18ª Edição do Prêmio ABRAFAC
Melhores do Ano
São Paulo - Brasil

LoRaLight: o segredo por trás da iluminação externa inteligente e econômica da Bosch

Bruno Eduardo Medina [1]

[1]Robert Bosch Ltda., bruno.medina@br.bosch.com

RESUMO

O projeto LoRaLight visou aumentar a eficiência energética e melhorar o controle da iluminação externa na planta fabril da Robert Bosch em Campinas. Utilizando a rede LoRaWAN, buscou-se uma solução inovadora para dimerizar, controlar, detectar falhas e monitorar o consumo energético do sistema de iluminação externa.

A falta de dispositivos LoRaWAN disponíveis no mercado que atendessem aos requisitos levou à necessidade de desenvolver um hardware adequado junto a um parceiro. O projeto foi dividido em duas frentes: a fase de UI/UX utilizou a metodologia de Design Thinking para compreender as necessidades dos usuários e criar uma interface intuitiva, enquanto o desenvolvimento do dispositivo LoRaLight adotou a metodologia PMBOK de gerenciamento de projetos.

Durante a implementação, os dispositivos LoRaLight foram instalados e testados nas luminárias de campo, com a participação ativa da equipe de manutenção na definição dos grupos de controle. Os resultados mostraram um consumo total diário de 810 kW nas luminárias externas, e espera-se que o projeto contribua para reduzir esse consumo e melhorar a eficiência energética da planta.

A interface do LoRaLight foi desenvolvida com base na plataforma DiOS, uma plataforma de smart facilities interna da Bosch, permitindo o gerenciamento centralizado e eficiente das luminárias externas e facilitando a tomada de decisões baseadas em dados.

O projeto LoRaLight tem o potencial de fornecer insights relevantes sobre automação e controle inteligente de iluminação externa, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de facilities. As lições aprendidas durante o desenvolvimento e implementação do projeto também podem ser valiosas para profissionais e empresas interessados em promover a eficiência energética em suas instalações.

Palavras-chave: Internet das Coisas, Eficiência Energética, Iluminação Externa, LoRaWAN, Automação

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética tem se tornado uma preocupação crescente em diversos setores industriais, incluindo o segmento de facilities. A necessidade de reduzir custos operacionais, otimizar o consumo de energia elétrica e mitigar impactos ambientais tem impulsionado as empresas a buscar soluções inovadoras que possam trazer benefícios significativos nessa área.

No contexto da planta fabril da nossa empresa, identificamos a necessidade de aumentar a eficiência energética e melhorar o controle sobre a iluminação externa. A ausência de um sistema de automação para as luminárias externas resultava em dificuldades de gerenciamento e manutenção, bem como em desperdício de energia. Para promover a eficiência energética do sistema de iluminação externa, seria necessário buscar uma solução capaz de dimerizar, controlar, detectar falhas e monitorar o consumo energético deste sistema.

Diante disto, procuramos fazer uso da rede de comunicação IoT baseada no protocolo LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) disponível na unidade de Campinas da empresa Robert Bosch. O LoRaWAN é uma arquitetura de rede de comunicação sem fio projetada especificamente para dispositivos de Internet das Coisas (IoT). Sua tecnologia de rádio permite uma cobertura de longo alcance, especialmente em áreas abertas, com baixo consumo de energia. No mercado, existem diversos tipos de dispositivos LoRaWAN disponíveis, desde sensores e atuadores até dispositivos de monitoramento e controle.

Avaliando as luminárias existentes na unidade de Campinas, partimos da premissa de que o conector industrial tipo NEMA7 estava presente na maioria delas e que de acordo com a documentação técnica das luminárias seria possível realizar a dimerização e das mesmas. Buscando no mercado por dispositivos LoRa para iluminação externa encontramos algumas opções aplicáveis, mas nenhuma que atenderia a todos os requisitos do projeto, sendo necessário buscar um parceiro que desenvolvesse o hardware capaz de atender as necessidades mapeadas:

- Cálculo do consumo de energia elétrica acumulada (ativa e reativa) da luminária, independente do sistema central
- Sensor de luminosidade, formando um sistema imune a variações bruscas de luminosidade, relâmpagos e faróis
- Relé atuador que desliga a luminária próximo a passagem da tensão por zero (ZCD), aumentando a vida útil do produto
- Dimerização por tempo programável (programação local)
- Conectividade via tecnologia LoRa® e protocolo LoRaWAN
- Grau de proteção: IP66 ou IP65
- Antena interna integrada
- Relé de acionamento: Liga a luminária a noite
- Circuito de dimerização: 0-10 V PWM
- Sensor de luminosidade
- Padrão NEMA 7 pinos

- Monitor de consumo de energia:
    - Tensão RMS
    - Corrente RMS
    - Fator de potência
    - Frequência
    - Energia ativa (Acumulado)
    - Energia reativa (Acumulado)
    - Temperatura
    - Nível de dimerização

Diante dessas dores operacionais e da demanda por uma solução eficaz, surgiu o projeto LoRaLight. O objetivo principal do projeto foi desenvolver e implementar uma solução inovadora para o controle inteligente das luminárias externas, visando otimizar o consumo de energia, facilitar o gerenciamento e melhorar a eficiência geral da planta.

