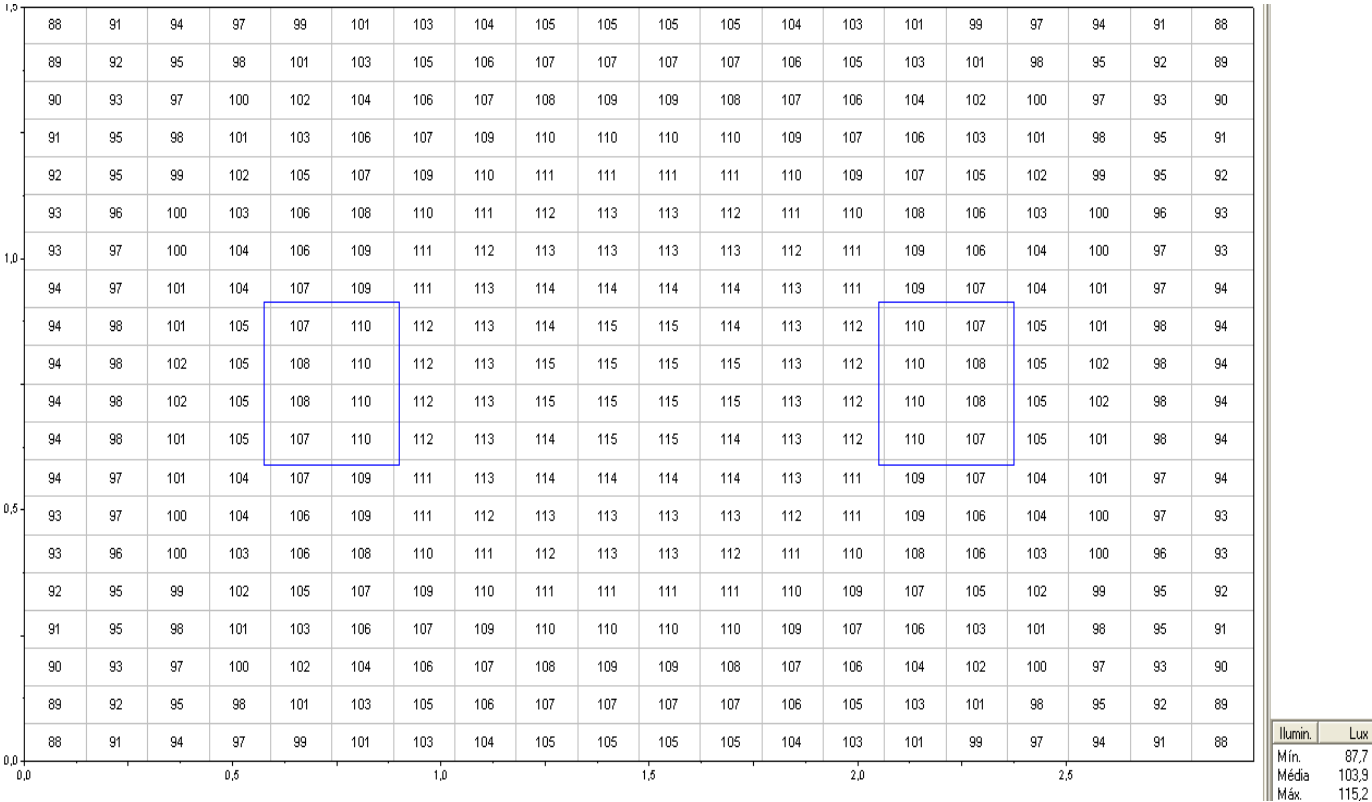
Corredor Grande:



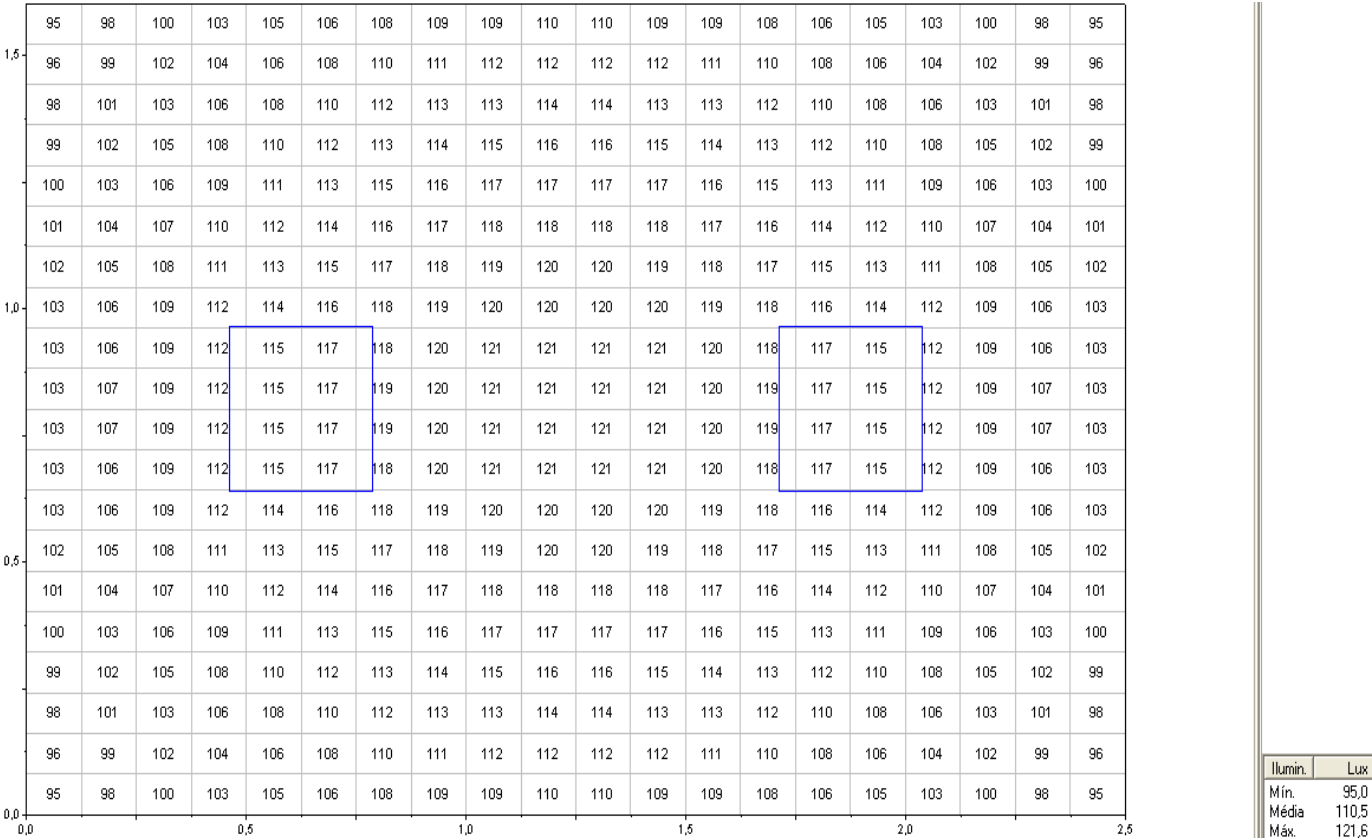
