



Co-funded by
the European Union

Iluminação Inteligente

Capacitação para o Desenvolvimento
Sustentável

Soluções de Iluminação em Moçambique
(SLSIM)

Curso 2.5

Conteúdo

1. Introdução aos controlos de iluminação para iluminação sustentável
2. Detecção de ocupação para controlo de iluminação inteligente
3. Colheita da luz do dia
4. Iluminação inteligente conectada
5. Protocolos de controlo de iluminação



Iluminação sustentável para o futuro

- O consumo de energia para iluminação em 2021 atingiu 1293TWh para o setor dos serviços, enquanto que para o setor residencial atingiu 512TWh e foi responsável pela emissão de 875 Mtn de dióxido de carbono.
- A União Europeia estabeleceu um quadro legislativo para promover uma iluminação energeticamente eficiente, nomeadamente:
- Regulamento da Comissão 2019/2020 que estabelece requisitos para fontes de luz e dispositivos de controlo separados
- Regulamento da Comissão 2019/2015 relativo à rotulagem energética das fontes de luz
- Directiva EPBD 2010/31
- Directiva 2012/27 relativa à eficiência energética



Potenciais benefícios energéticos e económicos da iluminação sustentável

- O Pacto Ecológico Europeu visa atingir zero emissões líquidas de gases com efeito de estufa até 2050 e um crescimento económico para a UE dissociado da utilização de recursos¹.
- A UE27 poderá alcançar mais de 59 mil milhões de euros em poupanças energéticas anuais através da substituição de luminárias convencionais por LED e iluminação conectada².
- A substituição das tecnologias de iluminação convencionais por iluminação LED conectada poderá reduzir o consumo de energia de iluminação em 80% e as correspondentes emissões anuais de carbono em mais de 50 milhões de toneladas².

¹Fonte: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

²Fonte: <https://www.signify.com/global/sustainability/municipalities-green-switch>.



Objetivos da iluminação sustentável

Fornecimento de uma qualidade de iluminação ideal no que diz respeito a:

- Níveis de iluminância
- Distribuição da intensidade luminosa
- Distribuição de potência espectral
- Duração
- Tempo

Conforto visual

Segurança

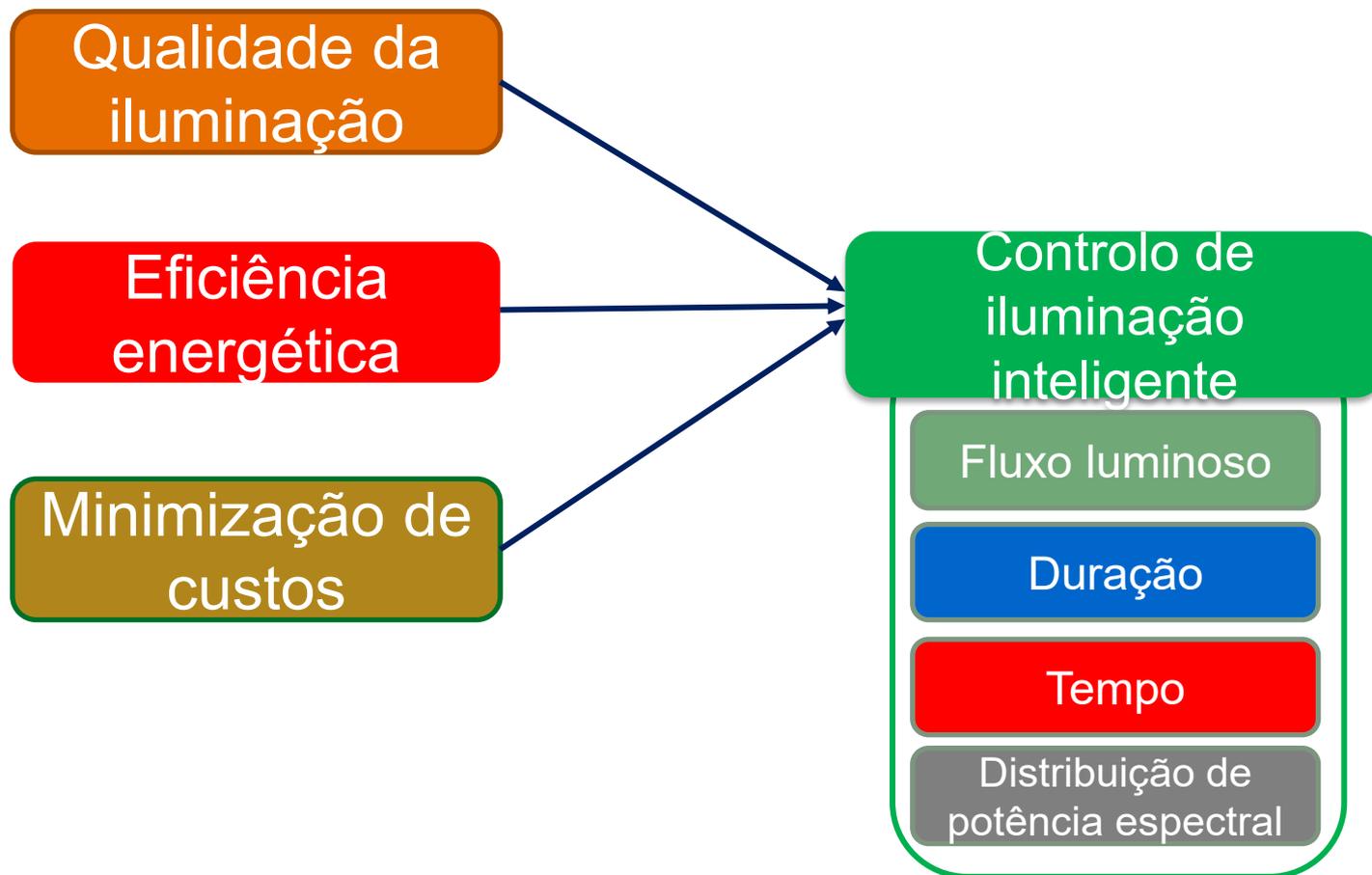
Saúde-Bem-estar

Minimização de custos: produção, transporte, fornecimento, operação e manutenção

- Eficiência energética
- Conservação dos recursos naturais
- Proteção do habitat natural



O controlo inteligente da iluminação contribui para uma iluminação sustentável



Estratégias de controlo de iluminação

Agendamento

Ajuste de tarefas

Detecção de ocupação

Escurecimento

Colheita da luz do dia

Trocando

Saída de luz constante

Controlo de distribuição de energia espectral



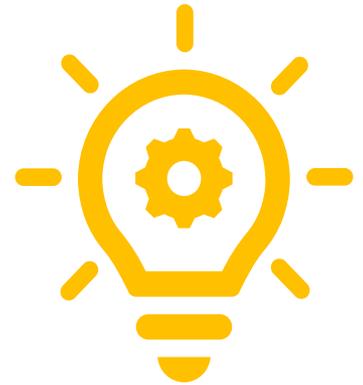
Trocando

- A comutação ou, mais detalhadamente, a utilização de interruptores para ativar ou desativar as luminárias é o método mais antigo e simples de controlar a iluminação artificial.
- A comutação pode ser utilizada para controlar todas as luminárias de um espaço ou de um subgrupo das mesmas.
- Também pode ser utilizado para controlar diferentes fontes de luz dentro da mesma luminária.
- Embora a comutação seja a forma mais barata de controlar a iluminação artificial, não oferece flexibilidade.



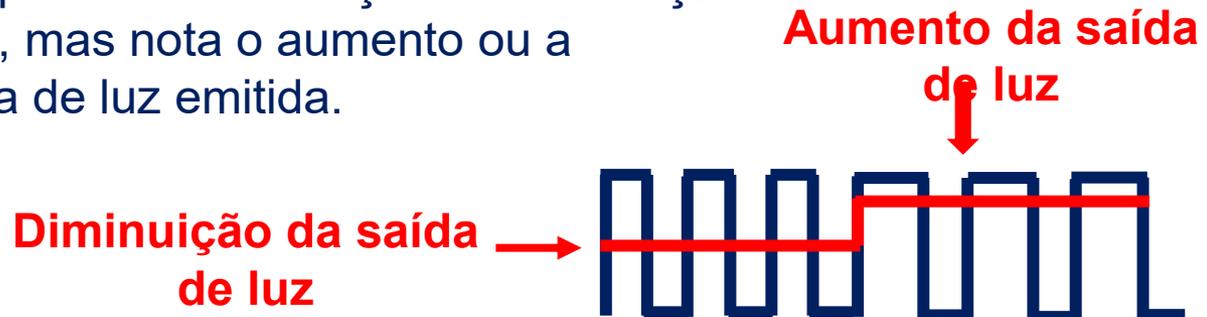
Escurecimento

- O escurecimento refere-se à regulação do fluxo luminoso de um sistema de iluminação artificial.
- O escurecimento proporciona flexibilidade ao controlo da iluminação para que esta possa ser ajustada de acordo com as necessidades dos utilizadores.
- O escurecimento é mais caro do que a troca porque são necessários balastos e drivers LED reguláveis.
- O escurecimento pode ser combinado com sensores de ocupação ou sensores de luz ambiente que regulam a saída de luz das luminárias em função dos níveis de luz do dia.



Escurecimento e LEDs

- Existem dois métodos para o escurecimento dos LEDs: a Redução de Corrente Constante (CCR) e a Modulação por Largura de Pulso (PWM).
- O método PWM praticamente faz com que a fonte de luz pisque centenas de milhares de vezes por segundo, mantendo a amplitude da corrente constante.
- A redução do fluxo luminoso emitido é obtida pela modulação da duração do impulso de disparo. Menor duração do impulso de disparo em relação ao período do sinal equivale a menor fluxo luminoso.
- O olho humano não se apercebe da ativação e desativação repetidas da fonte de luz, mas nota o aumento ou a diminuição geral da saída de luz emitida.



Escurecimento e LEDs

- A Redução Constante da Corrente aumenta ou diminui a corrente de condução da fonte de luz, resultando num aumento ou diminuição do fluxo luminoso emitido.
- O método de corrente constante é mais complexo de implementar e, por isso, os drivers de luminárias compatíveis com este tipo de controlo têm um custo de fabrico mais elevado.
- As vantagens deste método são a ausência de cintilação, mesmo a baixos níveis de escurecimento, e a ausência de interferência eletromagnética.



Agendamento

- O agendamento é utilizado em edifícios onde a iluminação segue o cronograma de atividades dos ocupantes.
- As atividades programadas dizem respeito à chegada e saída dos colaboradores, intervalos, sessões de manutenção do edifício, etc.
- O agendamento pode ser aplicado numa ou várias salas, num piso ou num edifício.
- As estratégias de agendamento são capazes de reduzir até 40% o consumo de energia elétrica proveniente da iluminação artificial.
- Deve existir uma opção de bypass para evitar o perigo de desativação repentina da iluminação artificial nos casos em que o espaço permanece ocupado.



Detecção de ocupação

- A deteção de ocupação refere-se à utilização de sensores de ocupação que ativam ou desativam a iluminação artificial dependendo da ocupação ou desocupação de um espaço interior, respetivamente.
- Em alguns casos, por razões de segurança, os sensores de ocupação diminuem a intensidade das luminárias em vez de as desativar.
- Consequentemente, os sensores de ocupação controlam a iluminação artificial através de comutação ou regulação.
- Os tipos mais comuns de sensores de ocupação são os infravermelhos ou os ultrassónicos.



Saída de luz constante

- A saída de luz dos sistemas de iluminação artificial diminui gradualmente ao longo do tempo devido a vários fatores:
 - redução do fluxo luminoso emitido pela fonte de luz de cada luminária
 - falha de fontes de luz
 - redução da eficácia luminosa das luminárias
 - a redução da reflectância das superfícies interiores da sala
- Assim sendo, no projeto inicial de cada sistema de iluminação é adotado o conceito de fator de manutenção, que é o produto de todos os fatores individuais acima referidos.
- A iluminância inicial de um espaço deve ser sobredimensionada de acordo com o fator de manutenção para que a iluminância mantida se mantenha acima ou igual ao limite mínimo estabelecido pelas normas de iluminação.