Neste trabalho, apresentaremos a metodologia utilizada no projeto, os resultados obtidos, a discussão dos principais aspectos relacionados à implementação do sistema LoRaLight, as conclusões alcançadas e as referências utilizadas como embasamento teórico. O estudo tem como base a análise de dados coletados ao longo da implementação do projeto, bem como a experiência prática da equipe envolvida.

Espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento na área de facilities, fornecendo insights relevantes sobre a aplicação de soluções de automação e controle inteligente de iluminação externa. Além disso, pretende-se compartilhar as lições aprendidas durante o desenvolvimento e implementação do projeto LoRaLight, fornecendo informações valiosas para profissionais e empresas interessados em promover a eficiência energética em suas instalações.

2. METODOLOGIA

No desenvolvimento do projeto, adotamos uma abordagem metodológica dual, visando atender às especificidades técnicas de cada frente de trabalho. Para a fase de UI/UX, utilizamos a metodologia de Design Thinking, com foco na compreensão das necessidades dos usuários e na criação de uma experiência de usuário intuitiva e eficiente. Através do uso do software Figma, desenvolvemos mock-ups que nos permitiram visualizar e iterar sobre o design da interface. Por outro lado, para o desenvolvimento do dispositivo LoRaLight, optamos pela metodologia de gerenciamento de projetos PMBOK, que nos proporcionou uma estrutura sólida para o planejamento, execução e entrega do projeto.

Durante a fase de planejamento, elaboramos um memorial descritivo de aquisição de serviços para a compra dos dispositivos LoRaLight, incluindo o projeto eletrônico, fabricação e comissionamento. Além disso, realizamos um scouting de empresas para o desenvolvimento do front-end e back-end, visando a integração dos dispositivos ao DiOS.

O DiOS (Digital Infrastructure Operational System) é uma plataforma de smart facilities baseada em nuvem, desenvolvida internamente que tem sido fundamental para a estratégia de digitalização das unidades Bosch. Com suas poderosas funcionalidades e capacidade de integração com diferentes sistemas, o DiOS permite o gerenciamento centralizado e eficiente de diversos aspectos das instalações, incluindo a iluminação externa por meio do projeto LoRaLight.

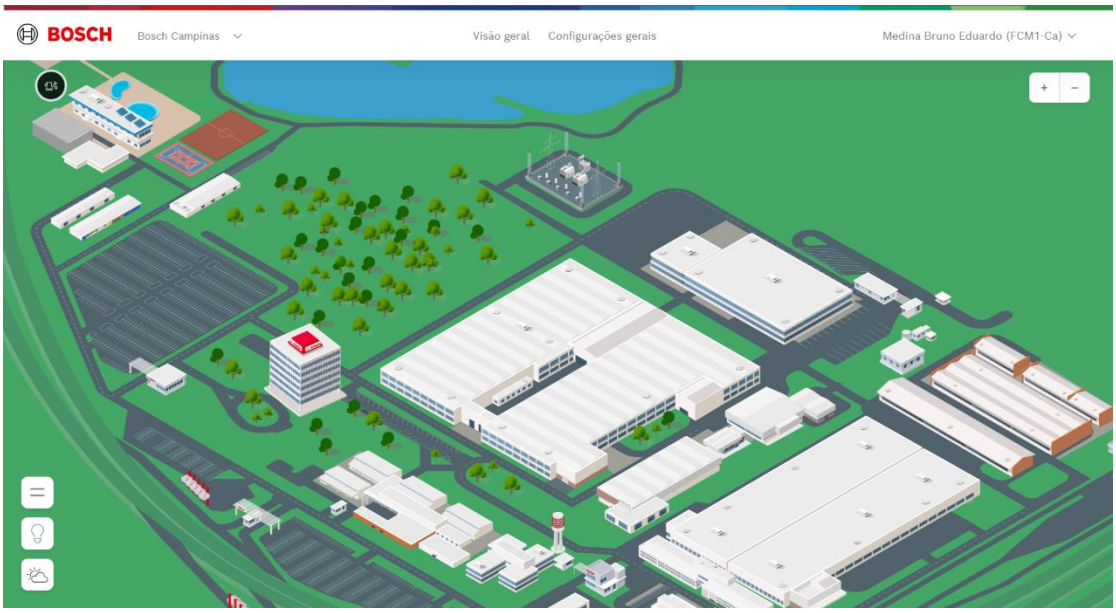

Figura 1. Tela inicial da plataforma DiOS.

