

Índice

<u>INTRODUÇÃO</u>	2
<u>OBJECTIVO</u>	2
<u>DADOS DO PROJECTO</u>	3
<u>LUMINÁRIAS UTILIZADAS E SUAS CARACTERÍSTICAS</u>	4
<u>CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS</u>	5
<u>DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ALIMENTAÇÃO DA INSTALAÇÃO</u> ...	8
<u>ESQUEMA UNIFILAR</u>	11
<u>ESTUDO DE POUPANÇA DE ENERGIA:</u>	11
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	15
<u>ANEXOS</u>	16

Introdução

A iluminação exterior pode ser classificada em várias categorias das quais se distinguem a iluminação das vias pública, túneis, aeroportos, grandes áreas fachadas de edifícios e reclusos luminosos. O objectivo da iluminação de vias públicas é evidentemente melhorar as condições de visão dos usuários das ditas vias, tendo sempre em conta factores económicos. Assim, para o condutor é necessário garantir a visibilidade necessária para distinguir os obstáculos e o traçado da via com o tempo útil para efectuar as manobras inerentes à condução. Para os peões a finalidade consiste na visibilidade clara dos limites dos passeios assim como a ausência das zonas muito sombrias. Considerando um obstáculo de 15cm de lado e factor de reflexão de 15%, admite-se que um automobilista o deva ver a 100m de distância considerando uma velocidade de 60Km/h e para um peão esse mesmo obstáculo deve poder ser visto até uma distância de 10m.

A iluminância deve ser tal que não permita que passem despercebidos os pontos críticos da via, tais como curvas, cruzamentos, passagens de nível entre outros. Os níveis de iluminação devem ser adaptados às exigências de cada via e deste modo estabelece-se uma classificação entre as vias públicas, tendo em conta os seguintes elementos:

- A densidade do tráfego automóvel,
- A velocidade da circulação automóvel,
- A densidade do tráfego dos peões,
- A necessidade do respeito das cores.

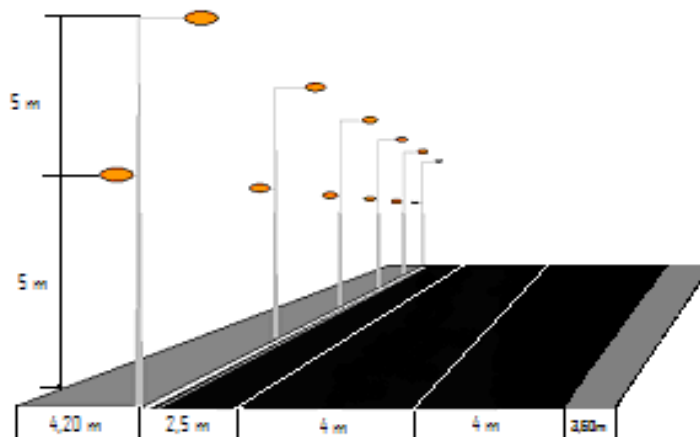
Para cada tipo de iluminação, para cada tipo de via correspondem diferentes níveis e características de iluminância e de luminância, bem como diferentes critérios de qualidade (coeficientes de uniformidade, encadeamento, coeficiente de iluminação dos arredores...).

Objectivo

Este trabalho da disciplina de Técnicas de Iluminação tem como objectivo primordial desenvolver a competência necessária para a concretização de projectos de iluminação pública. Assim, foi realizado o estudo da instalação de iluminação de uma via pública. A iluminação da via pública foi feita com base nas iluminâncias e luminâncias médias pretendidas e na uniformidade das mesmas. O estudo fotométrico foi elaborado apenas com recurso as curvas de isoluminância e isolux das luminárias utilizadas. Não foi, portanto, utilizado nenhum software específico.