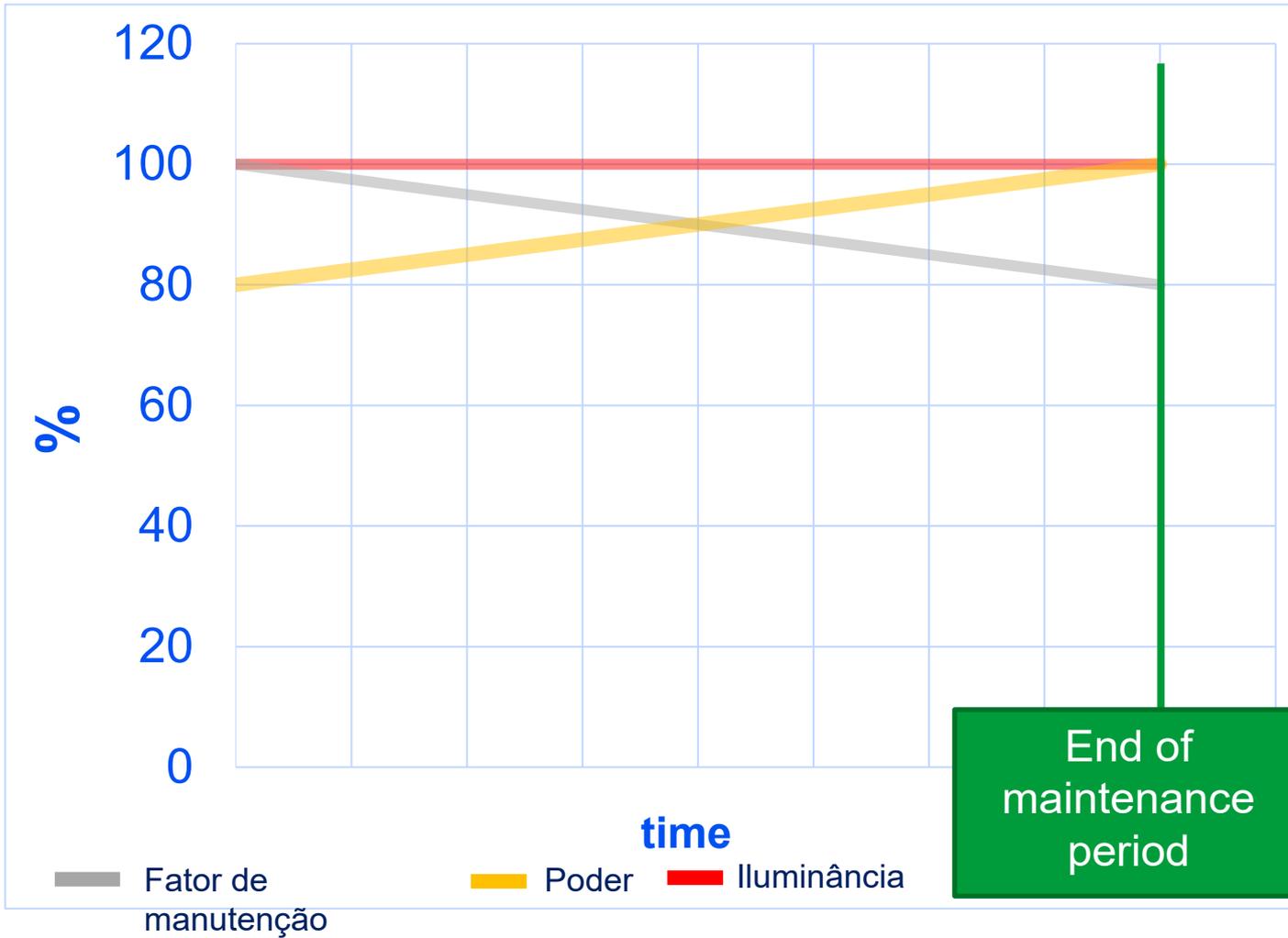


Saída de luz constante

- O controlo constante da saída de luz refere-se à redução da iluminância inicial aos níveis definidos pelas normas de iluminação, sem aplicar o sobredimensionamento anteriormente referido.
- Para compensar a perda de fluxo luminoso, a potência consumida pelas luminárias é gradualmente aumentada para manter um nível de iluminância constante.
- Assim sendo, a potência máxima deverá ser aplicada às luminárias apenas no final do período de manutenção.
- Consequentemente, a saída de luz constante resulta numa poupança de energia significativa.



Saída de luz constante



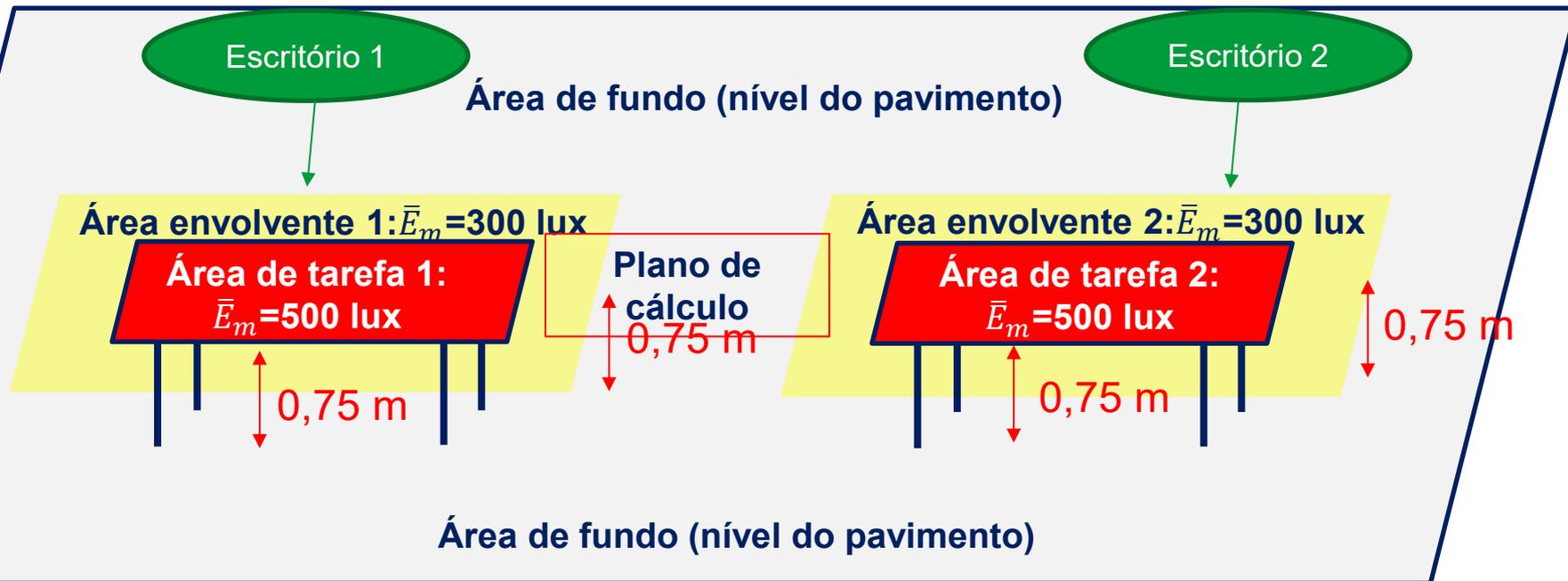
Ajuste de tarefas

- O ajuste de tarefas refere-se ao fornecimento de iluminação localizada por área de tarefa, em oposição ao fornecimento de iluminação ambiente para o espaço interior.
- O ajuste de tarefas é implementado reduzindo os níveis de iluminação ambiente de um espaço e aumentando a iluminância na área da tarefa.
- O ajuste das tarefas poupa energia sem prejudicar o conforto visual.
- É implementada de várias formas, utilizando diferentes tipos de luminárias por área de tarefa, através de regulação de intensidade ou por comutação.



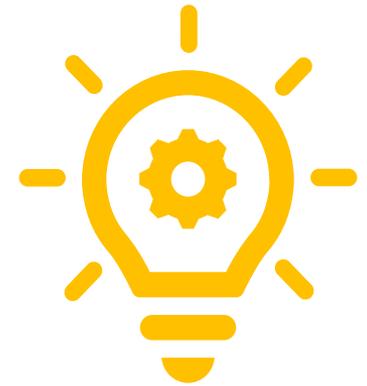
Ajuste de tarefas

Exemplo: Iluminação de escritórios



Colheita da luz do dia

- A recolha de luz natural é a utilização da luz natural para proporcionar conforto visual e, ao mesmo tempo, reduzir a energia consumida pela iluminação artificial.
- O meio predominante de captação de luz natural é o sensor de luz ambiente, que ajusta os níveis de iluminação artificial em função das variações da luz natural.
- Os principais parâmetros que determinam o potencial de poupança de energia nos sistemas de aproveitamento de luz natural são a localização geográfica e a orientação do edifício, a localização do sensor de luz ambiente, o seu algoritmo de controlo, a sua resposta espacial e espectral e as dimensões de cada divisão e das suas janelas.
- A penetração da luz do dia pode provocar encandeamento, aumentar a temperatura de uma divisão e, conseqüentemente, a carga do ar condicionado.
- Para resolver estes problemas, várias empresas fabricam sistemas de automação que combinam sensores de luz ambiente com sistemas de sombreamento.



Colheita da luz do dia

- Os sistemas de captação de luz natural podem ser classificados em duas categorias: sistemas de comutação de luz natural e sistemas de regulação da luz natural.
- Os sistemas de comutação de luz natural desativam a iluminação artificial quando o sensor de luz deteta um nível predefinido de luz natural.
- Os sistemas de regulação da luz natural conseguem atingir vários níveis de iluminância, dependendo dos níveis de luz natural e das preferências do utilizador.
- Dependendo do algoritmo de controlo, os sistemas de recolha de luz natural podem ser categorizados em sistemas de circuito fechado e de circuito aberto.
- Um sistema de circuito fechado deteta continuamente os níveis de iluminância originados pela iluminação natural e artificial e utiliza feedback para ajustar o fluxo luminoso das luminárias adequadamente em intervalos de tempo regulares.
- Um sistema de circuito aberto não tem feedback e controla a iluminação artificial de acordo com as definições de comissionamento.



Controlo de distribuição de energia espectral

- O controlo da distribuição de potência espectral refere-se à regulação da distribuição de potência espectral de uma luminária de acordo com os requisitos do utilizador.
- É implementada através do uso de luminárias brancas ajustáveis.
- O controlo da distribuição de potência espectral de uma luminária pode ser utilizado para favorecer o ritmo circadiano humano, facilitando a estimulação mental ou o relaxamento.
- Através da utilização do controlo de distribuição de energia espectral, podem ser implementados diversos cenários de iluminação, proporcionando flexibilidade na iluminação de espaços interiores.



Controlo de
distribuição de
energia espectral



Iluminação centrada
no ser humano



Conteúdo

1. Introdução aos controlos de iluminação para iluminação sustentável
2. Detecção de ocupação para controlo de iluminação inteligente
3. Colheita da luz do dia
4. Iluminação inteligente conectada
5. Protocolos de controlo de iluminação



Sensores de ocupação

Infravermelho passivo

Ultrassónico

Tipo duplo (PIR-Ultrassónico)



Sensores infravermelhos passivos

- Os sensores infravermelhos passivos (PIR) não emitem radiação, mas enviam um sinal que ativa o sistema de iluminação artificial com base na radiação infravermelha que recebem.
- Os principais componentes que constituem um sensor PIR são o sensor piroelétrico e a lente de Fresnel.
- O sensor piroelétrico deteta radiação infravermelha no seu campo de visão, gerando voltagem que ativa um interruptor que controla a iluminação artificial.
- O material piroelétrico do sensor é sensível à radiação próxima de 10 μ m, (ou seja, na região de **infravermelho** radiação), que é o comprimento de onda máximo da radiação térmica emitida pelo corpo humano.

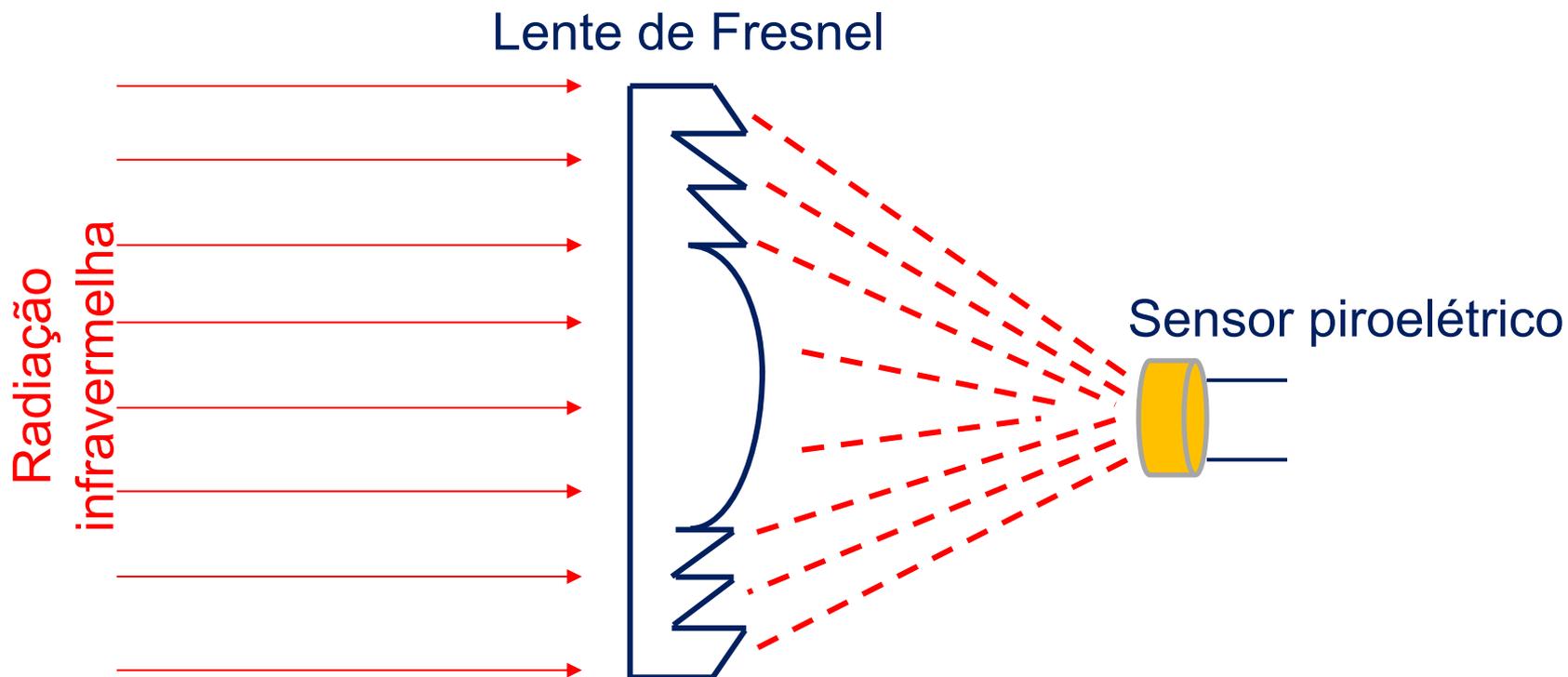


Sensores infravermelhos passivos

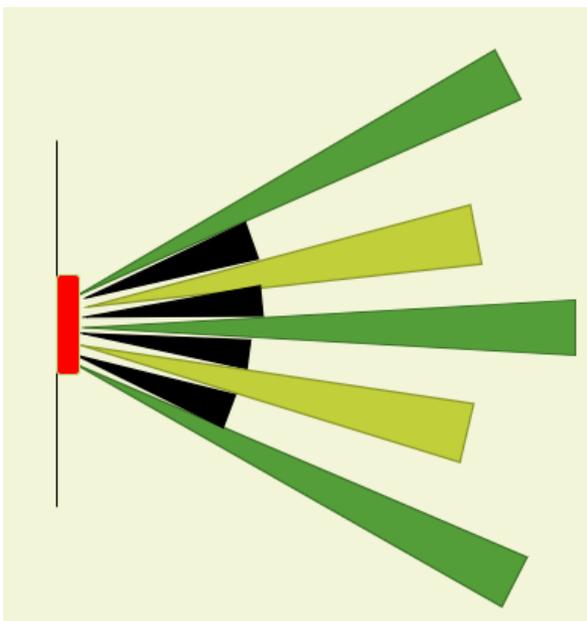
- A lente de Fresnel limita o campo de visão do sensor piroelétrico em zonas individuais discretas, para que o sensor reaja a qualquer variação térmica que ocorra entre duas ou mais zonas.
- Por este motivo, os sensores infravermelhos são propensos a falsos desligamentos.
- De salientar que o sensor PIR não consegue detetar a radiação térmica do corpo humano que é impedida por um obstáculo.
- Por conseguinte, não são adequados para o controlo da iluminação em espaços abertos onde existam paredes divisórias entre postos de trabalho.
- A sensibilidade do sensor PIR depende da orientação do detetor piroelétrico e da lente de Fresnel.
- Se a distância entre um ocupante e o sensor aumentar, a sua sensibilidade diminui.