Ao todo, 500 dispositivos foram fabricados, testados e instalados na unidade Campinas durante o ano de 2022. Ao longo do projeto, trabalhamos em estreita colaboração com a equipe de manutenção, definindo e aprovando os grupos de controle ou zoneamento de luminárias, garantindo a correta segmentação e controle das mesmas. Todo o processo de integração hardware/software foi planejado de acordo com a seguinte sequência de fases e atividades:

Tabela 1: Descritivo das fases de desenvolvimento dos dispositivos, integração software e hardware e inclusão de dispositivos na rede LoRaWAN.

Fase	Atividade	Prazo (Semanas)
Ferramenta de configuração DiOS	Implementar a funcionalidade para inclusão de dispositivos no DiOS	4
Desenvolvimento e fabricação dos dispositivos	Fabricação de 500 dispositivos, testes e validação	20
Base Front-end	Menus, Controle (botões, iconografia, fontes, etc), Navegação, visualização, etc	4
Front-end LoRa Light	Desenvolvimento de front-end para solução LoRa Light	6
ConfiguraçãoLoRa Network Server	Inclusão dos dispositivos no ChirpStack, Criação do decoder LoRa Light	1

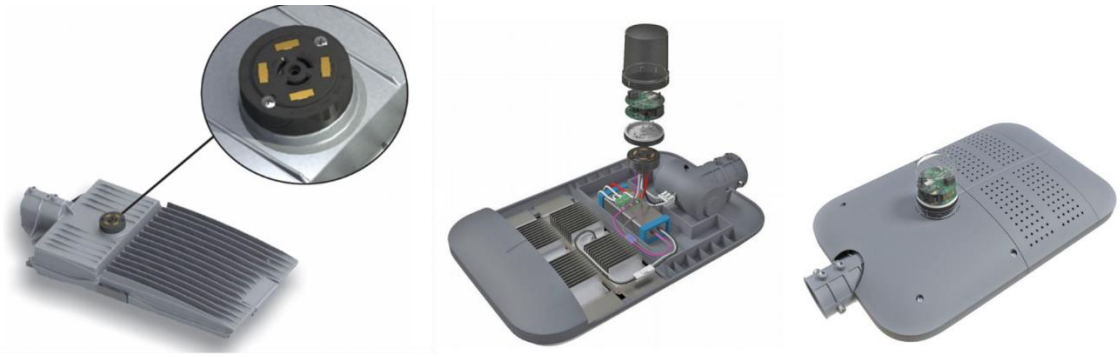

Figura 2. Dispositivos LoRaLight e conector NEMA 7 presente em luminárias de mercado.

3. RESULTADOS

3.1. Dados iniciais e estimativas

No levantamento de dados iniciais do projeto LoRa Light, foram coletadas informações sobre a quantidade de postes, a potência em watts (W) e o consumo de energia em kilowatts (KW). Os dados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2: Quantitativo de postes e cálculo anual de consumo de energia elétrica com iluminação externa na unidade de Campinas da empresa Robert Bosch.

Modelo	Quantidade de Postes	Potência total(W)	Consumo Diário (kW)	Consumo Mensal (kW)	Consumo Anual (kWh)
Poste de concreto tipo 1	30	16.140	178	5.326	63.914
Poste de concreto tipo 2	55	19.800	218	6.534	132.367
Poste de concreto tipo 3	70	8.400	92	2.402	74.749
Poste de concreto tipo 4	33	5.940	65	1.699	42.364
Poste de concreto tipo 5	16	3.840	42	1.098	9.884
Poste de aço	300	19.500	215	5.577	83.325
Consumo Total	-	-	810	22.637	406.604

A tabela apresenta os diferentes modelos de postes utilizados no projeto, a quantidade correspondente de postes, a potência em watts e o consumo de energia diário, mensal e anual. O consumo total de todos os postes analisados é de 810 KW diários, 22.637 KW mensais e 406.604 KW anuais.

Esses dados são essenciais para entender o consumo atual de energia e, posteriormente, comparar com os resultados alcançados após a implementação do projeto LoRa Light. Com base nessas informações, é possível estabelecer metas de redução de consumo e avaliar o impacto positivo da dimerização programada das luminárias externas na eficiência energética da planta.

3.2. Desenvolvimento da interface

O primeiro passo para o desenvolvimento da interface do LoRaLight foi elaborar nossa proposta de valor para o projeto e mapear as necessidades dos nossos clientes internos. Por meio de uma análise cuidadosa, identificamos os diferentes grupos de usuários, como a equipe de Facility Management, a equipe de segurança e vigilância patrimonial, os responsáveis por relatórios de sustentabilidade e os usuários prediais. Com base nessa compreensão, pudemos criar uma interface que atendesse às expectativas e necessidades específicas de cada um desses grupos, proporcionando uma experiência de uso valiosa e satisfatória. No relatório, detalhamos essa abordagem e apresentamos os valores que a interface do LoRaLight busca oferecer a cada um dos nossos clientes, garantindo assim um produto alinhado com suas demandas e expectativas.