Será feito também, um estudo de poupança de energia de forma a melhorar a solução proposta, não só em termos económicos, mas também para racionalizar o consumo de energia. É parte integrante deste trabalho o dimensionamento dos ramais de alimentação da instalação, bem como os respectivos esquemas unifilares.

Dados do projecto



Dados	
Passeio principal	4,20 m
Estacionamento	2,50 m
Via	8,00 m
Passeio oposto	3,60 m
<i>Total</i>	<i>20,0 m</i>

Ao longo dos passeios existem árvores que vão condicionar a colocação das armaduras.

De acordo com as tabelas referentes à iluminação de vias públicas efectuou-se uma classificação a partir do tipo de via. Tratando-se de uma rua principal dentro de uma localidade e com acesso a uma urbanização, o tipo de iluminação recomendado é o II. Esta classificação estabelece os limites de luminância e iluminância aos quais a instalação deve obedecer.

Parâmetros exigidos na instalação	
Iluminância média da via	22 a 108 lux
Iluminância média do passeio	30 lux
Luminância média	2 a 4 cd/m^2
Uniformidade média da luminância	$\geq 40\%$
Uniformidade longitudinal da luminância	$\geq 60\%$
Características do revestimento da via	0.07

Luminárias utilizadas e suas características

As luminárias para a iluminação de vias públicas as devem:

- Dirigir o fluxo luminoso para obter a repartição desejada com o melhor rendimento possível.
- Prevenir o encandeamento dos usuários da estrada.
- Responder às especificações eléctricas que garantem a segurança e o bom funcionamento.
- Proteger as fontes contra as influências atmosféricas.

Os materiais de construção das luminárias utilizadas nas vias públicas e a sua colocação em serviço poderão ter que seguir regras estabelecidas entre utilizadores e instaladores.

A luminária envolve as fontes luminosas e, por um sistema óptico incorporado, reparte a fluxo luminoso das fontes para assegurar o efeito desejado.

O invólucro exterior está destinado a proteger a montagem interior contra os elementos agressivos e deve resistir sem deformação aos choques mecânicos.

A forma, as dimensões e os dispositivos construtivos devem corresponder à composição e à potência das fontes, assim como à estética. Em particular, o órgão de fixação do suporte deve assegurar e manter de maneira permanente a posição da luminária.

Assim, atendendo aos factos referidos, a escolha da luminária a usar neste estudo recaiu sobre a Viento IVH1 do catálogo da Indalux (sugerida pelo docente).

○ Passeio

Luminária Modelo: IVH1

Tipo de Lâmpada: 1x150St Sódio de alta pressão

Rendimento total hemisfério inferior: 80,7%

Alcance: Intermédio

Dispersão: Larga

Controlo: Intenso

Classe da armadura: Semi cut-off

○ Via

Luminária Modelo: IVH1

Tipo de Lâmpada: 1x250St Sódio de alta pressão

Rendimento total hemisfério inferior: 82,2%

Alcance: Longo

Dispersão: Larga

Controlo: Moderado

Classe da armadura: Semi cut-off



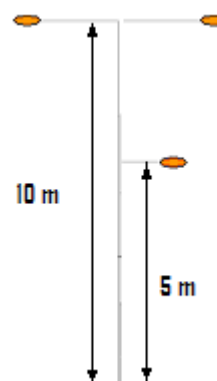
Disposição das armaduras na via

Disposição	Relação entre a largura da via (A) e a altura de montagem (H)
Unilateral	$A/H < 1$
Alternada	$1 < A/H < 1,5$
Paralela	$A/H > 1,5$
Suspenso	Ruas estreitas

Como a largura da via é de 8m e altura de montagem é de 10m, as armaduras são dispostas unilateralmente.

Todas as armaduras terão um braço de 1,5m que suportam a luminária voltada para a via. A luminária voltada para o passeio não tem braço e a altura de montagem é de 5m.