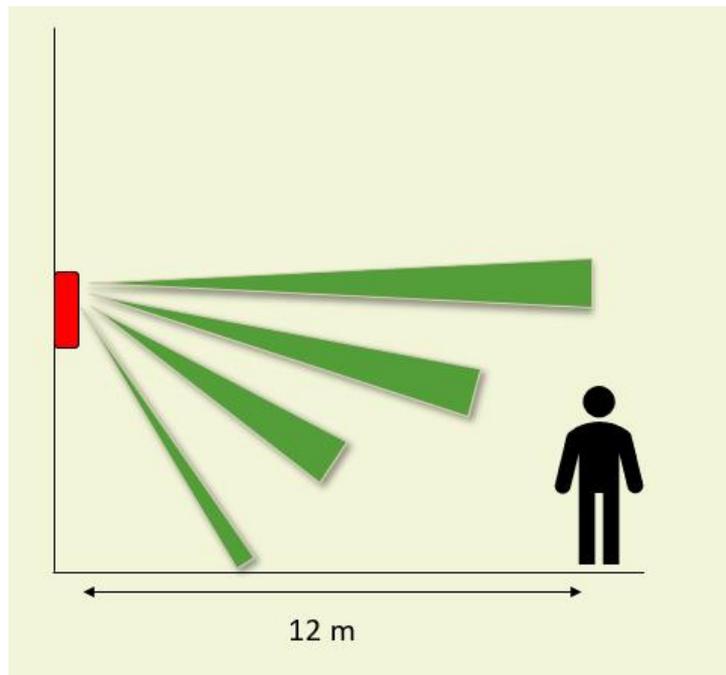
Sensores infravermelhos passivos



Sensores infravermelhos passivos



Vista superior



Vista lateral



Sensores infravermelhos passivos



Sensores ultrassónicos

- Os sensores ultrassónicos, ao contrário dos sensores infravermelhos, não são dispositivos passivos porque emitem ondas ultrassónicas e recebem as ondas refletidas do ambiente.
- Consistem num transmissor que emite ondas ultrassónicas a frequências entre 25 e 40 kHz e um recetor que deteta a frequência das ondas refletidas quando estas encontram um alvo.
- Se o alvo estiver em movimento, a frequência da onda refletida é deslocada (efeito Doppler).



Sensores ultrassónicos

- Ao contrário dos sensores infravermelhos, que detetam a presença humana apenas quando o sujeito se encontra diretamente no seu campo de visão, os sensores ultrassónicos podem detetar objetos em movimento mesmo que exista um obstáculo entre o "alvo" e o sensor.
- Por conseguinte, os sensores ultrassónicos são adequados para utilização em escritórios abertos, onde existem divisórias entre estações de trabalho individuais.
- Devido à sua maior sensibilidade à deteção de movimento, são propensos à falsa ativação (false-ON).
- Por exemplo, um sensor ultrassónico pode ativar as luminárias porque pode detetar movimento numa área adjacente ou devido ao fluxo de ar dos sistemas AVAC.

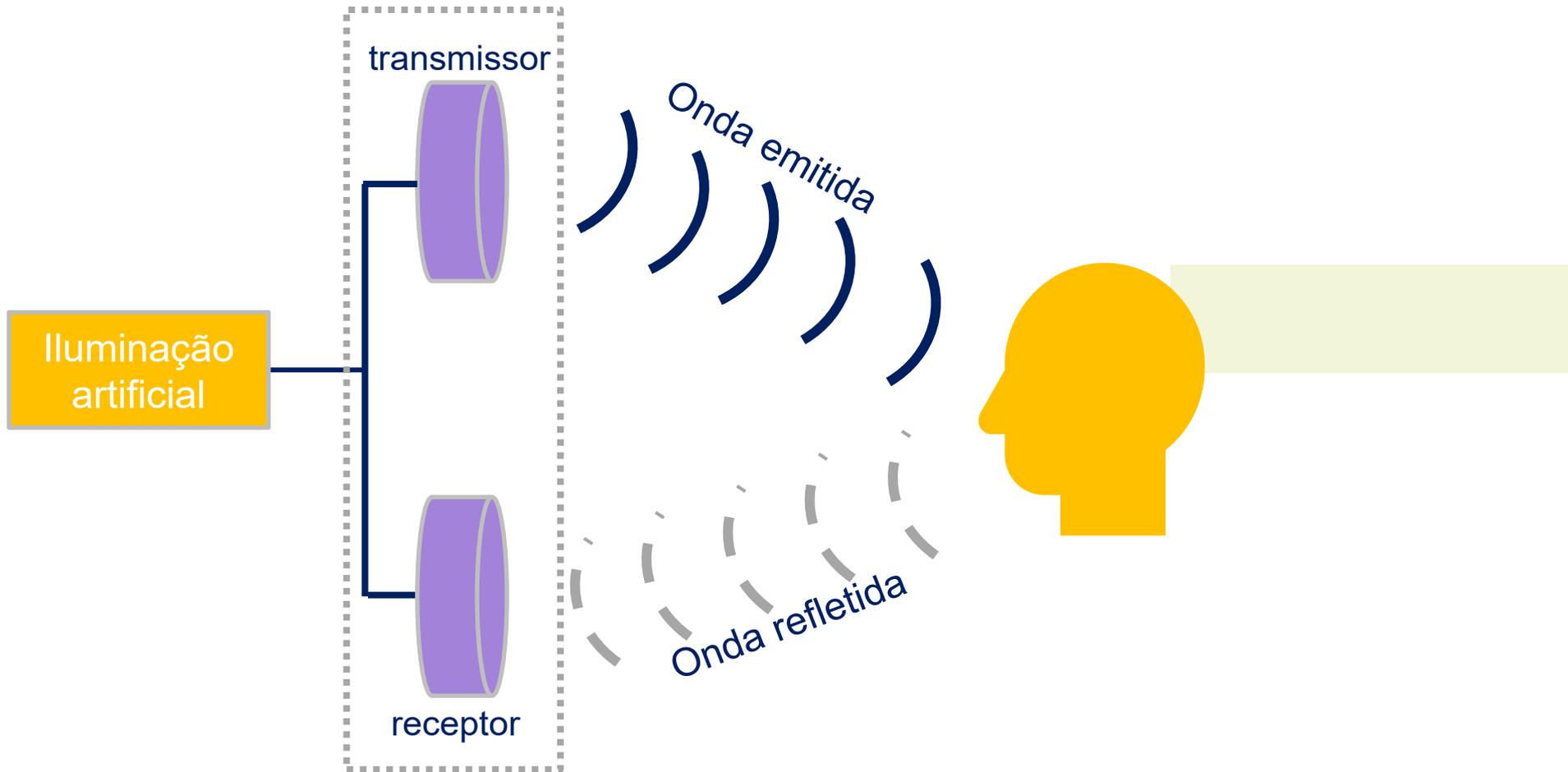


Sensores ultrassônicos

- Ao contrário dos sensores infravermelhos, os sensores ultrassônicos têm um campo de visão contínuo.
- A sua sensibilidade diminui com a distância do alvo ao sensor porque as ondas refletidas de distâncias maiores são mais fracas e, portanto, indetetáveis.
- Um sensor ultrassônico é capaz de detetar o movimento do braço humano a uma distância de aproximadamente 7,6 m, o movimento do braço e da parte superior do corpo a uma distância de 9 m e o movimento de todo o corpo a uma distância de 12 m.



Sensores ultrassônicos



Sensores de tipo duplo

- Os sensores de tipo duplo que combinam tecnologias de infravermelhos e ultrassónicos são utilizados na maioria das aplicações em construção.
- Estes sensores ativam as luminárias apenas se ambos os sensores individuais (ultrassónico e infravermelho) detetarem a presença humana.
- Desta forma, evitam-se os chamados falsos ONs e falsos OFFs.
- Da mesma forma, o sistema de iluminação permanecerá ativo enquanto pelo menos um dos dois sensores detetar a presença humana.
- Devido à combinação de tecnologias, os sensores desta categoria são menos propensos a falhas, mas são mais caros em comparação com os sensores infravermelhos ou ultrassónicos.



Outros métodos de deteção de ocupação

Sensores acústicos

Sensores de imagem

RFID



Instalação e comissionamento de sensores de ocupação

Seleção de colocação

Montado na parede

Montado no teto

Área de tarefas



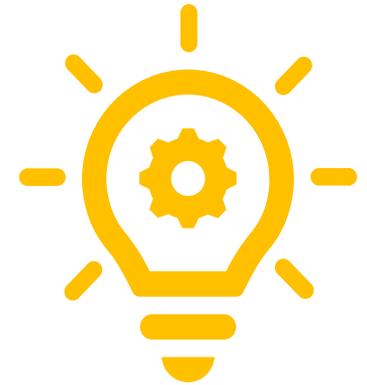
Comissionamento de sensores de ocupação

- As definições de comissionamento dos sensores de ocupação são a sua sensibilidade e o atraso de tempo.
- A sensibilidade é afetada por fatores como a utilização do espaço e o tipo de atividades na sala, a geometria, a tecnologia do sensor de ocupação e o número de ocupantes.
- A sensibilidade do sensor deverá ser ajustada caso se verifique uma alteração no uso do ambiente ou reorganização dos móveis.
- Alta sensibilidade significa mais falsos ONs, enquanto baixa sensibilidade implica mais falsos OFFs.



Comissionamento de sensores de ocupação

- A definição de atraso de tempo é um fator importante que afeta a poupança de energia.
- A definição de atraso de tempo refere-se ao período de tempo entre o momento em que não é detetada qualquer presença e o momento da desativação da iluminação artificial.
- Uma configuração de atraso de tempo mais pequena resulta numa maior poupança de energia, mas também numa maior perturbação visual para os utilizadores.
- A ativação e desativação frequentes da iluminação artificial podem afetar negativamente a vida útil das luminárias.



Benefícios

- Richman e outros. estudou a deteção de ocupação em 141 salas durante 50.400 horas.
- A poupança de energia foi calculada para diferentes configurações de atraso temporal, ou seja, 5, 10, 15 e 20 minutos.
- Os autores concluíram que o potencial de poupança de energia em espaços de escritório variou significativamente entre 50% e 3% para configurações de atraso temporal de 5 e 20 minutos, respetivamente.
- No mesmo estudo, foi calculada a percentagem de desperdício de energia relacionado com a iluminação numa base anual.
- Os espaços utilizados esporadicamente durante o dia (por exemplo, armazenamento, fotocópias) apresentaram a maior taxa de desperdício de eletricidade, variando entre 42,6% e 54,5%.
- Em espaços de escritório, a taxa de desperdício variou entre 19% e 28,9%, dependendo do tipo de atividade individual.



Benefícios

- Maníciãe outros. monitorizou o consumo de energia durante quatro meses em 60 espaços de escritórios perimetrais e 21 interiores.
- Concluíram que uma poupança de energia de 43% pode ser alcançada instalando sensores de ocupação com uma definição de atraso de 30 minutos.
- Jennings e outros. estudou a poupança de energia de várias técnicas de controlo de iluminação.
- Concluíram que podem ser alcançadas poupanças de energia entre 20 e 26% através do controlo de ocupação com uma configuração de atraso de tempo de 15 a 20 minutos.
- Floyd e outros. estudaram a poupança de energia na iluminação devido à instalação de sensores PIR.
- A poupança de energia num edifício de escritórios atingiu 10% com uma definição de atraso de 15 minutos e 19% com uma definição de atraso de 7 minutos.



Conteúdo

1. Introdução aos controlos de iluminação para iluminação sustentável
2. Detecção de ocupação para controlo de iluminação inteligente
3. Colheita da luz do dia
4. Iluminação inteligente conectada
5. Protocolos de controlo de iluminação



Sensores de luz ambiente

- Os sensores de luz ambiente são capazes de detetar luz incidente para controlar a saída de luz da iluminação artificial.
- Um sensor de luz ambiente é constituído por uma lente, uma fotocélula e o circuito eletrónico apropriado para gerar o sinal de controlo.
- Os sensores de luz ambiente devem ser compatíveis com os equipamentos que controlam, como balastos e drivers LED.
- Deve ser dada especial atenção à instalação do sensor e aos seus parâmetros técnicos, como a sua resposta espacial e espectral, para garantir a fiabilidade durante a operação.



Sensores de luz ambiente

- A função do sensor divide-se em ótica e elétrica.
- As funções óticas e elétricas convertem a radiação visível incidente num sinal de saída que controla os reatores ou os drivers.
- A função ótica está relacionada com a iluminância incidente, ou seja, o sinal de entrada recebido pelo sensor. Depende de dois parâmetros, nomeadamente a resposta espacial e espectral do sensor.
- A função elétrica diz respeito ao sinal produzido pela célula fotoelétrica do sensor, que determina então a resposta do algoritmo de controlo.
- A função elétrica é dividida numa resposta de estado estacionário e numa resposta de tempo.



Resposta espacial

- A resposta espacial ou campo de visão do sensor de luz refere-se à sua resposta à luz incidente proveniente de diferentes direções.
- Depende do tipo e da tecnologia da lente que recolhe a luz e a redireciona para a fotocélula do sensor.
- A resposta espacial dos sensores de luz ambiente pode ser simétrica ou assimétrica.
- Um sensor simétrico percebe a mesma iluminância independentemente da direção, enquanto que no caso de um sensor assimétrico a sua sensibilidade à luz incidente depende da sua direção.