O próximo desafio foi desenhar as funcionalidades da interface do LoRaLight, mantendo o padrão da plataforma DiOS existente. A padronização em desenvolvimento de plataformas digitais apresenta-se como um desafio, uma vez que é necessário garantir uma experiência consistente e familiar aos usuários, mesmo em diferentes módulos ou aplicações dentro do ecossistema. Isso é fundamental para facilitar a curva de aprendizado, promover a familiaridade e evitar confusões desnecessárias, projetando uma interface intuitiva e coerente com suas experiências anteriores no DiOS. Dessa forma, é possível proporcionar uma transição suave e facilitar a adoção do LoRaLight como uma extensão natural da plataforma existente.

3.2.1. Mapeamento das Necessidades dos Usuários e Proposta de Valor

Durante o desenvolvimento da interface do LoRaLight, um aspecto fundamental foi mapear a proposta de valor que queríamos oferecer aos nossos diferentes usuários, que incluem a equipe de Facility Management, a equipe de segurança e vigilância patrimonial, os responsáveis por relatórios de sustentabilidade e os usuários prediais. Para cada um desses grupos, identificamos possíveis valores que a interface deveria garantir, visando atender às suas necessidades específicas.

1. Equipe de Facility Management:

- Facilidade de monitoramento e controle das luminárias externas em tempo real.
- Centralização das informações e dados relevantes para a gestão eficiente das luminárias.
- Acesso a relatórios e análises de desempenho das luminárias, facilitando a tomada de decisões embasadas em dados.
- Otimização dos processos de manutenção e reparo das luminárias, permitindo ações preventivas e redução de custos operacionais.

Vale ressaltar que por equipe de Facility Management consideramos os engenheiros responsáveis pela manutenção das utilidades existentes e pelo desenvolvimento de novos

projetos, técnicos da equipe de manutenção de sistemas elétricos e a empresa contratada pela Bosch responsável por realizar a conservação do patrimônio.

2. Equipe de segurança e vigilância patrimonial:
- Visibilidade em tempo real do status das luminárias externas para auxiliar na vigilância e segurança do local.
- Capacidade de acionar as luminárias remotamente em caso de necessidade, reforçando a segurança do ambiente.
- Recebimento de notificações e alertas em casos de falhas ou eventos inesperados relacionados às luminárias.

3. Responsáveis por relatórios de sustentabilidade:
- Acesso a informações precisas sobre o consumo de energia das luminárias, possibilitando a geração de relatórios de sustentabilidade e eficiência energética.
- Análise do impacto ambiental das luminárias externas e identificação de oportunidades de melhoria em termos de eficiência energética.

4. Usuários prediais:
- Interface intuitiva e de fácil utilização, que não requer conhecimentos técnicos avançados.
- Possibilidade de programar horários de funcionamento e criar cenários de iluminação adequados às necessidades dos usuários.

Ao garantir esses valores por meio da interface do LoRaLight, buscamos atender às demandas específicas de cada um dos nossos usuários, proporcionando uma experiência satisfatória, eficiente e personalizada.

3.2.2. Prototipagem e desenvolvimento

Durante o processo de desenvolvimento da interface, os protótipos foram apresentados pela equipe de design gráfico, UI/UX e validados pelo time de projeto do DiOS. Essa abordagem colaborativa nos permitiu aprimorar a usabilidade e as funcionalidades da interface, buscando atender às necessidades dos usuários-chave, mapeados no item acima.

Figura 3. Visão geral do projeto LoRa Light , exibindo todos os postes de iluminação externa da unidade Campinas.

Entretanto, durante a fase de instalação dos dispositivos LoRaLight, surgiram novas necessidades que acabaram entrando para a lista de requisitos da interface. Por exemplo, para facilitar a replicação do projeto em outras unidades Bosch seria necessário uma função que permitisse associar o código de identificação de cada peça com o respectivo poste e luminária, tornando o processo de instalação mais ágil e evitando possíveis erros de instalação.