A única exceção, é a armadura utilizada na zona do canteiro triangular no fim da via (da esquerda para a direita), em que é utilizado um braço duplo para as luminárias que ficam viradas para a rua (lâmpadas de 250 W). A altura de montagem mantém-se, 10 m para a via e 5 m para a passagem interior do canteiro.



Cálculos luminotécnicos

Factor de manutenção

O factor de manutenção a considerar depende do tipo de armadura, do tipo de lâmpada e da situação do local. Sendo a lâmpada utilizada neste projecto de vapor de sódio de alta pressão e considerando que se trata de uma atmosfera não poluída e o tipo de armadura com difusor:

$$\delta = \delta_1 \times \delta_2 = 0,90 \times 0,95 = 0,855$$

➤ Para obter parâmetros exigidos para a instalação, calcula-se o espaçamento máximo para verificar a condição da uniformidade de luminância média. Sabendo que a luminância média pretendida é de 2 cd/m², e utilizando as curvas no diagrama da isoluminância, obtém-se um espaçamento máximo em função de h. Com h=10m, tem-se

que $e < 33,67m$. No entanto, foi necessário recorrer a uma interpolação, já que as curvas “lidas” directamente* foram as de 10% e de 20%. Para respeitar os 25% exigidos, a curva a utilizar seria a de 12,5%. Obteve-se:

* *sobreposição manual das curvas com papel vegetal*

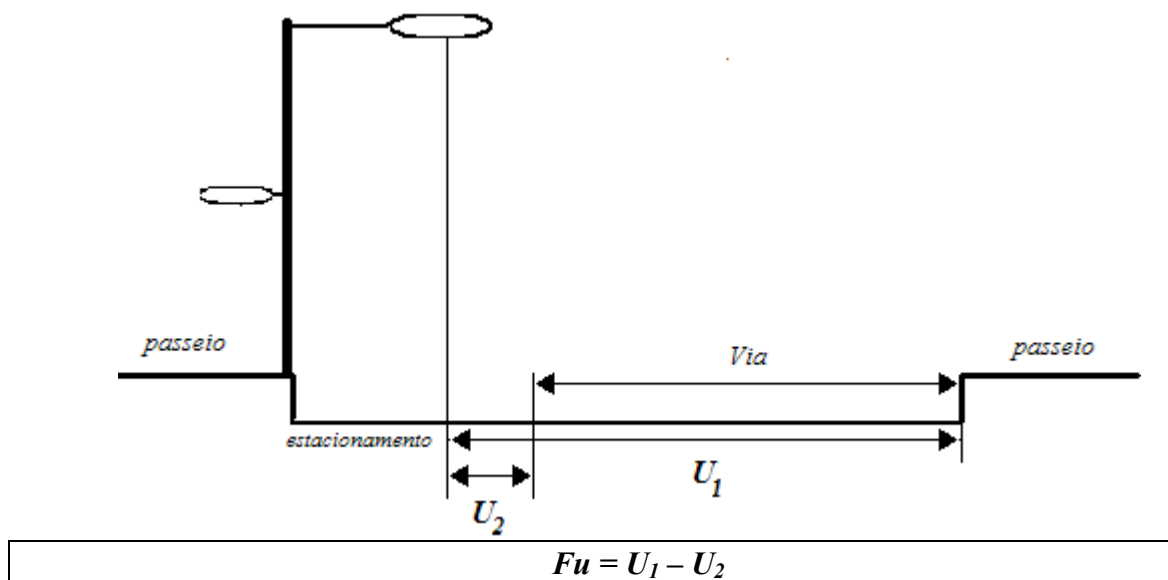
Espaçamento máximo entre armaduras		
curva	cálculo	espaçamento
10	directo	43,8 (m)
20	directo	3,23 (m)
12,5	interpol.	33,6575 (m)
Espaçamento utilizado (m)		
25		

Luminância média:

$$L_m = \frac{F_a * F_u * F_m * q_0}{e * l} \Leftrightarrow 2 = \frac{28000 * 0,24 * 0,855 * 0,07}{25 * 8} \Leftrightarrow L_m = 2,01 \text{cd} / \text{m}^2$$