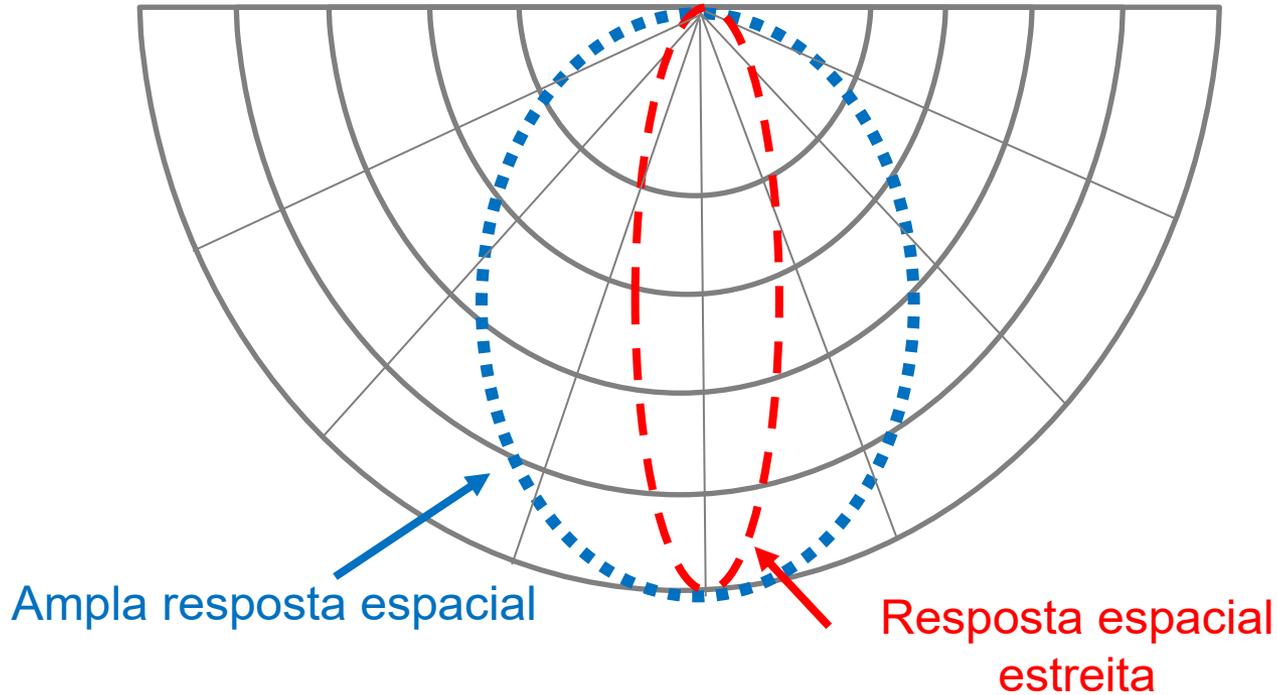


Resposta espacial

- Os sensores de luz ambiente são classificados em sensores com uma resposta espacial ampla e estreita.
- Se o campo de visão do sensor for estreito, pode não ser representativo da iluminância em todo o plano de trabalho.
- Os sensores com uma resposta espacial muito estreita são particularmente sensíveis a quaisquer alterações na refletância da superfície para a qual são direcionados.
- Os sensores com uma ampla resposta espacial percebem a iluminância no teto, que é mais representativa da iluminância em todo o plano de trabalho.
- No entanto, têm a desvantagem de não detetar apenas a luz do dia dentro do espaço, mas também a luz do dia do exterior.

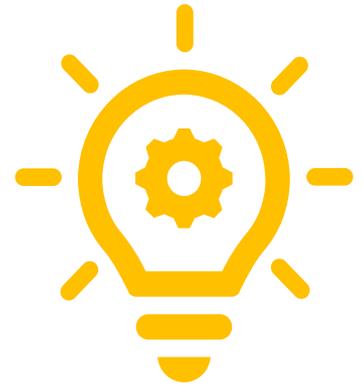


Resposta espacial

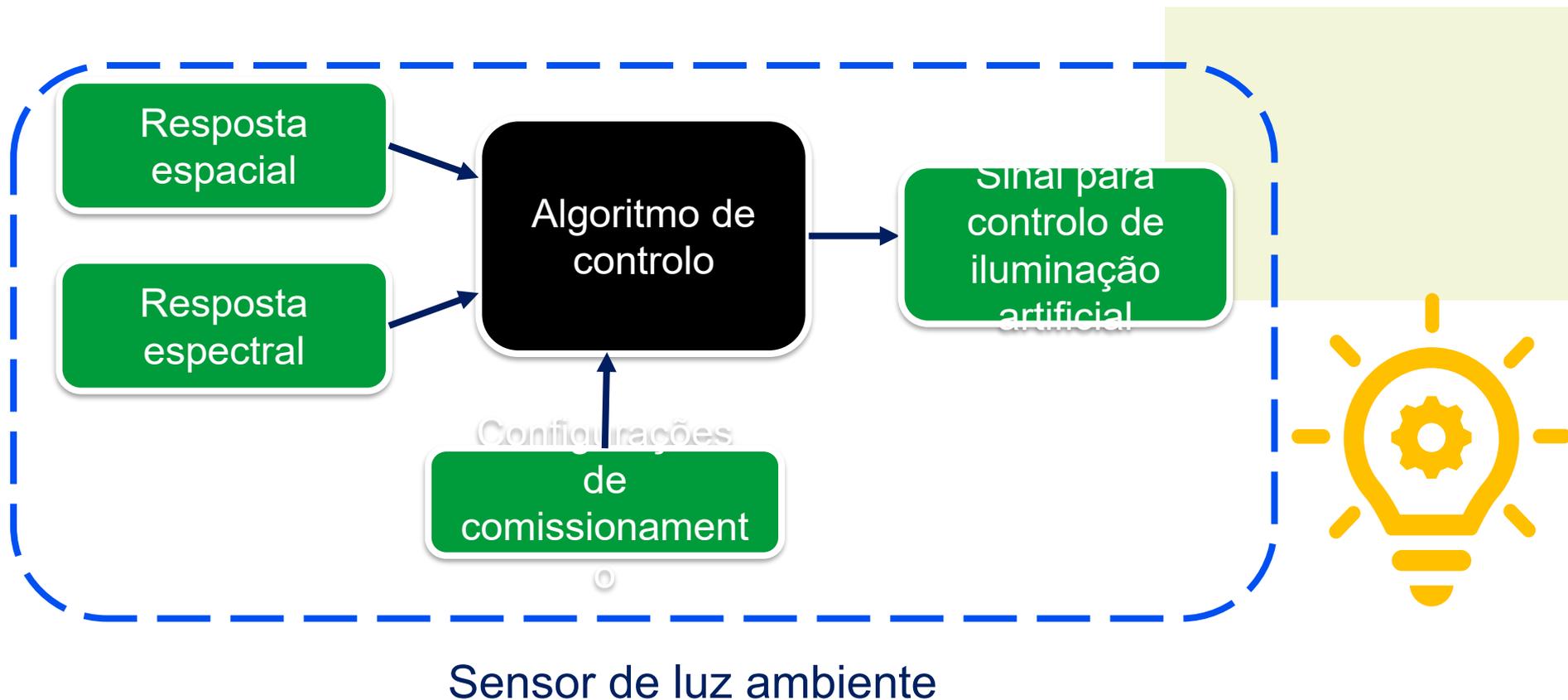


Resposta espectral

- A resposta espectral ou sensibilidade espectral do sensor determina a sua excitação à radiação incidente de diferentes comprimentos de onda.
- As fotocélulas dos sensores de luz reagem a comprimentos de onda para além do espectro visível, ou seja, à radiação infravermelha ou ultravioleta.
- Isto significa que no caso de fontes de luz que emitem elevados níveis de infravermelhos radiação, o sensor reagirá com maior sensibilidade à radiação incidente.
- Por outro lado, no caso de fontes de luz com níveis mais baixos de radiação infravermelha, como lâmpadas fluorescentes ou LEDs, o erro do sensor é menor.
- Para limitar a resposta espectral do sensor apenas ao espectro visível, são incorporados na célula fotocélula filtros apropriados que simulam a resposta espectral $V(\lambda)$ do olho humano.



Algoritmo de controlo de sistemas de recolha de luz natural



Algoritmo de controlo de sensores de luz ambiente

Controlo de malha aberta

Controlo de malha fechada

Controlo de reinicialização
integral

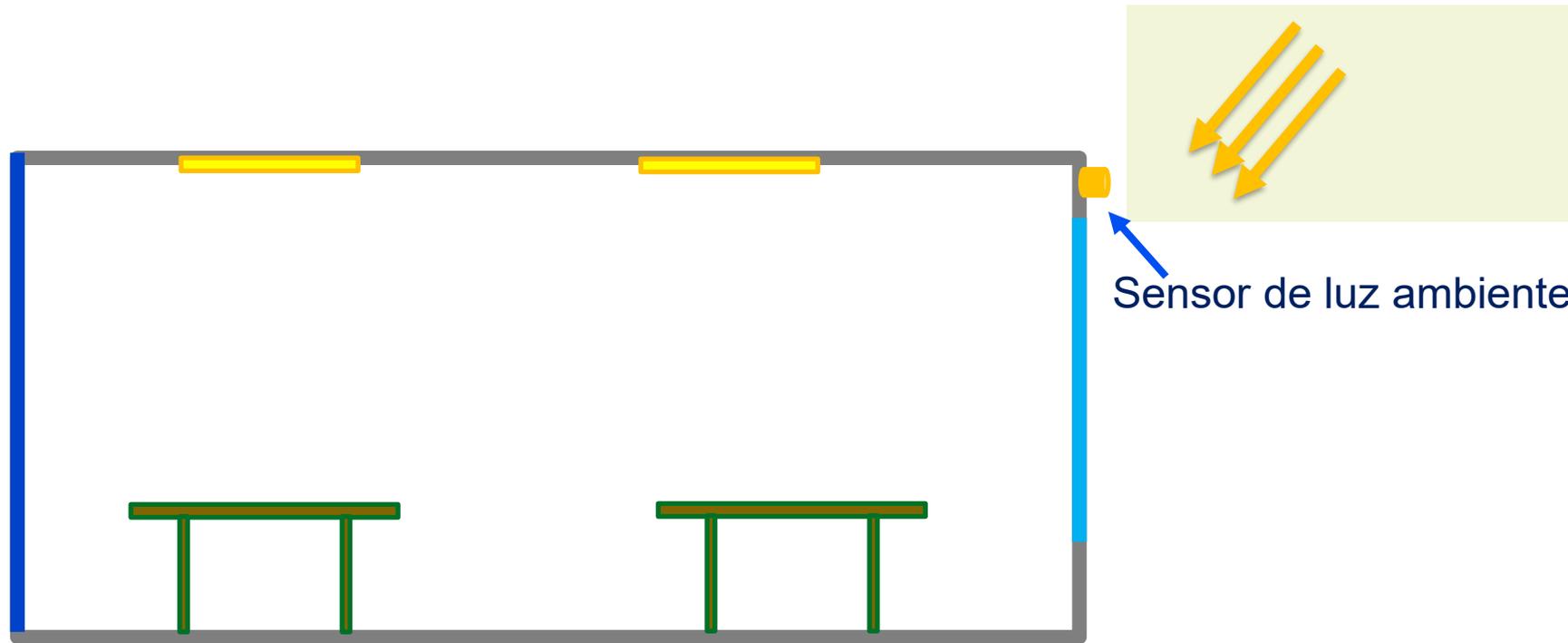


Algoritmo de controlo de malha aberta

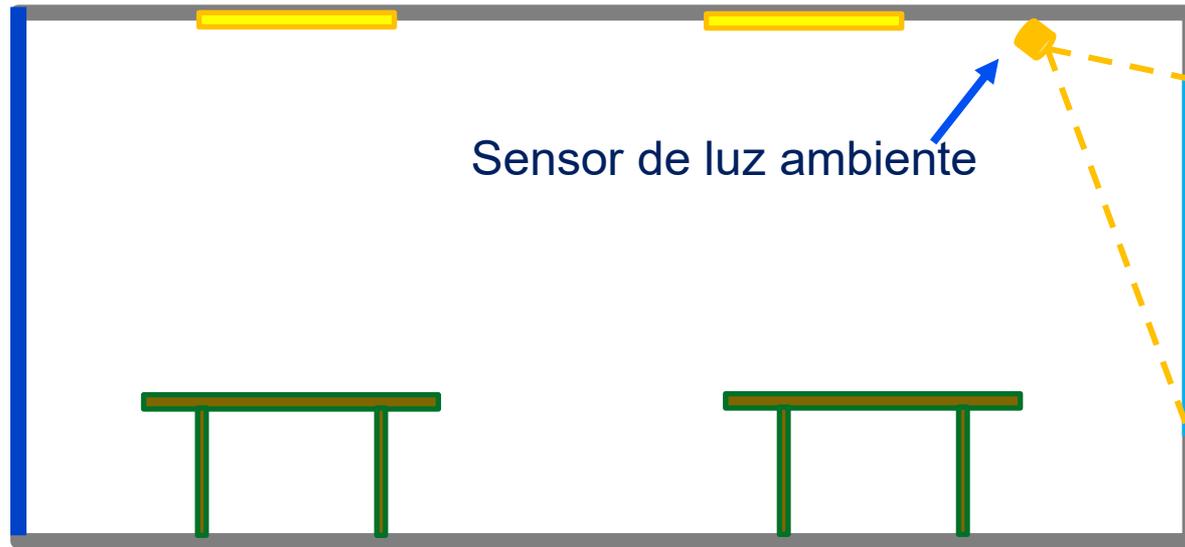
- Os sensores de luz ambiente com algoritmo de controlo de malha aberta são geralmente instalados na parede exterior de um espaço ou dentro do espaço, mas são direcionados para as janelas.
- Por isso, não conseguem detetar os níveis de iluminação artificial.
- Um sistema de captação de luz natural em circuito aberto não recebe feedback em relação aos níveis de luz natural e iluminação artificial no interior do espaço.
- Um sistema de captação de luz natural em circuito aberto regula o fluxo luminoso das luminárias de acordo com os níveis de luz natural durante o dia, enquanto que à noite o fluxo luminoso das luminárias é maximizado.
- O comissionamento é realizado uma vez e durante este procedimento é determinada a relação entre a iluminância detetada pelo sensor e a iluminância da área da tarefa em condições representativas de luz do dia.