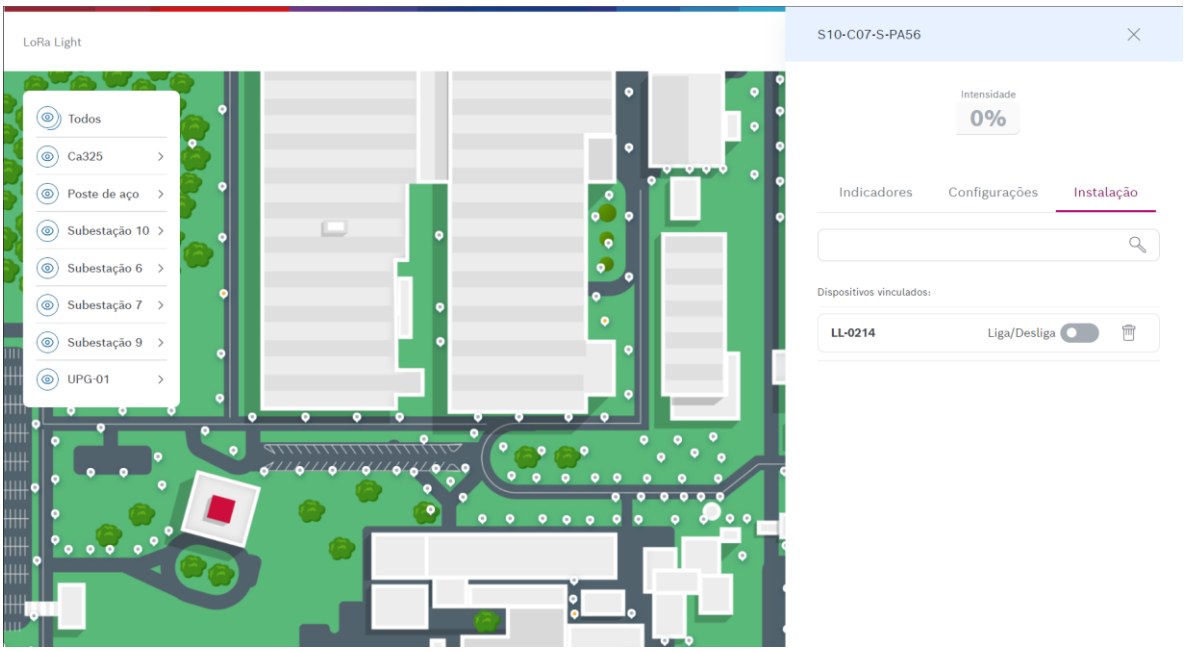

Figura 4. Funcionalidade de busca e inclusão dos dispositivos LoRa Light e sua associoção com os postes.

Além disso, foi necessário incluir formas de programação de funcionamento das luminárias, permitindo associar a dimerização a cada período e horário desejado. Desenvolvemos uma função que verificava possíveis conflitos de horários e orientava o usuário durante o processo de configuração. Levando em consideração a grande quantidade de dispositivos, também criamos uma forma prática de atribuir esses horários, permitindo que o usuário selecionasse se determinado dispositivo seguiria os horários do grupo de luminárias ou tivesse uma rotina individualizada. Por exemplo, foram criados grupos como o grupo de luminárias dos postes das áreas de estacionamento, grupo de luminárias de postes da área interna da fábrica e grupo de luminárias da área perimetral. Cada grupo possui uma necessidade diferente e única. Em alguns, podem ser utilizados os horários de troca de turnos como referência enquanto em outros uma iluminação mais baixa é o suficiente para garantir que os usuários andem com segurança entre os prédios da fábrica.

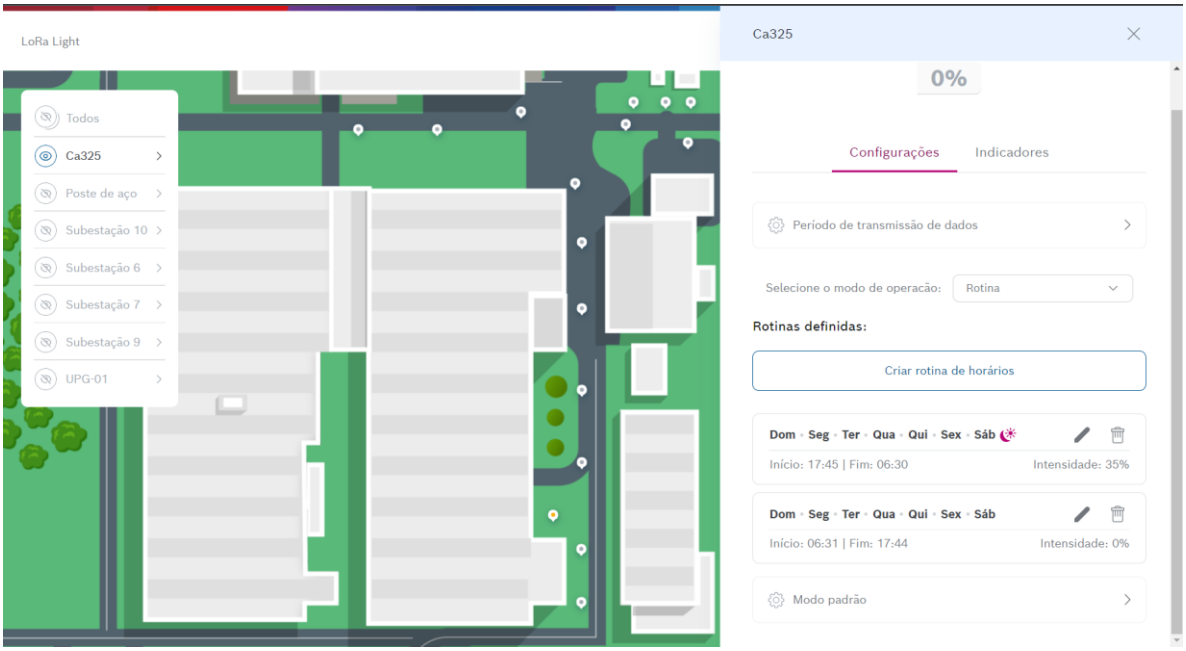

Figura 5. Criação de rotinas de funcionamento (horário e potência) para grupos de postes.