Pelas curvas de rendimento de luminância (ver anexo), utilizando a curva B (posição do observador na direcção das luminárias).

$$F_u = 0,29 - 0,05 = 0,24$$



$$e = 25m \text{ e } h = 10m$$

$$L_{\max} = \frac{f_l * F_a * q_0}{h^2} = \frac{0,185 * 28000 * 0,07}{10^2} = 2,98 \text{cd} / \text{m}^2$$

$$u_{\text{méd}} = \frac{L_{\text{min}}}{L_{\text{m}}} \geq 0,4 \Leftrightarrow L_{\text{min}} \geq 0,4 * 2,01 = 0,804 \text{cd} / \text{m}^2$$

Uniformidade longitudinal $\Rightarrow \frac{L_{\text{min}}}{L_{\text{max}}} * 100\% = \frac{0,804}{2,98} * 100\% = 26,98\%$

Iluminância média obtida nos passeios:

Pretende-se garantir uma iluminância, não inferior a 30lux.

$$Em = \frac{Fa * Fm * Fu}{e * l} = \frac{12700 * 0,855 * 0,3}{25 * 4,20} = 31,2 \text{lux}$$

Fu = 0,3 (calculado como anteriormente, mas agora com h =5m)

- *Pela análise das curvas (em anexo), conclui-se que não é significativo entrar com a contribuição do fluxo proveniente da luminária que está virada para a via.*

	Valores Pretendidos	Valores Calculados
Luminância média da via (cd/m ²)	2	2,01
Uniformidade de luminância média (%)	40	40
Iluminância média dos passeios (lux)	30	31,2
Iluminância média no triângulo (lux)	Não esp.	≈ 42

Dimensionamento dos ramais de alimentação da instalação

Dados da instalação

Não entrou foi objecto de estudo a parte da instalação que vai do armário de distribuição.

Optou-se por usar apenas um armário de distribuição, que foi colocado na zona do acesso à urbanização (ver desenho AutoCad). Foram dimensionados 2 ramais a sair do AD, um alimenta o lado direito da via até à zona do canteiro triangular. Este ramal alimenta também a armadura (braço duplo) colocada no próprio canteiro e também as lâmpadas de sinalização rodoviária, colocadas nos vértices do triângulo (ver desenho Autocad em anexo, versão electrónica). O segundo ramal alimenta a parte esquerda da via e inclui as duas armaduras indicadas no desenho, bem como as 10 armaduras que não são representadas ($10 \times 25m = 250m$).

Comprimento dos ramais:

- L1:130m

- L2:300m

Potencia activa por ramal

A potência activa por ramal corresponde a soma da potência da lâmpada e da potência do balastro, sendo esta última 25% do valor da potência da lâmpada. Cada lâmpada virada para a via apresenta uma potência de 250W e a lâmpada virada para o passeio tem uma potência de 150W. As lâmpadas de sinalização são de 18W.

- $P_a (\text{ramal 1}) = (2 \times 18 + 4 \times 150 + 6 \times 250) + 0.25 \times (2 \times 18 + 4 \times 150 + 6 \times 250) = 2625 \text{ W}$
- $P_a (\text{ramal 2}) = 12 \times (150 + 250) + 0.25 \times 400 = 6000 \text{ W}$

Factor de potencia: 0,9 indutivo

Potencia aparente

- $S = P_a / \text{fp}$
 - $S_1 = 2625 / 0,9 = 2916,7 \text{ VA}$
 - $S_2 = 6000 / 0,9 = 6666,67 \text{ VA}$

Corrente de serviço

- $I_s = S / \sqrt{3} \times U_c$

$$-I_{s1} = 2916,7 / \sqrt{3} * 400 = 4,91 \text{ A}$$

$$-I_{s2} = 6666,67 / \sqrt{3} * 400 = 4,91 \text{ A}$$

Secção dos condutores

Para o dimensionamento da secção dos cabos recorre-se as tabelas que suportem as correntes de serviço calculadas. Desta forma, constata-se que, tanto os cabos com uma secção de 6mm^2 , quer cabos de 10mm^2 “suportam” perfeitamente a corrente máxima de serviço. Optou-se por uma secção de 10 prevendo um aumento de carga nos respectivos ramais. O cabo é enterrado.