Sistema de captação de luz natural em circuito aberto



Sistema de captação de luz natural em circuito aberto



Algoritmo de controlo de malha fechada

- Nos sistemas de luz natural com algoritmo de circuito fechado, o sensor de luz ambiente é instalado no teto do espaço.
- O sensor deteta iluminação natural e artificial.
- O parâmetro mais importante que também determina a fiabilidade do controlo da iluminação artificial é a relação entre o sinal de entrada do sensor e a iluminância na área da tarefa.
- Um sistema de circuito fechado tem feedback negativo.
- Em caso de aumento dos níveis de luz natural e, portanto, do sinal de entrada do sensor, os níveis de iluminação artificial são reduzidos.
- Por outro lado, quando o sinal de entrada do sensor diminui, o sensor gera o sinal apropriado para aumentar o nível de iluminação artificial.

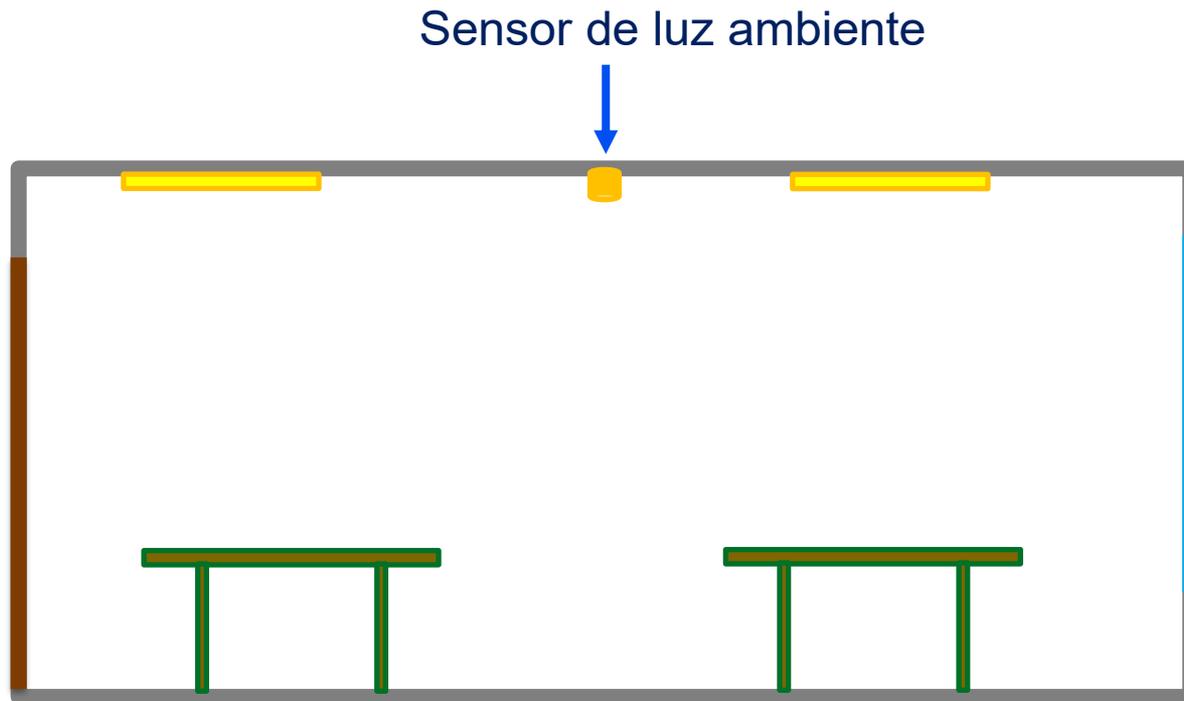


Algoritmo de controlo de malha fechada

- O comissionamento é realizado uma vez durante o dia e uma vez durante a noite.
- Durante o comissionamento diurno, são determinados dois parâmetros:
 - *a relação entre a iluminância detetada pelo sensor e a iluminância da área da tarefa em condições representativas de luz do dia.*
 - *o 'ponto de regulação alto', que é o valor do sinal do sensor a partir do qual o sensor gera um sinal que aumenta os níveis de iluminação artificial.*
- Durante o comissionamento noturno, é determinado um parâmetro:
 - *o 'ponto de regulação baixo', que é o valor do sinal do sensor a partir do qual se inicia a diminuição do nível de iluminação artificial.*



Algoritmo de control de malha fechada



Algoritmo de controlo de reinicialização integral

- O algoritmo de controlo de reinicialização integral é um algoritmo de controlo mais simples em comparação com os outros.
- É utilizado em sistemas de captação de luz natural em circuito fechado.
- Tal como no caso do algoritmo de malha fechada, o sistema tem feedback negativo.
- O funcionamento do algoritmo de reinicialização integral baseia-se no princípio de que os níveis de iluminação artificial são constantemente ajustados para manter o sinal do sensor constante.
- O algoritmo de controlo integral é caracterizado por um único parâmetro, ou seja, o seu ponto de regulação, que é determinado durante o processo de comissionamento.
- O processo de comissionamento de um sistema de recolha de luz natural com algoritmo de reinicialização integral é realizado durante a noite.



Benefícios dos sistemas de captação de luz natural

Economia de energia



Consumo de energia de iluminação

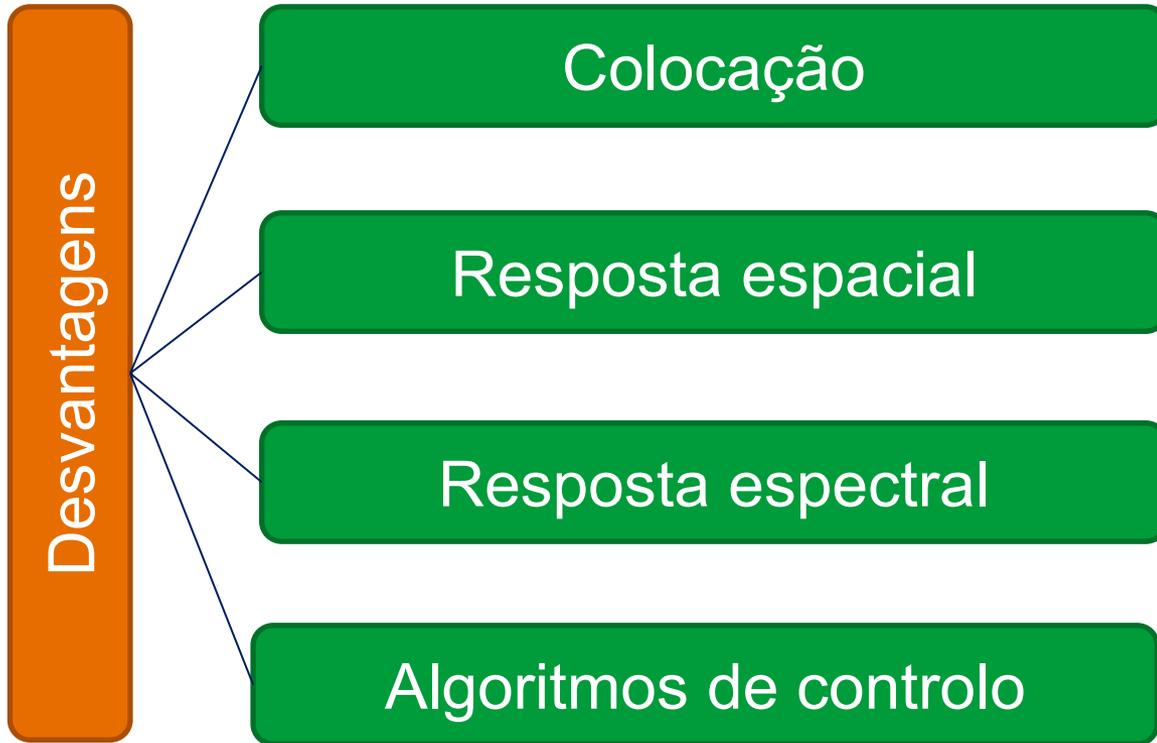
Consumo de energia CA

Conforto visual

Minimização do brilho e da carga de calor solar



Desvantagens dos sistemas de recolha de luz natural



Conteúdo

1. Introdução aos controlos de iluminação para iluminação sustentável
2. Detecção de ocupação para controlo de iluminação inteligente
3. Colheita da luz do dia
4. Iluminação inteligente conectada
5. Protocolos de controlo de iluminação



Iluminação inteligente conectada

- O advento dos LEDs permitiu o fornecimento de iluminação capaz de cumprir determinados padrões, ao mesmo tempo que proporcionava uma maior flexibilidade de controlo.
- Nos últimos anos, a tecnologia de iluminação visa atingir não só níveis suficientes de iluminância, mas **qualidade de iluminação** também.
- Os utilizadores procuram agora sistemas de iluminação que contribuam para o conforto visual, produtividade, cooperação, comunicação e estética.
- Os sistemas de iluminação inteligentes são capazes de compreender as necessidades visuais dos ocupantes e fornecer iluminação personalizada para cada utilizador.



Iluminação inteligente conectada

- A iluminação inteligente conectada, também conhecida como iluminação em rede, refere-se a uma rede de luminárias, sensores e dispositivos de controlo que recolhem dados e cooperam para fornecer uma qualidade de iluminação ideal de acordo com as preferências do utilizador.
- A iluminação inteligente conectada é implementada através da utilização de controlos de iluminação distribuídos.
- Cada luminária ou zona de luminárias está equipada com um sensor de luz ambiente e um sensor de ocupação.
- Através da iluminação inteligente conectada, cada luminária é convertida numa fonte de luz e informação.
- A iluminação inteligente conectada é considerada a aplicação da tecnologia IoT ao controlo da iluminação.



Benefícios da iluminação em rede

- Fácil instalação e utilização de dispositivos em rede
- Flexibilidade a longo prazo no controlo de iluminação
- Eficiência energética
- Maior qualidade de iluminação adaptada às necessidades dos ocupantes
- Melhor aproveitamento do espaço
- Escalabilidade dos sistemas de iluminação
- Rastreamento de ativos
- Integração com outros sistemas de construção (por exemplo, AVAC), bem como sistemas de segurança e emergência



Estratégias de controlo de iluminação em rede

Agendamento

Ajuste de tarefas

Detecção de ocupação

Escurecimento

Colheita da luz do dia

Trocando

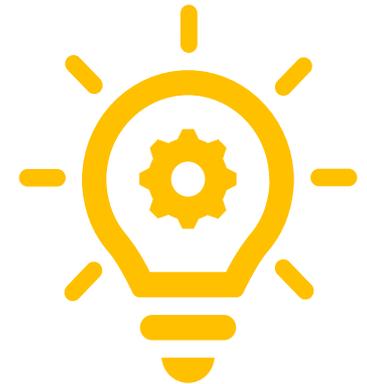
Saída de luz constante

Controlo de distribuição de energia espectral



Algoritmo de controlo de iluminação inteligente

- As redes de iluminação inteligente são controladas com o uso de um microcontrolador contendo um software que regula a saída de luz da iluminação artificial com base na entrada recebida dos sensores e dos utilizadores.
- O algoritmo de controlo determina a saída de luz artificial, o seu tempo e a sua duração.
- Partes do software do algoritmo de controlo podem ser incorporadas em dispositivos de controlo
- Um sistema de iluminação inteligente é considerado fiável se o seu algoritmo de controlo for definido considerando o cronograma, a natureza das atividades e as preferências do utilizador.



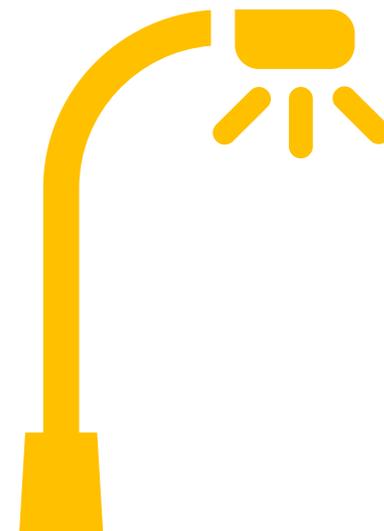
Comandos de iluminação de rede com fios vs sem fios

- Os sistemas de controlo de iluminação com fios são mais baratos, mas resultam numa instalação mais complexa e com falta de flexibilidade.
- Os sistemas de controlo de iluminação sem fios são mais caros, mas são mais fáceis de instalar e oferecem maior flexibilidade.
- Os sistemas com fios são caracterizados por uma maior segurança no que diz respeito à transmissão de dados e comandos, enquanto a segurança dos sistemas sem fios pode ser comprometida.
- A propagação do sinal dos sistemas sem fios pode ser problemática a longas distâncias. O mesmo se aplica aos sistemas com fios devido a quedas de tensão.



Iluminação exterior inteligente e cidades inteligentes

- A iluminação exterior inteligente pode ser utilizada como plataforma para a organização de cidades inteligentes.
- Além da instalação de sensores de luz ambiente utilizados para reduzir o consumo de energia de iluminação, cada pilar de luminária pode ser equipado com sensores inteligentes que transmitem dados sobre o clima, a qualidade do ar, o tráfego, etc.
- A infra-estrutura pública pode ser melhorada através da utilização de pilares de luminárias para detecção de crimes, monitorização de resíduos e ruído, gestão de tráfego, etc.
- Funções adicionais poderiam melhorar a qualidade de vida nas cidades, como o carregamento de veículos elétricos, o fornecimento de informações (sistemas push to talk), a orientação de peões com deficiência visual, a sinalização digital de ruas, etc.