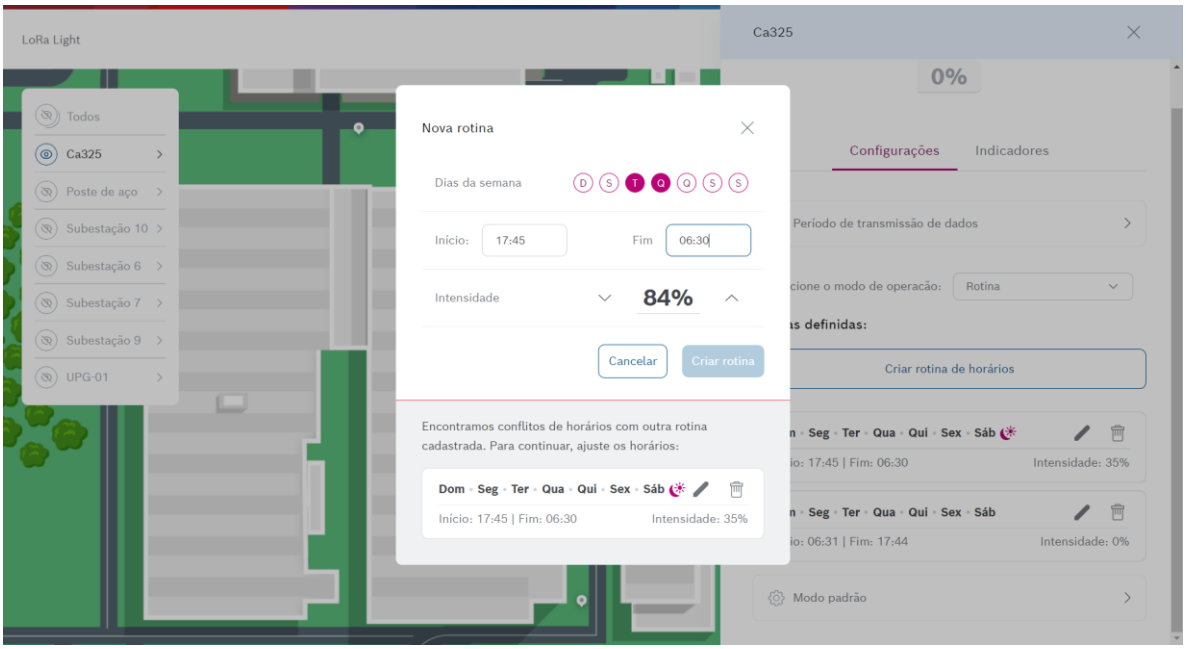

Figura 6. Checagem de conflitos de horários e orientações ao usuário.

Outro aspecto importante foi o desenvolvimento de um gráfico de consumo de corrente e energia elétrica para o dispositivo e para o grupo de luminárias. Essa funcionalidade visava o acompanhamento das medidas de eficiência energética, permitindo comparar diferentes cenários, como ligar as luminárias por falta de luz natural ou utilizar a configuração de rotina e dimerização. Essa análise facilitava a tomada de decisões em relação ao consumo de energia, proporcionando maior eficiência no uso das luminárias externas.