- O cabo que sai do ramal de alimentação para cada uma das armaduras tem apenas dois condutores, uma fase o neutro. É utilizado cabo flexível.

Dimensionamento das protecções

O dimensionamento das protecções a utilizar para a secção escolhida, tem em atenção as condições técnicas impostas. Assim, no dimensionamento das protecções é necessário assegurar as seguintes relações:

$$I_s \leq I_n \leq I_z \quad e \quad I_f \leq 1.45 I_z$$

I_n : calibre da protecção (A)

I_z : corrente máxima admissível no cabo (A)

I_f : corrente convencional de funcionamento da protecção (A)

t_{fad} : tempo de fadiga térmica do cabo (seg)

t_a : tempo de actuação da protecção (seg)

I_z é determinado a partir de tabelas, para a secção de cabo (10mm^2) utilizada e para cabo enterrado (tipo VAV).

Ramal	Secção	S (kVA)	i_s	i_n	i_f	$1,45 * I_f$	I_z	$I_f < 1,45 I_z$	$I_s < I_n < I_z$
L 1	10	0,13	4,21	16	28	116	80	Verifica	Verifica
L 2	10	0,3	9,62	16	28	116	80	Verifica	Verifica

O calibre escolhido para a protecção (tipo corta-circuitos) é de 16 A.

- O fusível colocado em cada armadura é um fusível de 6 A e que respeita todas as condições exigidas.

Queda de tensão

Para respeitar a condição da queda de tensão, utilizou-se o valor máximo permitido no regulamento (5%).

RSIUEE; 425 – queda de tensão admissível – a queda de tensão admissível desde a origem da instalação de utilização até ao aparelho electricamente mais afastado, supostos ligados todos os aparelhos de utilização que possam funcionar simultaneamente, não deverá ser superior a 3% ou a 5% da tensão nominal, respectivamente para circuitos de iluminação e para circuitos de outros usos.

As quedas de tensão serão inferiores a:

$$230 \times 5\% = 11.5V.$$

Para o cálculo da queda de tensão utiliza-se a seguinte expressão:

$$\Delta U = i_s \times R_{70^\circ}$$

Onde:

$$R_{70^\circ} = R_{20^\circ} \times [1 + 0,00393 \times (70 - 20)] \times L$$

Ramal	Secção	L (Km)	R20°/km	R20°	Is	ΔU (v)
L 1	10	130	1,83	0,239	4,21	0,16
L 2	10	300	1,83	0,549	9,62	1,9

Condição de protecção contra curto-circuitos:

Neste ponto calcula-se o valor da corrente mínima de curto-circuito que é dado por:

$$I_{ccmin} = \frac{0.95U_{ns}}{1.5(R_{20^\circ C}^F + R_{20^\circ C}^N)}.$$

O tempo de fadiga térmica do cabo é dado por:

$$t_{fad} = \left(k \times \frac{S_{neutro}}{I_{ccmin}} \right)^2,$$

O valor da constante k é igual a 115 para cabos de cobre isolados.