Topologias de rede de iluminação inteligente

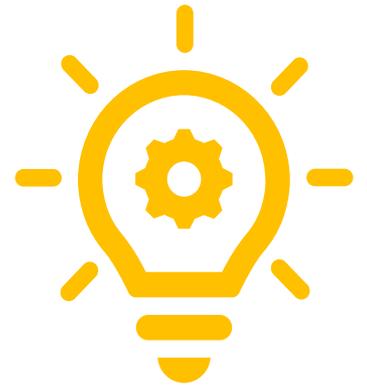
Cadeia de margaridas

Autocarro

Estrela

Árvore

Malha



Topologia em cadeia Margarida

- A topologia em cadeia pode ser linear ou circular (anel).
- Cada nó retransmite a informação para o próximo.
- Numa cadeia linear, se um nó da rede falhar, a transmissão de informação para o resto dos nós torna-se impossível.
- A topologia em anel tem a vantagem de que, em caso de avaria de um nó, a retransmissão de informação para os outros nós permanece inalterada.

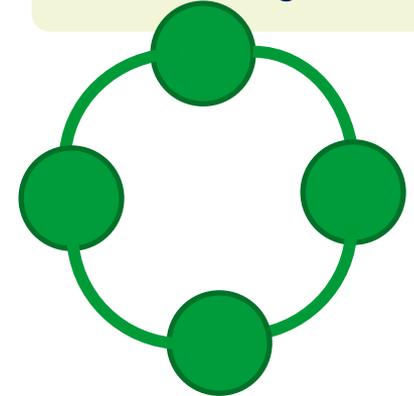


Topologia em cadeia Margarida

- Uma topologia em cadeia é um tipo simples de topologia com cablagem mínima, onde cada nó retransmite a informação para o seguinte.
- Classifica-se em topologia linear e circular (anel).
- A topologia em cadeia linear é caracterizada pelo retransmissão unidirecional de dados.
- Assim, a falha de um nó torna toda a rede inútil.
- A topologia em anel tem a vantagem da retransmissão bidirecional de informação.
- Assim sendo, em caso de avaria de um nó, o resto da rede mantém a sua funcionalidade.

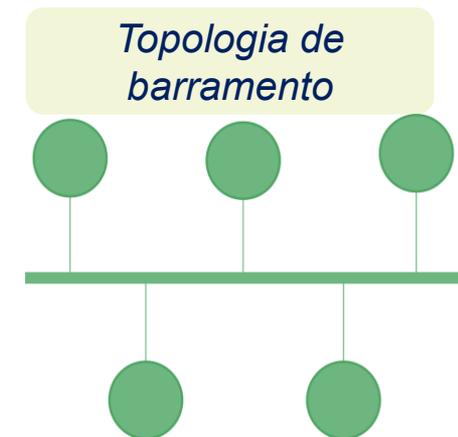


Anel de margaridas



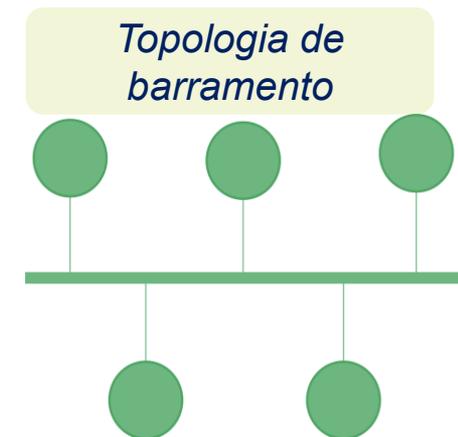
Topologia de barramento

- Numa topologia de barramento, todos os nós da rede estão ligados a um barramento de comunicação comum.
- O barramento permite a comunicação com cada nó. Portanto, todos os nós comunicam entre si.
- É uma topologia fiável para redes pequenas, mas problemática para redes maiores.
- Em caso de avaria de um nó, o resto da rede continua a operar.
- Qualquer falha no barramento de comunicação resultará no mau funcionamento de toda a rede.



Topologia de barramento

- A comunicação entre os nós é bidirecional.
- É uma topologia fiável para redes pequenas, mas problemática para redes maiores.
- Em caso de avaria de um nó, o resto da rede continua a operar.
- Qualquer falha no barramento de comunicação resultará na falha de toda a rede.

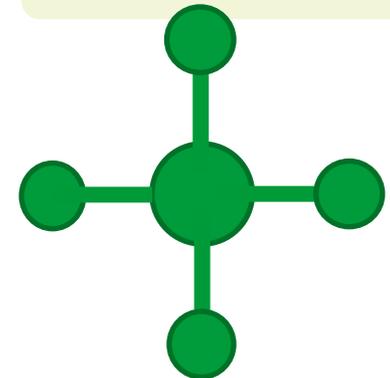


Topologia estrela

- A topologia em estrela é implementada com a utilização de um nó central (hub) ao qual estão ligados todos os outros nós da rede.
- O fluxo de informação de toda a rede é conduzido exclusivamente através do nó central.
- Se o nó central entrar em colapso, toda a rede falha.
- Por outro lado, se um dos outros nós falhar, o resto da rede permanece inalterado.
- Adicionar ou remover nós da rede é fácil e não afeta o fluxo de informação para o resto da rede.
- A identificação de falhas é mais fácil em comparação com outras topologias.



Topologia estrela

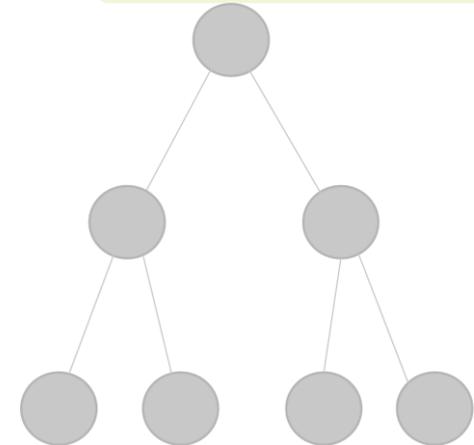


Topologia em árvore

- A topologia em árvore constitui um arranjo hierárquico de nós, ao nível mais elevado dos quais se encontra o nó raiz, que está ligado a um ou mais nós.
- O poder de processamento da rede aumenta à medida que a informação se aproxima do nó raiz.
- Esta topologia permite uma fácil deteção e isolamento de nós defeituosos, mas é caracterizada pela desvantagem da complexidade, especialmente quando o número de nós aumenta.



Topologia em árvore

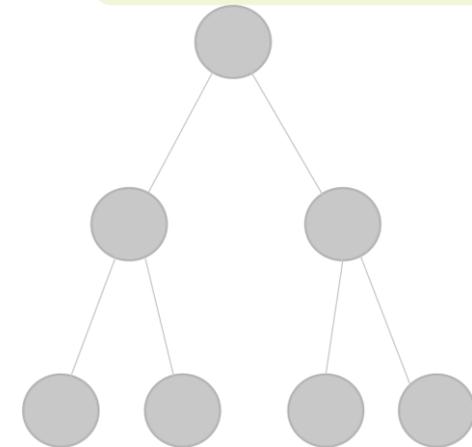


Topologia em árvore

- Um cabo de backbone de barramento é utilizado para a ligação de grupos individuais de nós organizados em estrela.
- No nível mais elevado da hierarquia encontra-se o nó raiz (central), que está ligado a um ou mais nós da rede.
- A topologia em árvore oferece a vantagem da escalabilidade devido à adição versátil de novos nós nos níveis mais baixos da rede.
- Para redes maiores, a manutenção e a configuração são desafiantes devido ao aumento da complexidade da rede.
- A falha do nó raiz torna toda a rede inútil, enquanto a falha de um nó pai afeta os seus nós filhos.
- O poder de processamento da rede aumenta à medida que a informação se aproxima do nó raiz.
- Esta topologia permite uma fácil deteção e isolamento de nós defeituosos.



Topologia em árvore



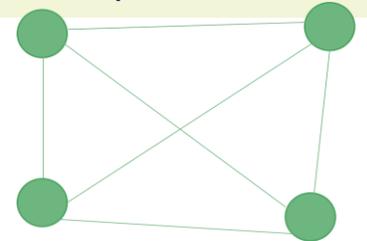
Topologia de malha

- Numa rede com topologia mesh, cada nó pode alimentar a rede com dados, bem como retransmitir dados de outros nós.
- Nas redes com topologia de malha completa, cada nó está ligado a todos os outros.
- Em redes com topologia de malha parcial, cada nó está ligado a alguns outros.
- Uma topologia de malha completa tem uma elevada fiabilidade, porque em caso de avaria de um nó, a informação é retransmitida para outros nós.
- Uma malha totalmente ligada é mais difícil de instalar e é também inadequada para redes maiores devido à sua complexidade.

Topologia de malha completa



Topologia de malha parcial



Topologia de malha

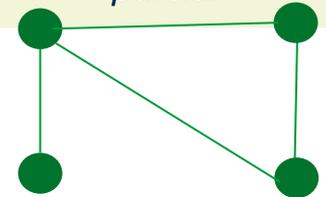
- A topologia de malha é classificada em malha completa e malha parcial.
- A retransmissão de informação através dos nós é direta, sem necessidade de um nó central.
- A vantagem de uma rede mesh é a sua elevada fiabilidade. Em caso de avaria de um nó, a informação é ainda retransmitida para outros nós por caminhos alternativos.
- As redes mesh caracterizam-se por um maior alcance quando comparadas com outras topologias.
- A escalabilidade da topologia de malha completa é problemática para redes maiores devido ao aumento da complexidade da rede.
- Uma topologia em malha permite a implementação de redes com menor consumo de energia porque cada nó é capaz de retransmitir informação sem a necessidade de uma saída de sinal forte.



Topologia de malha completa



Topologia de malha parcial

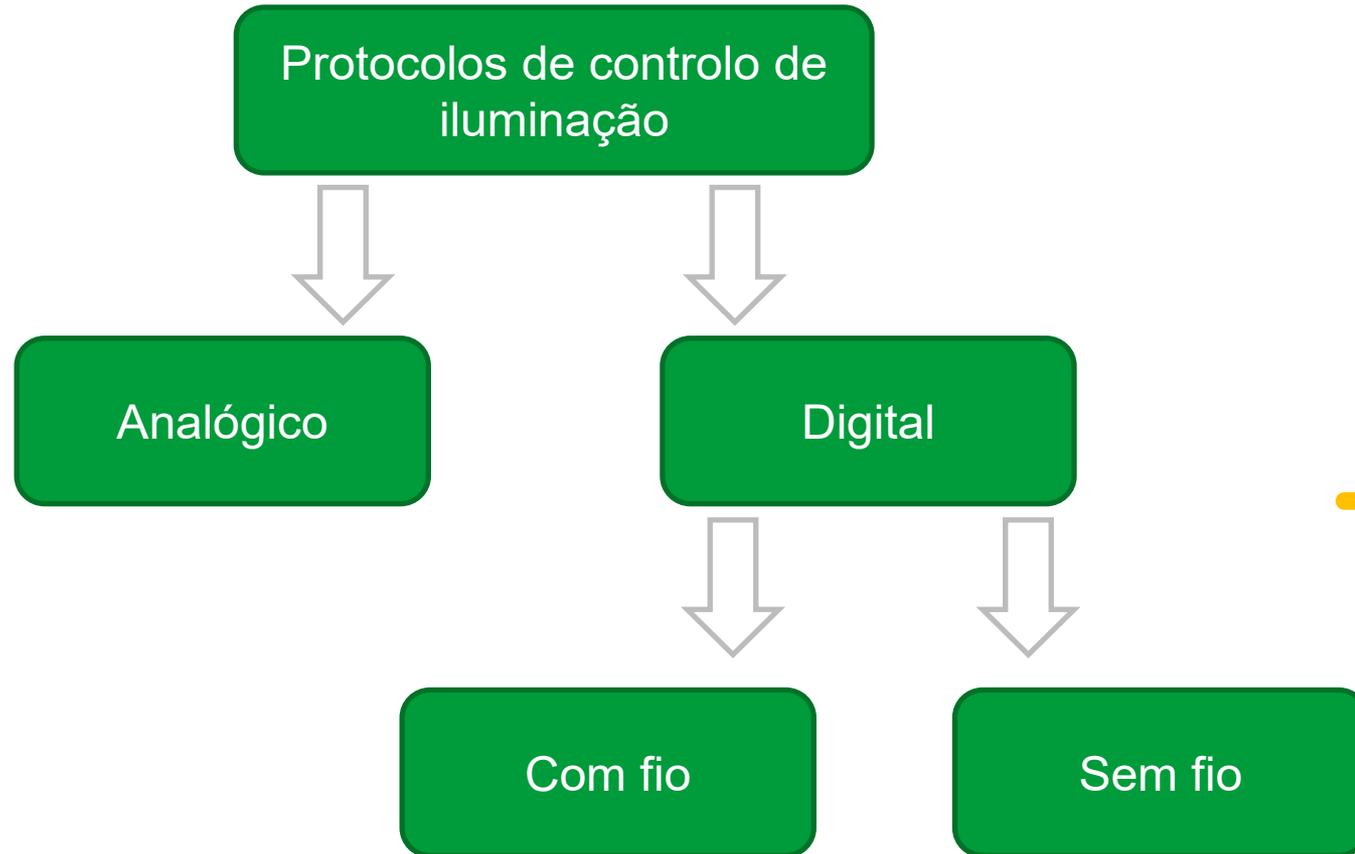


Conteúdo

1. Introdução aos controlos de iluminação para iluminação sustentável
2. Detecção de ocupação para controlo de iluminação inteligente
3. Colheita da luz do dia
4. Iluminação inteligente conectada
5. Protocolos de controlo de iluminação

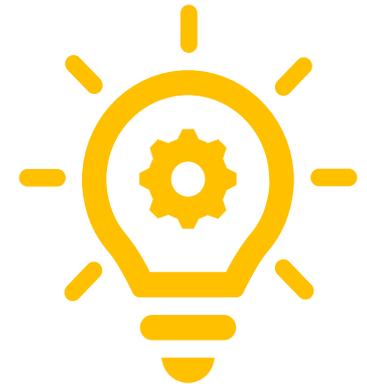


Protocolos de controlo de iluminação



Analógico: 0-10 V DC

- 0-10 V DC é um protocolo de controlo de iluminação com fio analógico que utiliza um sinal de tensão DC cujo valor regula os níveis de iluminação artificial.
- O sinal de controlo é transmitido apenas numa direção, neste caso a partir de uma fonte externa para o balastro ou driver.
- Se o sinal de controlo for nulo (0 V DC), o fluxo luminoso da luminária será minimizado, enquanto que se o sinal de controlo for de 10 V DC, o seu fluxo luminoso será maximizado.
- Qualquer valor intermédio do sinal de controlo entre 0-10 V DC produz uma saída de luz proporcional.
- As principais vantagens do protocolo analógico são a sua simplicidade e fácil implementação.
- As desvantagens dizem respeito à complexidade devido à cablagem, especialmente para instalações de maior dimensão, o que resulta em dificuldades em relação à manutenção e resolução de problemas.