Corredor Pequeno:



Escadas Grandes:



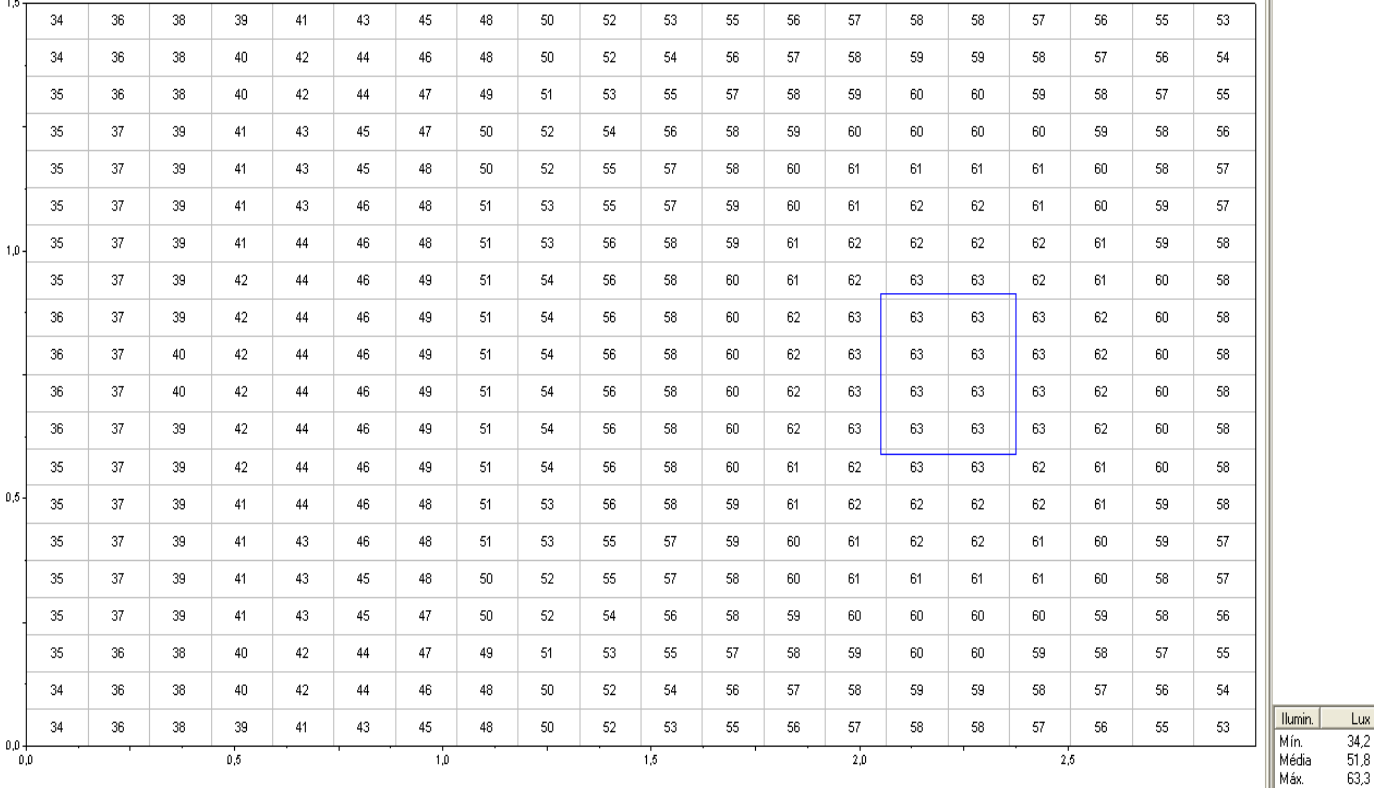
Escadas Pequenas:



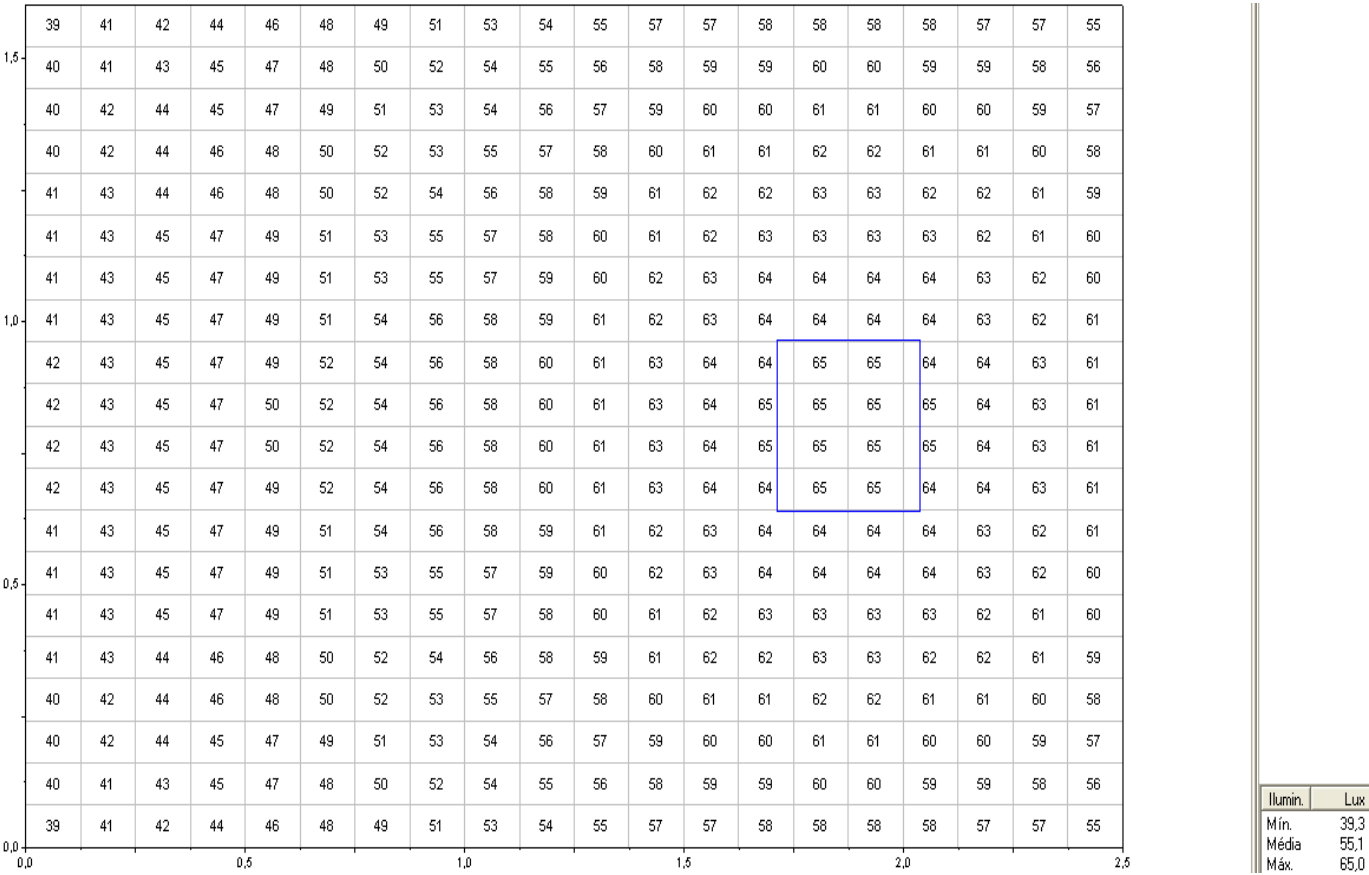
Anexo Quadro:



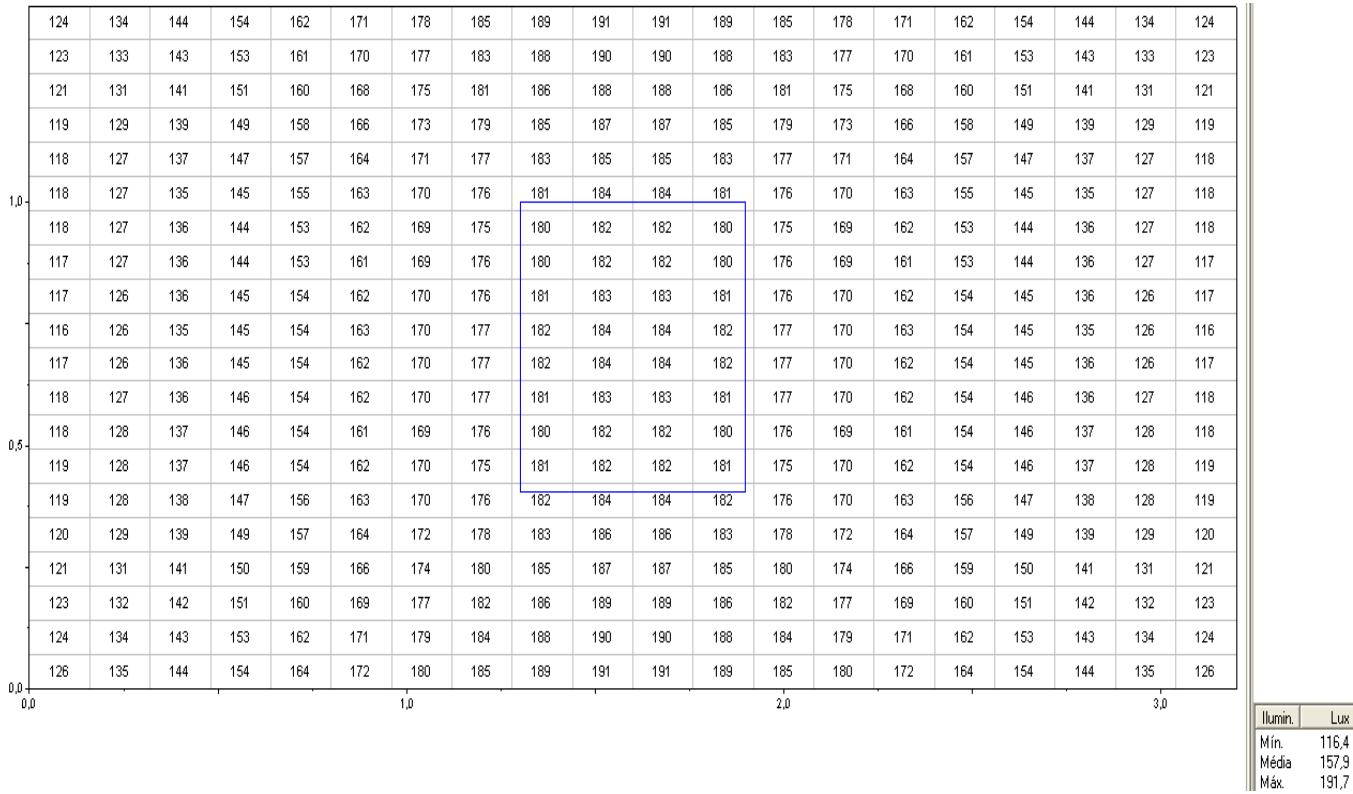