Em relação ao tempo de actuação das protecções deve ser assegurado que:

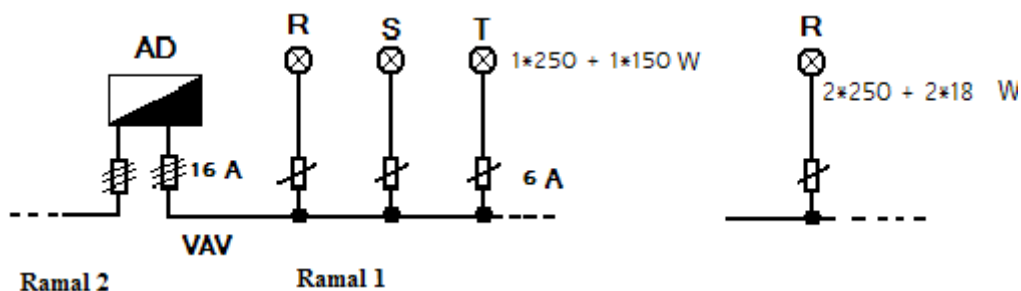
$$t_a \leq t_{fad} \quad \text{e} \quad t_a \leq 5 \text{ s.}$$

$$t_a = 0,06 \text{ seg}$$

Na tabela a seguir apresentamos os valores para a corrente mínima de curto-circuito, e o tempo de fadiga térmica:

<i>Ramal</i>	Secção F	Secção N	L (Km)	R20°/km F	R20°/km N	I _{cc min}	k	t _{fad} (seg)
<i>L 1</i>	10	10	130	1,83	1,83	69,6	115	16,53
<i>L 2</i>	10	10	300	1,83	1,83	166,6	115	7,16

Esquema unifilar



Estudo de poupança de energia:

No desenvolvimento de um projecto é importante conciliar aspectos que, muitas vezes são incompatíveis, como a defesa do ambiente e o interesse óbvio de reduzir os custos.

Num projecto de iluminação pública podemos conseguir conjugar esses dois aspectos, implementando processos de poupança de energia. Estes reduzem o consumo eléctrico da instalação, havendo então poupança nos custos de exploração e, consequentemente, de recursos ambientais, sem contudo haver uma redução na qualidade de serviço.

O nível de luminância poderia ser regulado utilizando meios de monitorização do tráfego viário e pedonal da área a iluminar, aumentando o fluxo emitido em caso de tráfego mais intenso e reduzindo-o na situação inversa. Contudo, para essa monitorização ser efectuada, surgia a necessidade de recorrer a complicados e dispendiosos meios técnicos e humanos, o que aumentaria os custos de forma praticamente inabarcável. Assim, é possível fazer a regulação da iluminação de acordo com a hora do dia e altura do ano, variando o fluxo emitido. Será necessário um fluxo inferior quando ainda há alguma iluminação natural.

Um dos métodos de reduzir o fluxo poderia passar por colocar fora de serviço algumas luminárias nas horas mortas. Contudo este método poderia ser algo desadequado, dado que a luminância ficaria pouco uniforme, podendo ser criadas zonas de sombra. Logo, para se conseguir uma uniformização da luminosidade, convém proceder-se a uma regulação uniforme em todas as armaduras. No caso de se possuir mais do que uma lâmpada por armadura, poder-se-ia desligar uma das lâmpadas em cada armadura. No caso de só haver uma lâmpada na mesma, a regulação da luminosidade emitida terá de ser feita por variação do fluxo emitido por lâmpada.

As armaduras Viento IVH1 permitem o encaixe de apenas uma lâmpada logo, no projecto em questão, o melhor método de poupança de energia passaria pela regulação do fluxo da lâmpada das armaduras, dado, pelas razões atrás referidas, ser desaconselhável pôr armaduras fora de serviço.

O método utilizado para proceder à redução do fluxo emitido, passa por uma redução da potência da lâmpada, por variação da tensão aplicada à mesma. Essa variação é conseguida pela instalação de um transformador especial (injector) incluído no armário de distribuição.

O transformador permite a injeção de uma contra-tensão variável, em série em cada fase. A contra-tensão está desfasada de 180° em relação à fundamental, sem perturbação ou deformação da sinusóide. Este processo é bastante seguro visto que no caso de corte do comando variável, a linha principal permanece ao nível de tensão da rede de distribuição. O sistema não gera perturbações.