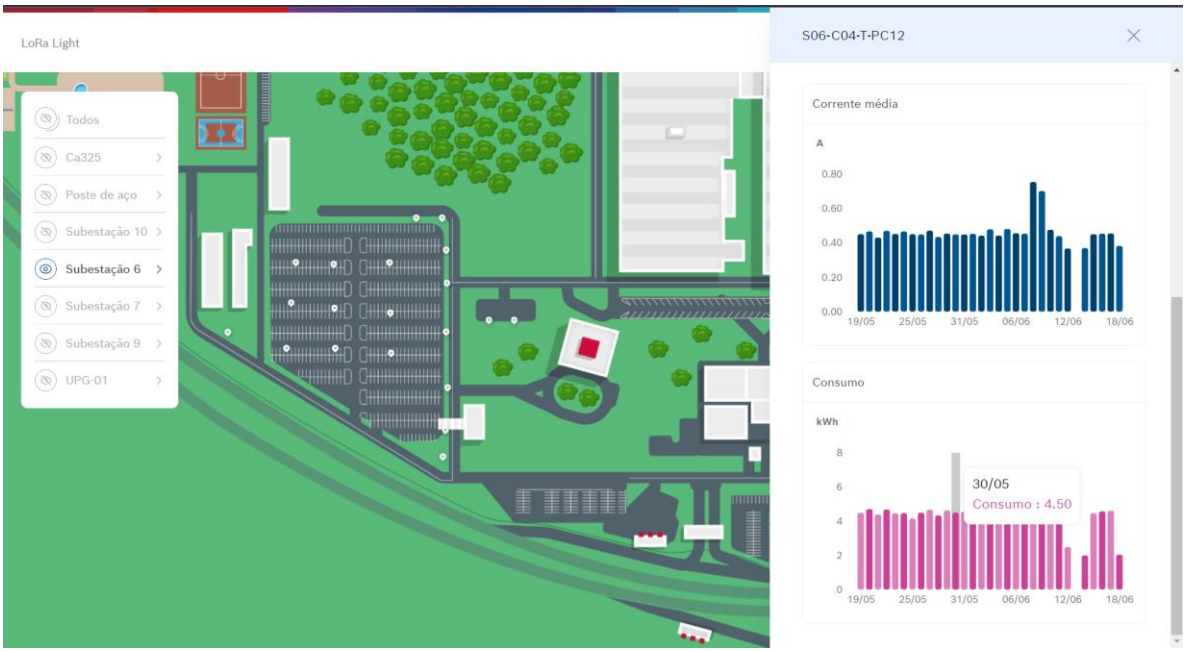

Figura 7. Análise do consumo energético com base nas informações do sensor de corrente embarcado em cada dispositivo.

Essas melhorias na interface e nas funcionalidades do LoRaLight foram desenvolvidas com base no feedback dos usuários e dos stakeholders envolvidos no projeto do DiOS. Buscamos criar uma interface intuitiva e prática, que facilitasse o processo de instalação, configuração e operação do sistema, além de fornecer informações relevantes sobre o consumo de energia e status de funcionamento dos dispositivos.

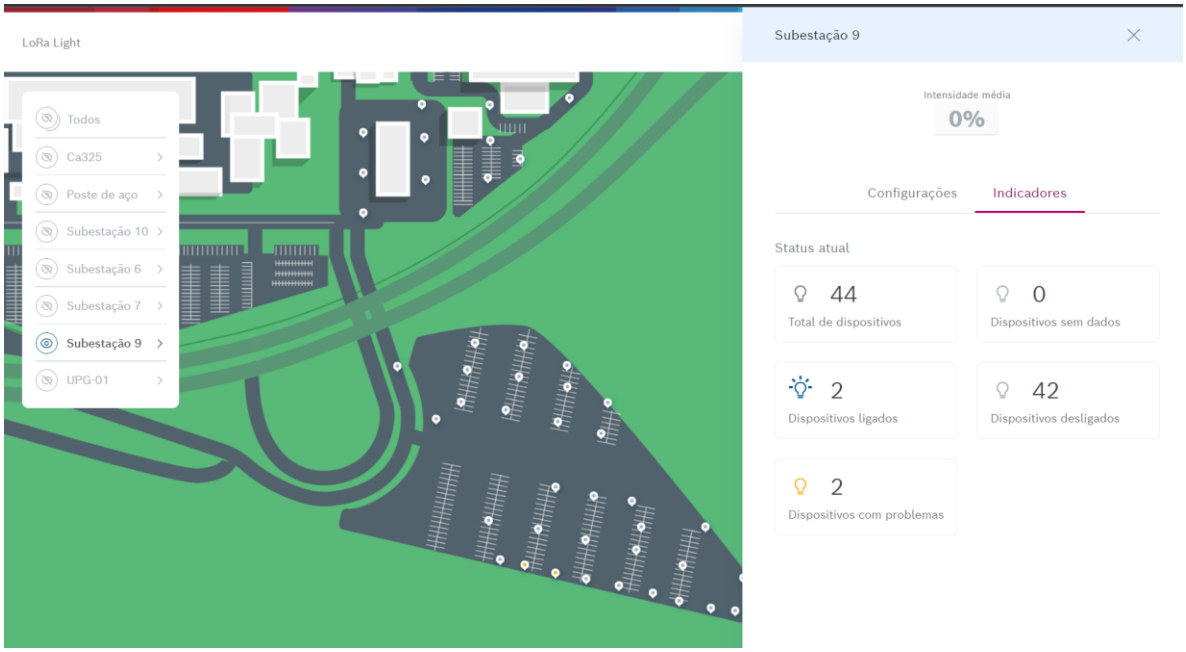

Figura 8. Detecção de falhas e agilidade para manutenção do sistema.

O resultado final da interface de operação do LoRaLight é uma plataforma completa e eficiente, que permite o controle total das luminárias externas. A interface apresenta um painel intuitivo, onde os usuários podem visualizar e controlar as luminárias de forma rápida e fácil. Além das funcionalidades mencionadas anteriormente, foram adicionados gráficos de consumo de energia, relatórios de desempenho e opções avançadas de configuração. A interface é responsiva, podendo ser acessada de dispositivos móveis, facilitando o gerenciamento das luminárias em qualquer lugar e a qualquer momento.

Através da interface de operação do LoRaLight, os usuários têm acesso a informações precisas sobre o funcionamento das luminárias, podendo realizar ajustes e programações personalizadas para maximizar a eficiência energética. A interface proporciona uma experiência intuitiva e completa, facilitando a gestão das luminárias externas e contribuindo para o sucesso do projeto LoRaLight.