Escadas Grandes Emergência:



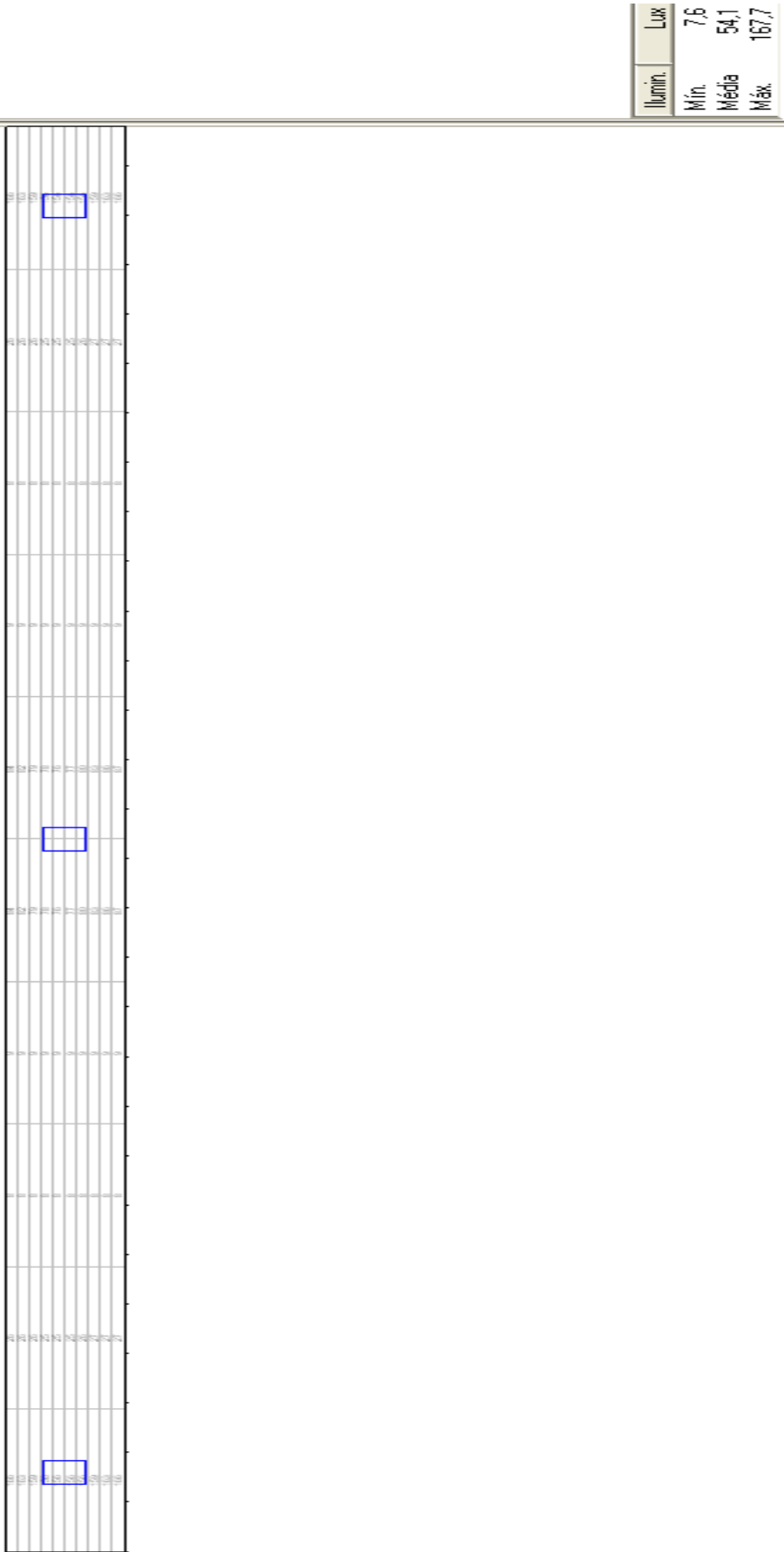
Escadas Pequenas Emergência:



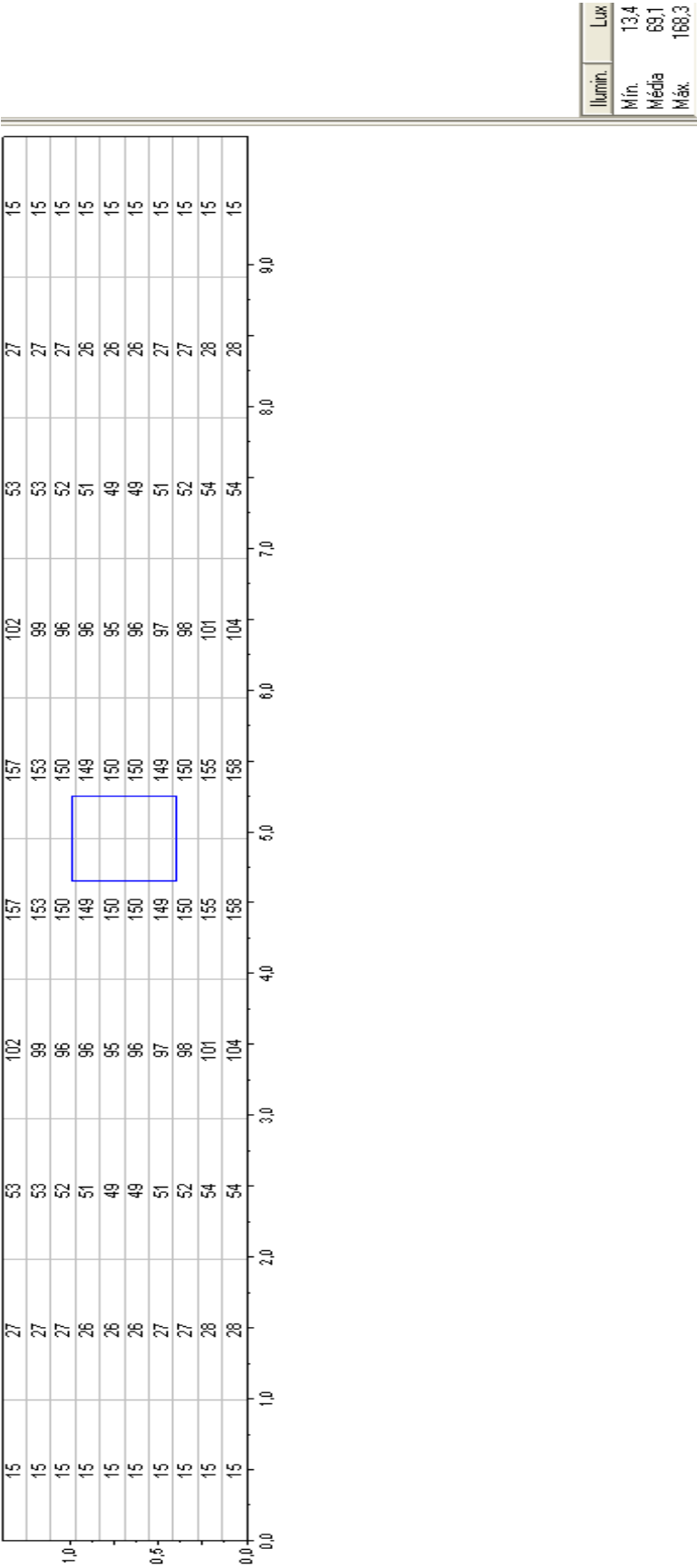
Transversal Corredor Grande Emergência:



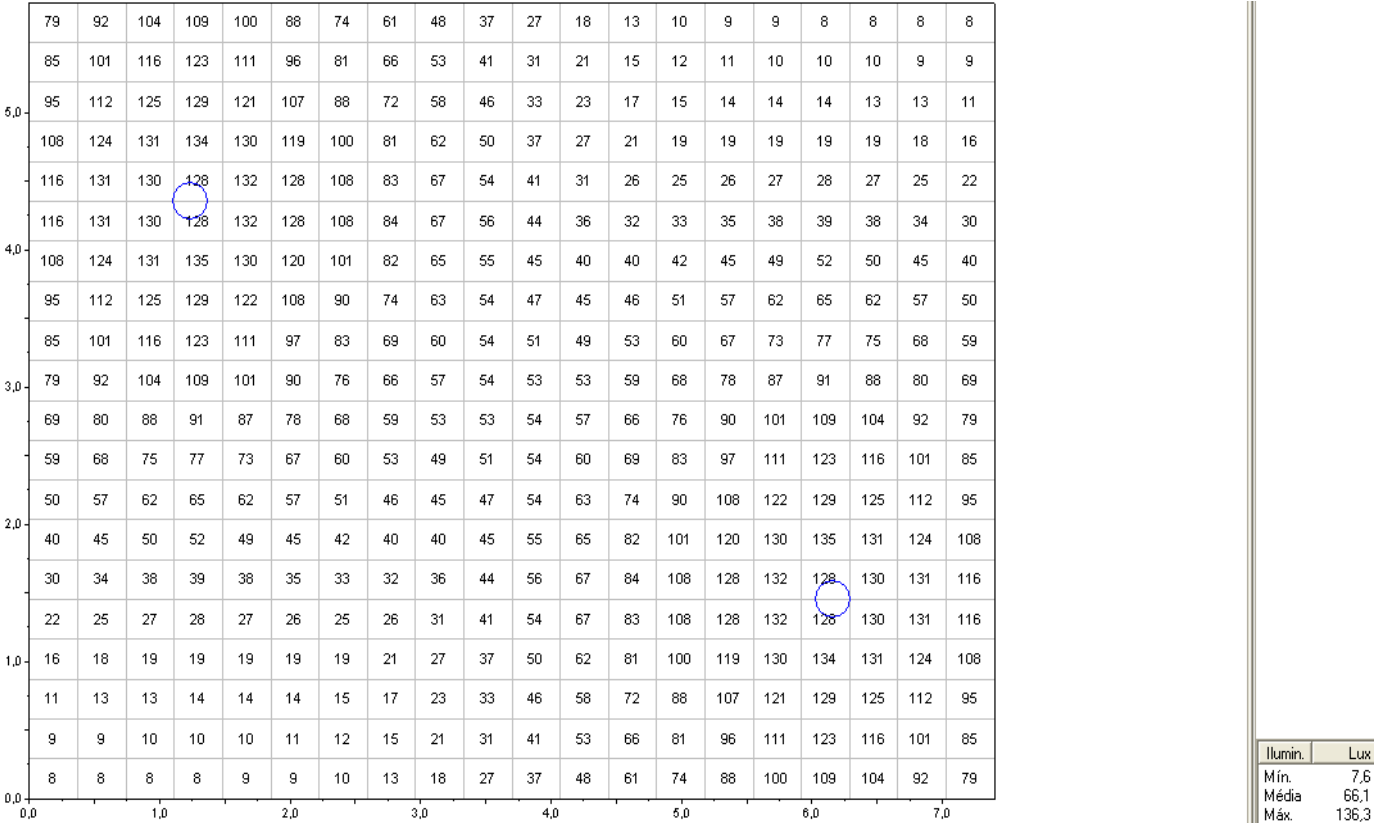