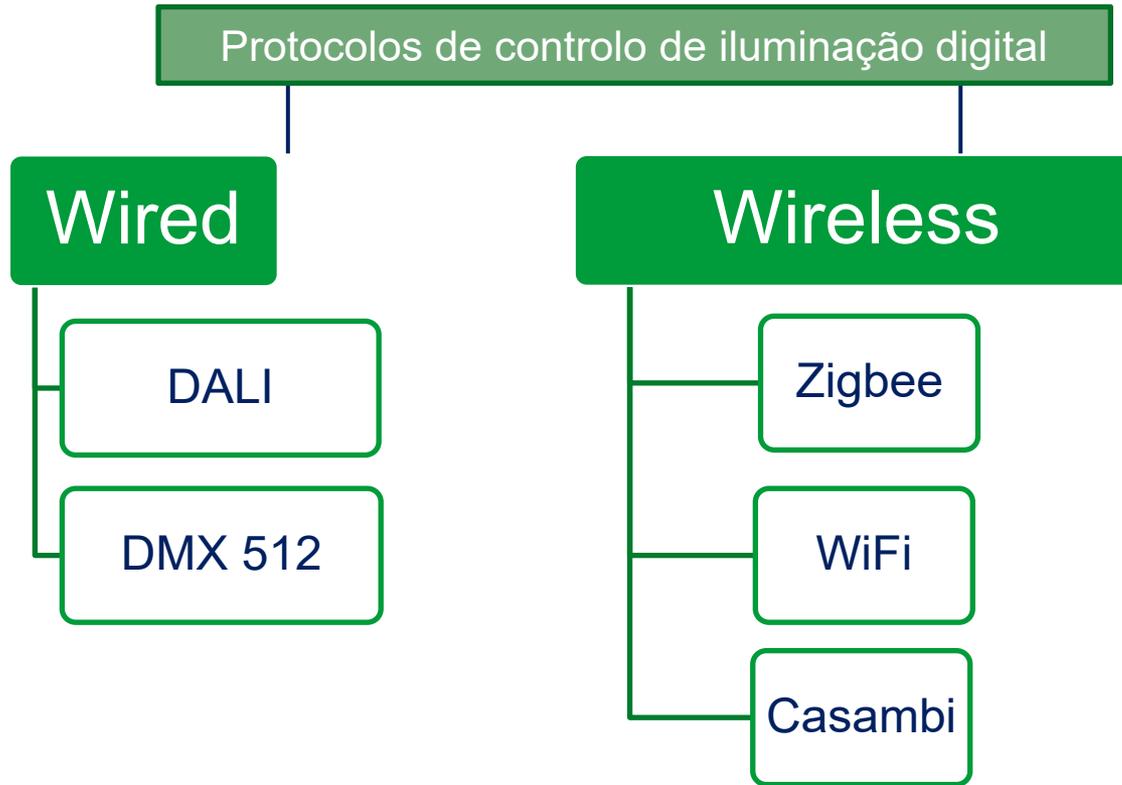
Escurecimento de 0-10 V



Conectividade de escurecimento analógico

Driver LED de corrente constante regulável de 0-10 V DC
Escurecimento: 10%-100%

Protocolos de controlo de iluminação inteligente digital



DALI->Interface de iluminação endereçável digital

- O protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) é um protocolo digital com fios amplamente utilizado para controlar a iluminação artificial.
- O protocolo está descrito na norma internacional IEC 62386-101.
- O protocolo exige a utilização de equipamentos compatíveis, como controladores, interruptores e balastos/drivers de luminárias, e permite a comunicação bidirecional.
- Os dados são transmitidos e recebidos dos dispositivos ligados, o que permite o feedback dos dados dos sensores ou drivers.
- O DALI utiliza dois cabos isentos de polaridade, que são utilizados para fornecer energia aos dispositivos ligados e para a transmissão de dados através da rede.



DALI->Interface de iluminação endereçável digital

- Uma rede DALI pode ser fornecida com uma tensão de 16 V CC e uma corrente máxima de 240 mA e cada dispositivo ligado pode ser fornecido com uma corrente máxima de 2 mA.
- A taxa de transmissão de dados é de 1200 bits/seg, o que é suficientemente elevado para aplicações de iluminação de escritório, industrial ou comercial.
- O protocolo DALI pode atingir 255 níveis de escurecimento entre 0,1% e 100%.
- O número máximo de dispositivos numa rede DALI é de 64 e o número máximo de cenários de iluminação é de 16.



Número máximo de grupos DALI: 16



DALI->Interface de iluminação endereçável digital

- É um protocolo aberto e interoperável que requer a utilização de equipamentos compatíveis de vários fabricantes (por exemplo, controladores, interruptores e balastos/drivers de luminárias).
- Utiliza uma estrutura mestre-escravo onde os comandos são transmitidos do controlador para os dispositivos ligados.
- A comunicação é bidirecional, o que permite o feedback dos dados dos sensores ou drivers.
- O DALI permite a integração com protocolos de automação de edifícios, por exemplo, KNX, Trabalhos longos, BACnet.



DALI->Interface de iluminação endereçável digital

Portas para ligação a uma rede DALI

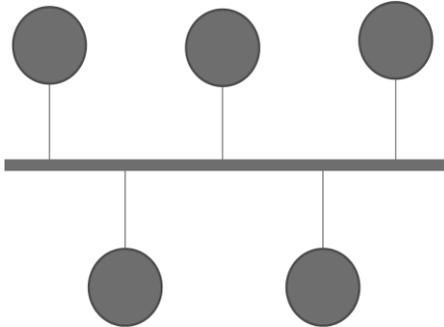
Portas para ligação de alimentação elétrica



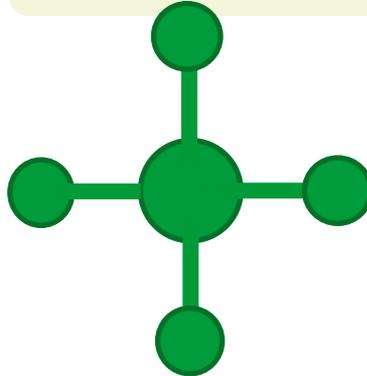
Driver LED compatível com DALI

Topologias de fiação DALI

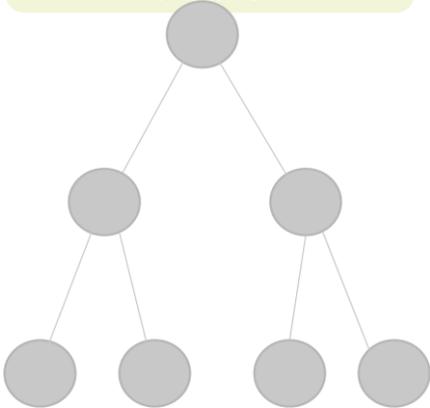
Topologia de barramento



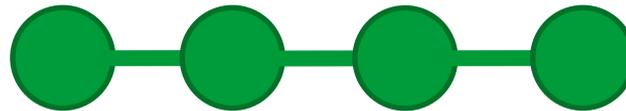
Topologia estrela



Topologia em árvore

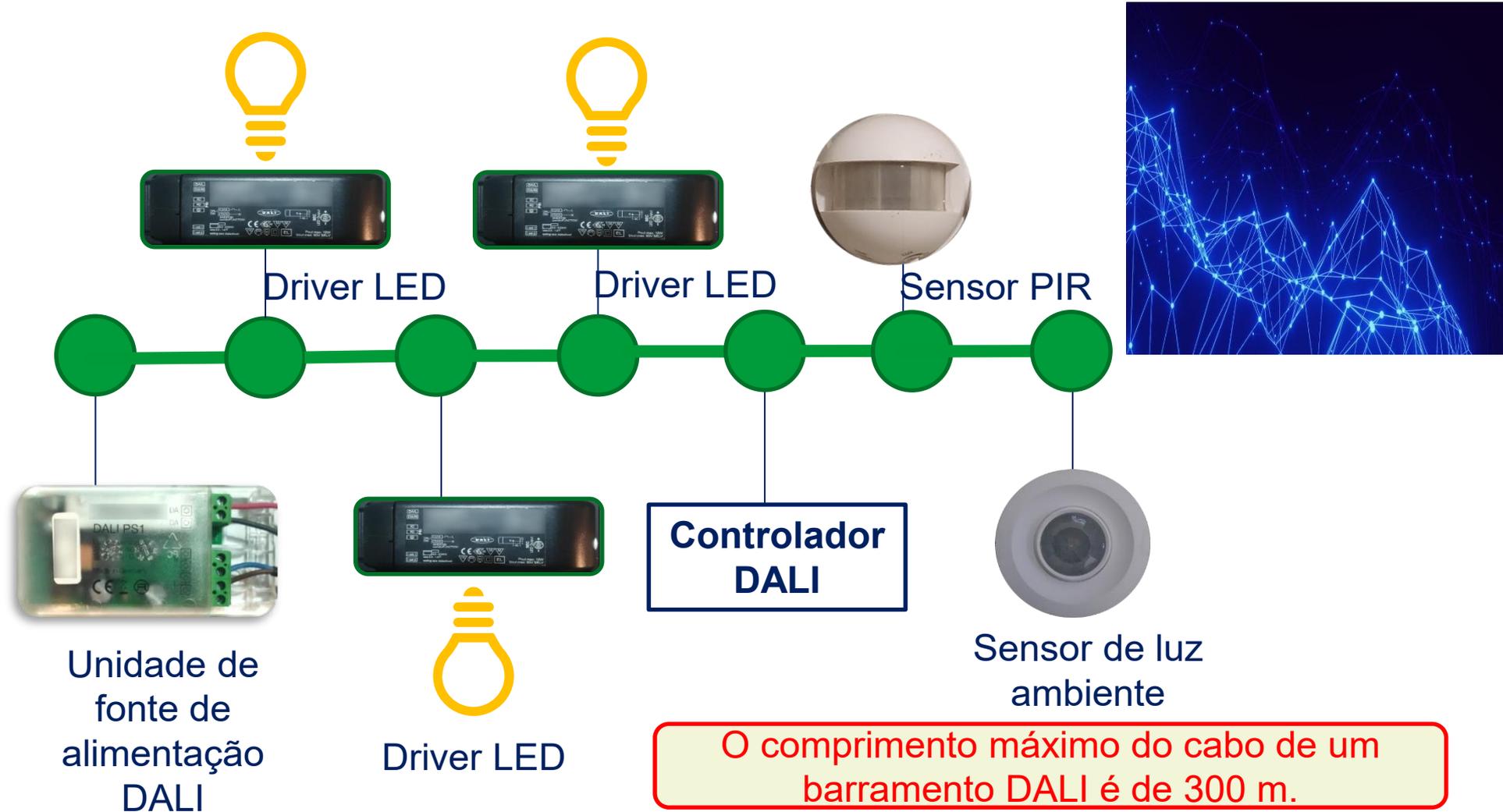


Topologia de cadeia linear em série



As topologias de malha ou anel não são suportadas!

Sistema DALI



Multiplex digital

- O protocolo DMX 512 (Digital Multiplex 512) é um protocolo de controlo de iluminação amplamente utilizado principalmente para iluminação de entretenimento.
- Uma rede DMX é também chamada de "universo DMX".
- O número 512 indica o número máximo de canais utilizáveis.
- O protocolo DMX suporta comunicação série assíncrona e unidirecional.
- É caracterizado por uma elevada taxa de dados de 250kbit/s, que permite a troca rápida de cenários de iluminação.
- Oferece a capacidade de ajustar a saída de luz de cada luminária ligada em 255 níveis distintos.
- Não é aplicável receber dados de dispositivos ligados nem detetar falhas.



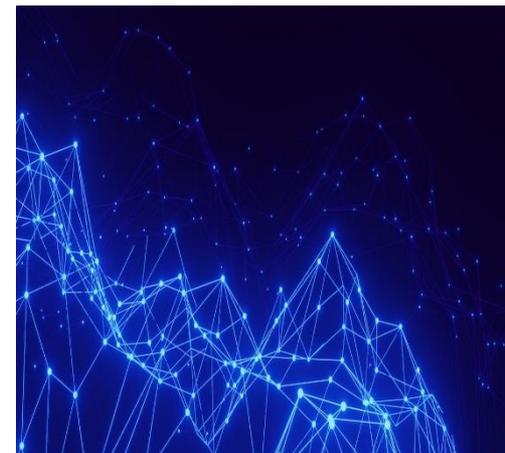
Multiplex digital

- O protocolo DMX 512 (Digital Multiplex 512) é um protocolo de controlo de iluminação amplamente utilizado principalmente para iluminação de entretenimento.
- Uma rede DMX 512 é também designada por "universo DMX".
- O número 512 indica o número máximo de canais utilizáveis.
- Se cada luminária utilizar um canal(1byte de dados) para a emissão de luz o número máximo de luminárias ligadas é de 512.
- Se cada luminária utilizar três canais(3 bytes de dados) para a emissão de luz o número máximo de luminárias ligadas é reduzido para 170.
- O DMX utiliza a configuração mestre-escravo, ou seja, uma consola DMX é o controlador (mestre) da rede DMX que retransmite os comandos para as luminárias ligadas (escravas).
- O protocolo DMX suporta comunicação série assíncrona e unidirecional.