3.3. Eficiência energética

O projeto LoRa Light apresentou ganhos significativos em termos de eficiência energética e redução das emissões de CO2. Através da implementação do sistema, foi possível reduzir o consumo de energia em todos os modelos de postes de concreto e de aço, principalmente através da redução de potência.

Tabela 3: Demonstrativo da eficiência energética e ganhos financeiros obtidos através do projeto LoRaLight durante o período de operação de 1 ano.

Modelo	Quantidade de Postes	Consumo Anual (kWh)	Novo Consumo anual (kWh)	Ganho Financeiro (anual)
Poste de concreto tipo 1	30	63.914	25.566	R$ 7.669,68
Poste de concreto tipo 2	55	132.367	52.947	R$ 15.884,04
Poste de concreto tipo 3	70	74.749	29.900	R$ 8.969,88
Poste de concreto tipo 4	33	42.364	16.946	R$ 5.083,68
Poste de concreto tipo 5	16	9.884	3.954	R$ 1.186,08
Poste de aço	300	83.325	33.330	R$ 9.999,00
Consumo Total	-	406.604	162.642	R$ 48.792,48

Considerando todos os modelos de postes e o consumo total, o projeto LoRa Light obteve uma redução do consumo anual de 406.604 kWh para 162.642 kWh, resultando em uma economia de 243.962 kWh, ou seja, uma redução de aproximadamente 60%. Isso representa um ganho financeiro de R$48.792,48 durante o período de um ano de operação.

Além dos ganhos financeiros, esses resultados também contribuem para a redução das emissões de CO2, uma vez que a diminuição do consumo de energia elétrica está diretamente relacionada à diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Em resumo, o projeto LoRa Light demonstrou ser eficaz na redução do consumo de energia e na promoção da eficiência energética, resultando em ganhos financeiros significativos e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

4. CONCLUSÃO

O projeto LoRa Light teve como objetivo desenvolver uma solução inovadora para o controle inteligente das luminárias externas, visando otimizar o consumo de energia, facilitar o gerenciamento e melhorar a eficiência geral da planta fabril da empresa Robert Bosch. Através da utilização da tecnologia LoRaWAN e da integração com o DiOS (Digital Infrastructure Operational System), foi possível criar uma solução completa e abrangente que aumentou a eficiência energética da planta, proporcionou uma gestão mais inteligente e sustentável dos recursos e alinhou-se com os objetivos estratégicos de digitalização e sustentabilidade da empresa.

O projeto foi conduzido com base em uma abordagem metodológica dual, utilizando o Design Thinking para o desenvolvimento da interface e o PMBOK para o desenvolvimento do dispositivo LoRaLight. Isso permitiu atender às especificidades técnicas de cada frente de trabalho e garantir a eficiência e qualidade em todas as etapas do projeto.

Os resultados alcançados foram significativos. Os dados iniciais e estimativas mostraram o consumo atual de energia das luminárias externas, fornecendo uma base para comparação após a implementação do projeto. O desenvolvimento da interface do LoRaLight levou em consideração as necessidades dos diferentes grupos de usuários, proporcionando uma experiência de uso valiosa e satisfatória. Além disso, a integração com o DiOS permitiu o gerenciamento centralizado e eficiente das luminárias externas, facilitando a tomada de decisões baseadas em dados e otimizando a utilização dos recursos.

No geral, o projeto LoRa Light contribuiu para o avanço do conhecimento na área de facilities, fornecendo insights relevantes sobre a aplicação de soluções de automação e controle inteligente de iluminação externa. As lições aprendidas durante o desenvolvimento e implementação do projeto também são compartilhadas, fornecendo informações valiosas para profissionais e empresas interessados em promover a eficiência energética em suas instalações. A solução agora faz parte do portfolio de dispositivos AIoT disponíveis no sistema DiOS e encontra-se em fase de expansão para as outras localidades do grupo Bosch.

5. REFERÊNCIAS

ARIF-UZ-ZAMAN, K. (2020). An overview of energy efficiency measures for commercial buildings. Energy Reports, 6, 566-575.

CARLUCCI, S., DE SANTIS, A., GATTULLI, V., & LO SCHIAVO, L. (2018). Lighting control systems for energy efficiency in buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 2731-2743.

DUARTE, R., SOUSA, T., CASTRO, R., & PEREIRA, J. M. (2019). Review on lighting control systems for energy efficiency in buildings. Sustainable Cities and Society, 51, 101737.

EICKER, U. (2018). Energy-efficient buildings with solar and geothermal resources. Springer.

LI, Y., LIN, B., WANG, D., & HUANG, G. (2020). Smart lighting systems for energy efficiency: A review. Energy and Buildings, 214, 109889.

NEVES, T., PINTO, M. C., & FERREIRA, P. M. (2017). Smart lighting control systems: A state-of-the-art review. Energy and Buildings, 140, 110-124.

NOGUEIRA, C., VIEIRA, S. M., LOPES, L. F., & LOPES, J. C. B. (2018). Energy management systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 1277-1293.