Estes sistemas têm a possibilidade de programação dos períodos de utilização a 100%, a 75 % e a 50% à vontade do utilizador, adequando a iluminação às diversas situações. Permitem uma redução de 30% a 40% na factura energética graças à diminuição da potência consumida e à atenuação das sobretensões, com o consequente prolongamento da duração de vida das lâmpadas. Assim, consegue obter-se uma redução apreciável dos custos de exploração e, consequentemente, minimizar o impacto ambiental.

Os factores a ter em conta na escolha do transformador respectivo estudo económico da sua implementação são:

- Potência e preço do transformador,
- O tempo de funcionamento da instalação: 4288,75h/ano,
- Custo atribuído a energia eléctrica: 0.08 €/KWh

De acordo com a estação do ano (91,25 dias por cada Estação), considera-se as seguintes horas de funcionamento diário:

Estação	Tempo de funcionamento (horas)
Primavera	11
Verão	10
Outono	12
Inverno	14
Total	4288,75

O custo anual de energia sem redução de potência é:

Custo anual de energia = $8,625 \times 0.05 \times 4288,75 = 2959,238$ €/ano

Considerando agora a utilização do transformador de redução de potência, proceder-se-á ao cálculo e estruturação dos períodos de redução de acordo com a estação do ano.

Define-se a disposição de horas de funcionamento e nível de energia consumida por dia em cada estação do ano:

Estação	50%	75%	100%	
Primavera	3	5	3	(11h)
Verão	3	5	2	(10h)
Outono	3	5	4	(12h)
Inverno	3	5	6	(14h)
total (h/ano)	1095	1825	1368,75	4288,75

Custo anual de energia

$(91,25 \times 0.05 \times 0.5 \times 8,625 \times 1095) + (91,25 \times 0.05 \times 0.75 \times 8,625 \times 1825) + (91,25 \times 0.05 \times 1 \times 8,625 \times 1368,75) = 2266,65$ €/Ano

Poupança ao fim de um ano = 692,59 €

Há uma redução de 23,4% do custo da energia.

Para o estudo de viabilidade económica é necessário incluir o investimento inicial, o custo do transformador. Para a potência desejada, uma solução possível é a instalação de um transformador TRIFÁSICO em cada armário, com uma potência de 12 KVA. O preço por unidade é de 2500€.

É também necessário definir a taxa de actualização (sobre o valor do capital investido). Não se considerou a taxa inflação.

- Ganho anual de custo de energia = 692,59 €
- Investimento inicial = 2500 €
- Taxa de actualização = 10%

Ano	Investimento (€)	Poupança (€)	Ganho relativo ao ano 0 (€)	Balanço (€)
0	2500	-	0	-2500
1	0	692,5875	629,625	-1870,375
2	0	692,5875	572,3863636	-1297,988636
3	0	692,5875	520,3512397	-777,6373967
4	0	692,5875	473,0465815	-304,5908152
5	0	692,5875	430,0423468	125,4515317
6	0	692,5875	390,947588	516,3991197
7	0	692,5875	355,4068982	871,8060179
8	0	692,5875	323,0971802	1194,903198
9	0	692,5875	293,7247093	1488,627907
10	0	692,5875	267,022463	1755,65037

Verifica-se que ao fim de 5 anos, o investimento inicial é totalmente amortizado. Em condições normais de funcionamento a instalação mantém-se activa, e com boa fiabilidade, por um período de tempo superior a 15 anos. Assim, pode constatar-se que a utilização do transformador é vantajosa. Ao fim de 10 anos, a poupança que feita, é estimada em 1755,65€.

Referências bibliográficas

- Aparentamentos disponibilizados na página da disciplina (formato pdf)
- Sítio da WWW da Indalux – *www.indalux.es*

Anexos