Corredor Grande Emergência:



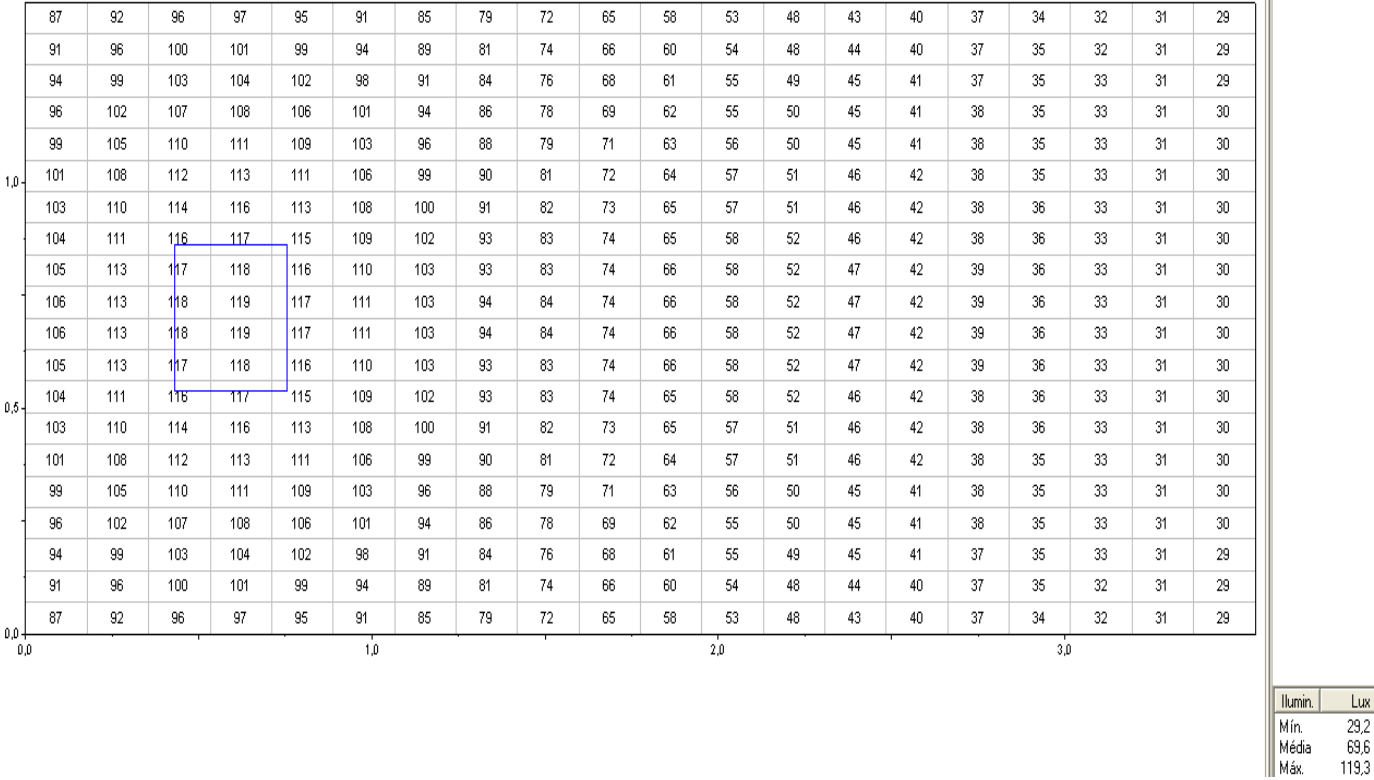
Corredor Pequeno Emergência:



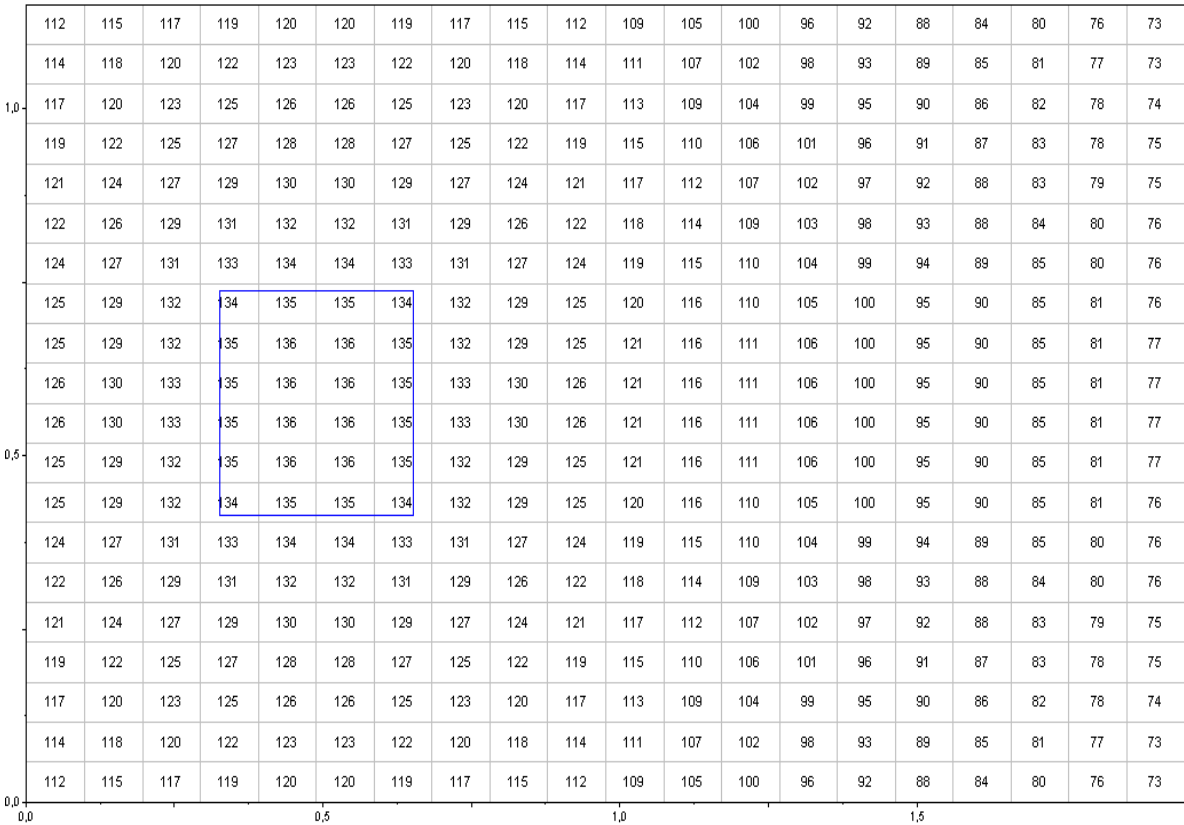
Átrio Emergência:



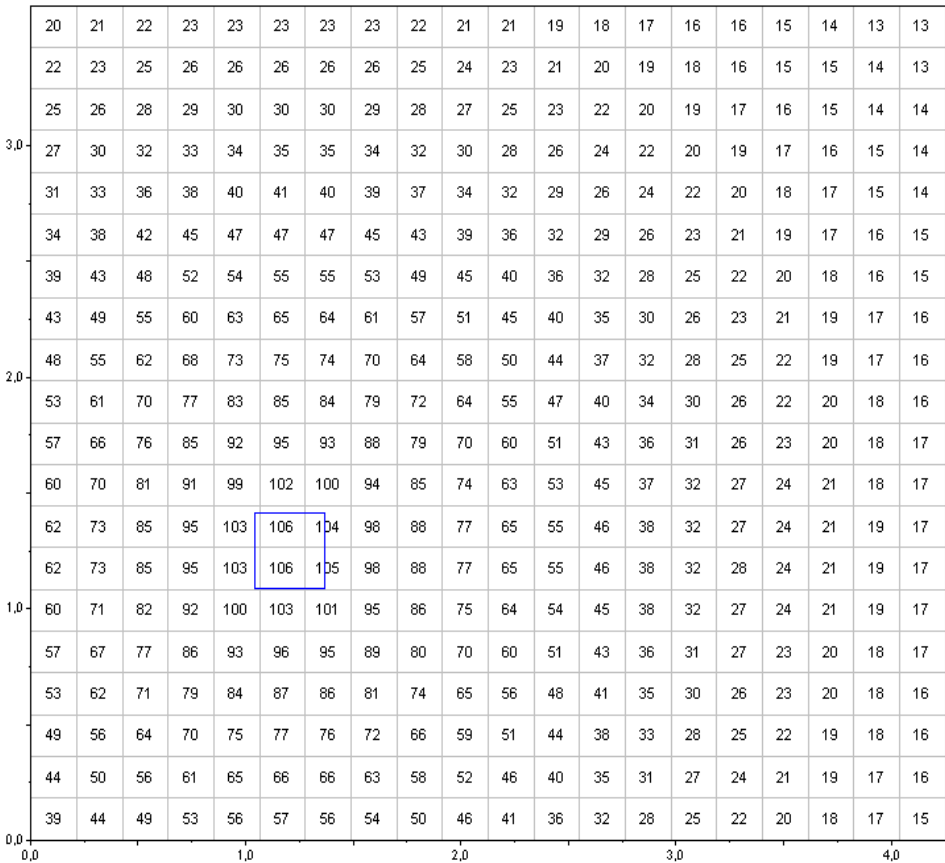
Entrada WC Emergência:



WC Feminino Emergência:



WC Masculino Emergência:



Custos Económicos das Divisões