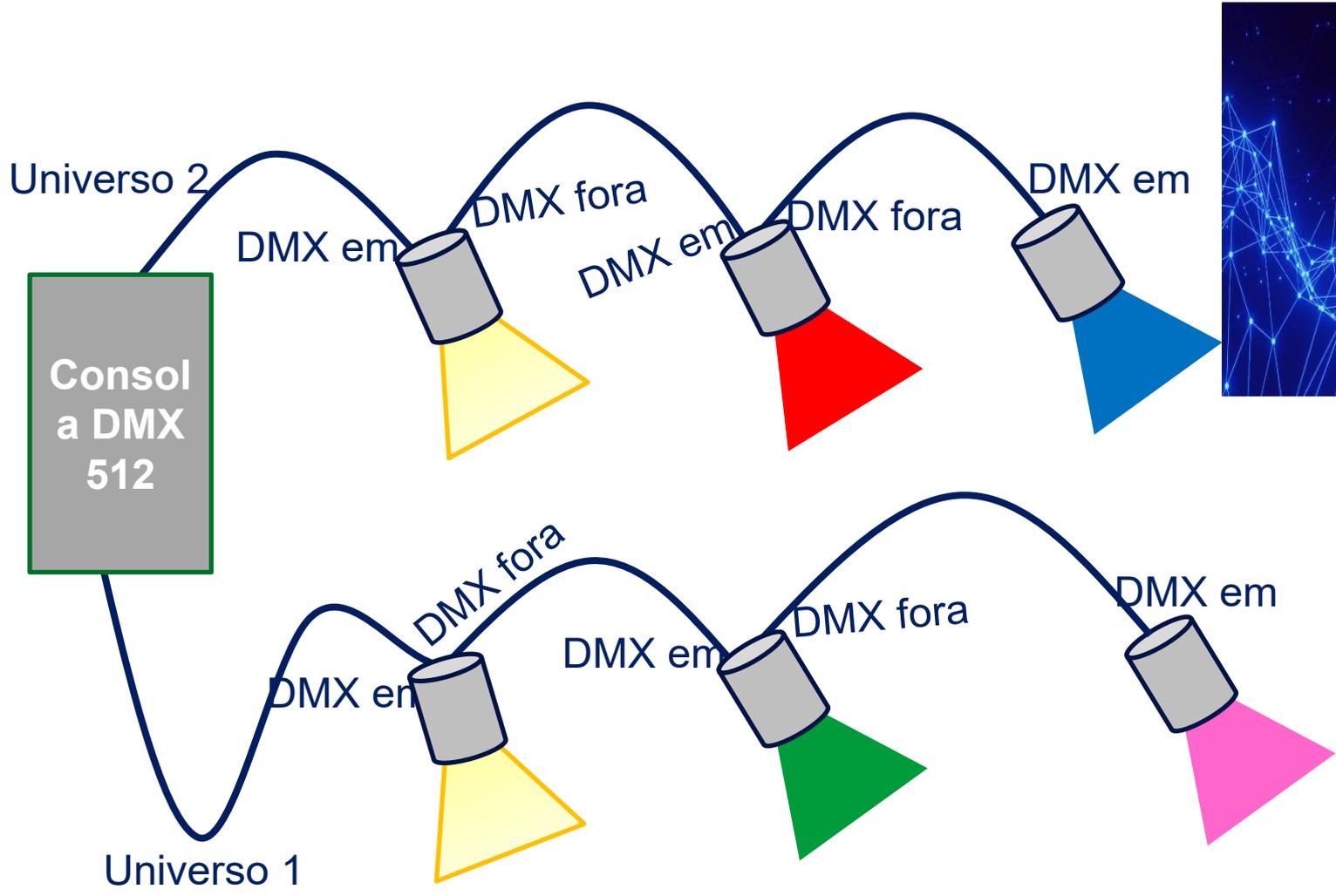


Multiplex digital

- A única topologia de rede suportada num universo DMX é a ligação em cadeia.
- O feedback de dados de dispositivos ligados e a deteção de falhas não são aplicáveis.
- O DMX512 caracteriza-se por uma elevada taxa de dados de 250 kbit/s, o que permite a troca rápida de cenários de iluminação.
- Oferece a capacidade de ajustar a saída de luz de cada luminária ligada em 255 níveis distintos.
- Comprimento máximo do cabo: 500 m.
- O DMX 512 RDM (Remote Device Management) é uma extensão do DMX 512, que permite a comunicação bidirecional.
- Neste caso, a consola DMX é capaz de solicitar informações de cada dispositivo ligado.
- Desta forma, a monitorização do universo DMX e a deteção de falhas são viáveis.

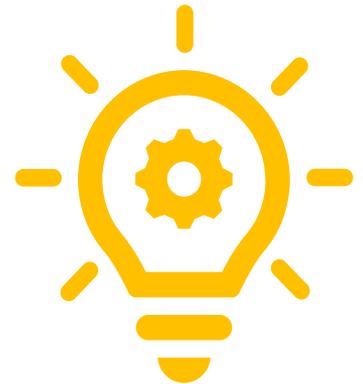


Sistema DMX 512



ZigBee

- O ZigBee é um protocolo de comunicação sem fios de baixo consumo de energia e baixo alcance.
- É um protocolo bidirecional que utiliza bandas de frequência de 869 MHz para a Europa e 915 MHz, bem como 2,4 GHz para a América do Norte com taxas de dados de 20, 40 e 250kbit/s respectivamente.
- Uma grande vantagem de uma rede ZigBee é a sua capacidade de auto-correcção.
- Se um nó da rede apresentar uma avaria, o resto da rede permanecerá funcional.
- Se dois dispositivos de rede não puderem comunicar diretamente, poderão comunicar indiretamente utilizando os dispositivos intermédios como retransmissores de informação.



ZigBee

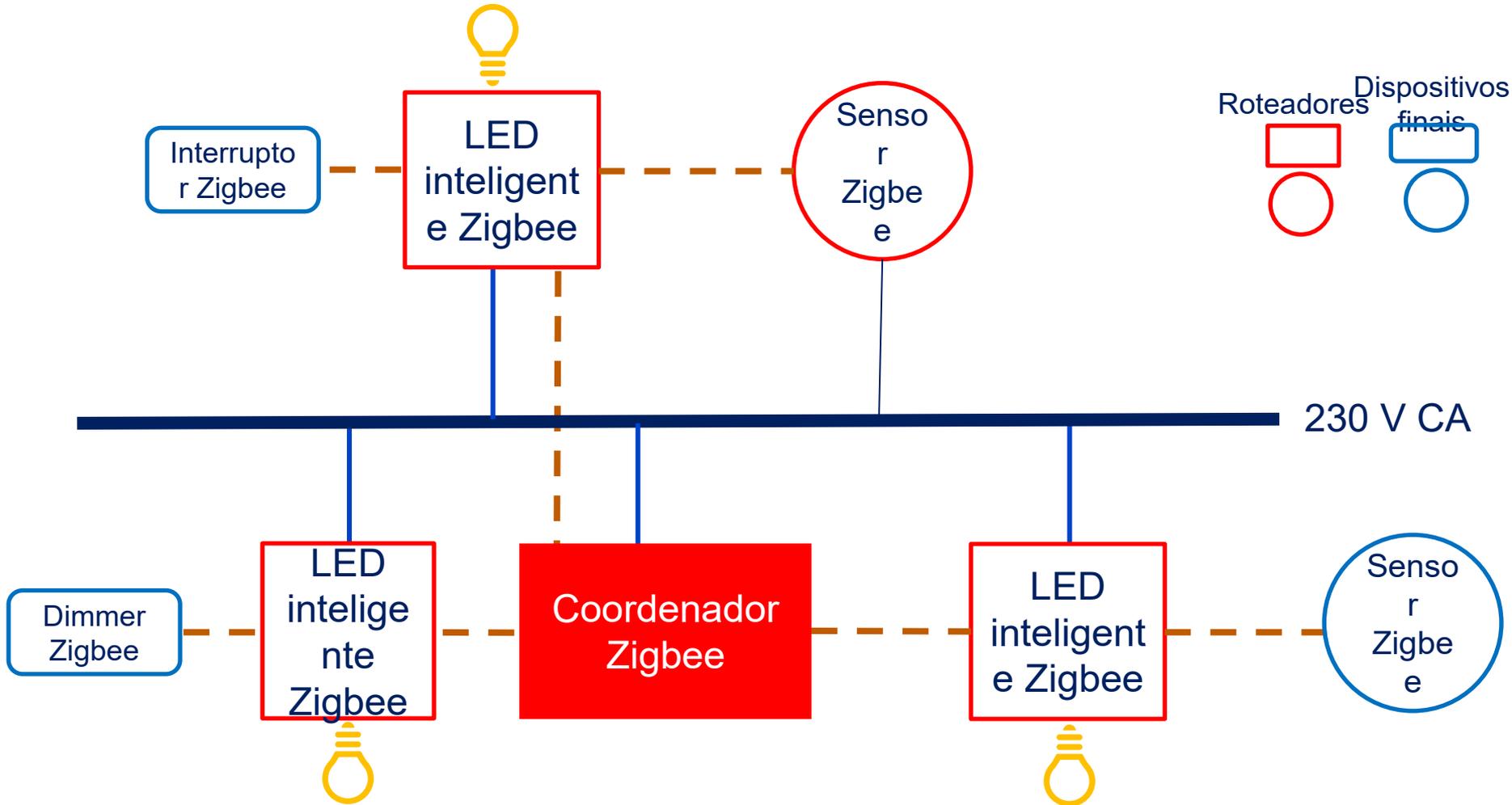
- O Zigbee é um protocolo bidirecional que suporta topologias de malha, estrela e árvore.
- Uma grande vantagem de uma rede Zigbee é a sua capacidade de auto-correcção. Se um nó falhar, a informação será ainda retransmitida para os outros nós por caminhos alternativos.
- Devido ao seu baixo consumo energético, o alcance de uma rede Zigbee situa-se entre os 10 m e os 100 m e depende das condições ambientais.



Estrutura de uma rede Zigbee

	Coordenador	Roteador	Dispositivo final
Função	O coordenador é único por rede Zigbee. Estabelece e controla a rede. É responsável por gerir a operação da rede, encaminhando informações e mantendo a segurança.	Os routers Zigbee são a espinha dorsal da rede. São responsáveis por encaminhar informações para dispositivos adjacentes, adicionar novos nós e armazenar dados em buffer para os seus dispositivos filhos adormecidos.	Os dispositivos finais Zigbee não estão constantemente operacionais. Quando ativados pelos dispositivos de encaminhamento dos pais, apenas recebem e enviam dados. Não têm capacidade de roteamento.
Estado da atividade	Permanentemente ativo	Permanentemente ativo	Temporariamente ativo
Fonte de energia	Alimentado pela rede elétrica	Alimentado pela rede elétrica	Alimentado por bateria
Capacidade de encaminhamento	✓ —	✓	X
Exemplos		Integrado em luminárias, lâmpadas e sensores alimentados pela rede elétrica	Sensores, interruptores e reguladores de intensidade de baixo consumo de energia

Sistema Zigbee



Wi-fi

- Wi-fi é uma família de protocolos de comunicação sem fios normalizados no IEEE 802.11.
- Wi-fi utiliza bandas de frequência de 2,4 GHz, 5 GHz e 60 GHz (WiGig).
- Wi-fi 6 (802.11ax) foi lançado em 2019 e tem uma velocidade máxima de dados de 2,4 Gbps.
- A topologia em estrela é a topologia mais comum em Wi-fis redes.
- O router com um ponto de acesso incorporado é o nó central da topologia em estrela.
- O ponto de acesso recolhe dados dos nós da rede enquanto o router gere a comunicação bidirecional entre todos os dispositivos.
- Comparado com o Bluetooth e o ZigBee, o Wi-fi protocolo consome mais energia.



Bluetooth

- Casambi é um exemplo de um protocolo de controlo de iluminação comercial baseado na tecnologia Bluetooth.
- Casambi utiliza a tecnologia Bluetooth Low Energy, que pode ser facilmente integrada em luminárias, sensores e drivers, permitindo o controlo direto através de dispositivos móveis ou computadores.
- É capaz de implementar uma rede mesh sem fios onde cada nó retransmite informação para os outros.
- O alcance máximo da comunicação sem fios é de 200 m em ar livre (Bluetooth 5.0).
- Dependendo da edição do firmware do dispositivo, Casambi é capaz de suportar uma rede de 127 dispositivos ligados na sua edição clássica ou uma rede de 250 dispositivos ligados na sua edição evolution.

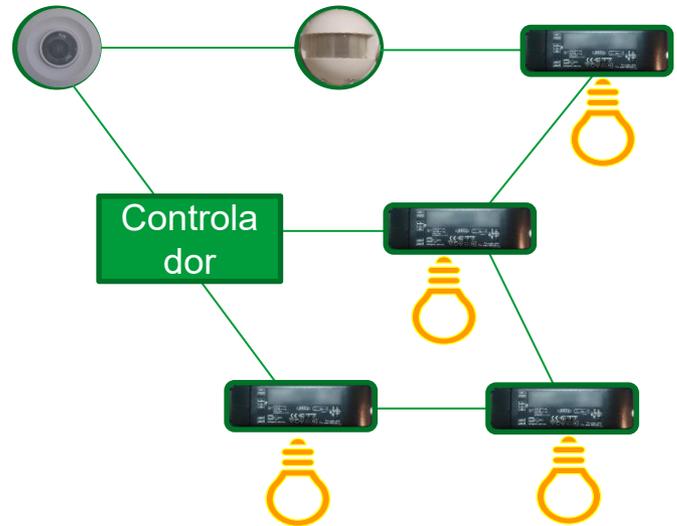


Redes de iluminação digital

- Cadeia de margaridas
- Autocarro
- Estrela
- Árvore
- Malha

Topologias

Nós da rede de iluminação: drivers LED, sensores de luz ambiente, sensores de ocupação, controladores



Driver LED



Sensor de luz ambiente



Sensor PIR



Vantagens do controlo de iluminação digital

Endereçamento de drivers LED individuais, interruptores, controladores, sensores etc.

Precisão na regulação do fluxo luminoso

Maior economia de energia

Flexibilidade devido à implementação de vários cenários de iluminação adaptados às necessidades dos ocupantes

Implementação de iluminação centrada no ser humano

Fiabilidade e adaptabilidade no controlo da iluminação (feedback de dados de sensores e drivers, deteção de falhas, resolução de problemas)



Vantagens do controlo de iluminação digital

Monitorização e controlo remoto de sistemas de iluminação

Menores custos de serviços públicos e manutenção

Desenvolvimento de redes de iluminação inteligentes

Integração com sistemas de monitorização ou automação de edifícios

Simplicidade na cablagem e instalação

Controlo centralizado/distribuído do sistema de iluminação



Protocolos de automatização de edifícios

