



# ILUMI - Solução para Redução de Perdas Não Técnicas no Parque de Iluminação Pública

**Tema:** Recuperação de energia - Perdas não-técnicas

**Autores:** Vitor Hugo Aires da Silva; Douglas de Farias Medeiros; Iure Barros Reboucas e Danilo Febroni Baptista

**Co-Autores:** Luciano Dantas Pereira Junior; Gisele Rodrigues Atayde Margarido e Livia de Carvalho Campos Lins

**Empresa:** Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia S.A

---

## Resumo

O ILUMI – Solução para Redução de Perdas Não Técnicas no Parque de Iluminação Pública é uma ferramenta inovadora no mercado da distribuição de energia elétrica no país por meio da análise e comparação das bases de georreferenciamento e faturamento das distribuidoras. Na Energisa Sergipe S.A, onde a ferramenta foi utilizada em 2024, a solução trouxe um benefício energético de aproximadamente 720 MWh considerando a energia agregada em 12 meses e a energia recuperável a partir da compensação do consumo não faturado dos últimos 36 meses. A solução realiza uma varredura nas bases cadastrais georreferenciadas de rede de distribuição, unidades consumidoras e pontos de Iluminação Pública (IP), e, a partir dessa análise o algoritmo aponta regiões da área de concessão onde existem possíveis pontos de IP instalados em campo, mas não estão sendo devidamente faturados pela distribuidora de energia elétrica. A partir dos apontamentos dessas regiões com as respectivas quantidades estimadas de IP faltantes é possível realizar uma priorização das áreas para realização de inspeção em campo.

## 1. Introdução

De acordo com a Resolução Normativa 1000/2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é de responsabilidade do poder público municipal a elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de Iluminação Pública (IP). Atualmente no Brasil existem dois tipos de faturamentos do consumo de energia elétrica das IPs por parte das distribuidoras de energia: consumo medido e consumo estimado. Enquanto o primeiro realiza o faturamento com base na leitura realizada em campo pelos medidores de energia, o segundo realiza uma estimativa de energia consumida levando em consideração a base de faturamento onde estão cadastradas todas as lâmpadas de cada município.

Para cadastro de novos pontos de iluminação pública não medido pela distribuidora, a Resolução prevê que o poder público municipal deve encaminhar à distribuidora as informações das novas instalações em até 30 dias da execução para que sejam atualizados os sistemas de faturamento e georreferenciamento. Portanto, à medida que essas informações não são disponibilizadas a contento, o consumo dessas novas instalações não é faturado pela concessionária, impactando diretamente na Perda Não Técnica (PNT). Quando isso ocorre, essa falha só é identificada pelas distribuidoras durante o processo de levantamento periódico de IP que ocorre em cada município da concessão. Dessa forma, à medida que essa identificação tarda, a

distribuidora deixa de agregar esse consumo ao faturamento, como também, aumenta cada vez mais a energia a recuperar quando essa fraude for identificada.

Tendo como objetivo identificar áreas onde existem pontos de IP que não estão sendo faturados pela distribuidora, foi desenvolvida uma solução que compara as bases de dados de localização dos clientes, redes de distribuição e pontos de lâmpadas cadastradas. A partir dessa comparação, a solução aponta polígonos de regiões onde possivelmente existem pontos de iluminação pública que estão instaladas em campo, porém não estão sendo faturadas pela distribuidora, para que, após um processo de auditoria em campo, sejam inseridas nos sistemas de faturamento e georreferenciamento. Com essa solução a distribuidora consegue identificar essas áreas de uma forma mais rápida para agregar as novas cargas ao faturamento, como também, avaliar possível recuperação de energia junto ao município.

Dos resultados obtidos com as bases de dados da Energisa Sergipe ao inspecionar 5 regiões apontadas pelo ILUMI, foi possível obter aproximadamente 181 MWh de Energia agregada em 12 meses e 541 MWh de energia a recuperar, considerando compensação de 36 meses de consumo, totalizando um benefício total das regiões em 722 MWh.

Diferentemente de abordagens manuais de validação de ativos e processos de faturamento não otimizados, o ILUMI capacita equipes de gestão de energia e proteção da receita a alcançar eficácia no processo de faturamento de energia de IP, garantindo o cumprimento das normas e requisitos regulatórios, ao mesmo tempo que otimiza custos na gestão do processo.

## **2. Desenvolvimento**

A fim de estruturar e desenvolver a solução, as atividades de produto e design foram conduzidas seguindo a metodologia Ágil Scrum, especialmente para a fase inicial de POC (Prova de Conceito) realizada com as bases cadastrais da Energisa Paraíba e a fase de MVP (Mínimo Produto Viável) desenvolvido na Energisa Sergipe, com sprints, para manter o desenvolvimento do projeto focado e iterativo. Esse processo está descrito na subseção de Metodologia, e, em seguida os resultados obtidos estão apresentados na sucessão de Resultados.

### **2.1 Metodologia**

Para avaliar regiões que possivelmente tenham falhas no cadastro de IP, inicialmente é feita a análise das bases de cadastro de clientes e de iluminação pública. Através dessas bases é definido um valor máximo de distância do cliente para o ponto de iluminação pública mais próximo, dessa forma, os clientes acima desse limite passam a ser considerados como considerado fora do padrão. Esse limite torna-se diferente entre zonas rurais e urbanas, visto que em áreas rurais é comum existir uma distância maior entre o cliente e a IP.

Após essa identificação dos clientes eles são agrupados com uma técnica de clusterização identificando regiões com grupos de clientes que estão fora do padrão, e excluindo clientes que seriam apenas outliers da análise. A Figura 1 ilustra esse processo de clusterização.



Figura 1 - Representação do processo de identificação dos agrupamentos de Unidades Consumidoras

Essa clusterização é feita com o algoritmo DBSCAN (*Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) que segundo a literatura (KHAN, 2018) é um dos principais algoritmos de clusterização baseado na densidade de pontos nas regiões. Ele agrupa pontos próximos entre si utilizando como parâmetros uma distância máxima (eps) e um número mínimo de pontos para que um grupo seja considerado um cluster válido (minPoints). Dessa forma, regiões com baixa densidade de pontos são classificadas como outliers. Uma das vantagens desse tipo de clusterização é que não é necessário determinar previamente o número de clusters a serem identificados. Além disso, o formato dos clusters não precisa ser convexo, permitindo a formação de diferentes formas conforme a densidade dos pontos. Por fim, o algoritmo identifica e separa outliers que não se encaixam em nenhum grupo, o que pode ser útil em determinadas análises.

Com as regiões definidas é necessário priorizá-las levando em consideração a quantidade de IP faltantes em cada uma delas. Para levantamento desse quantitativo foi elaborado um modelo que regressão baseado na quantidade de postes existentes, na quantidade de clientes e no tamanho da região indicada. A Figura 2 demonstra as entradas necessárias ao algoritmo e a saída esperada.



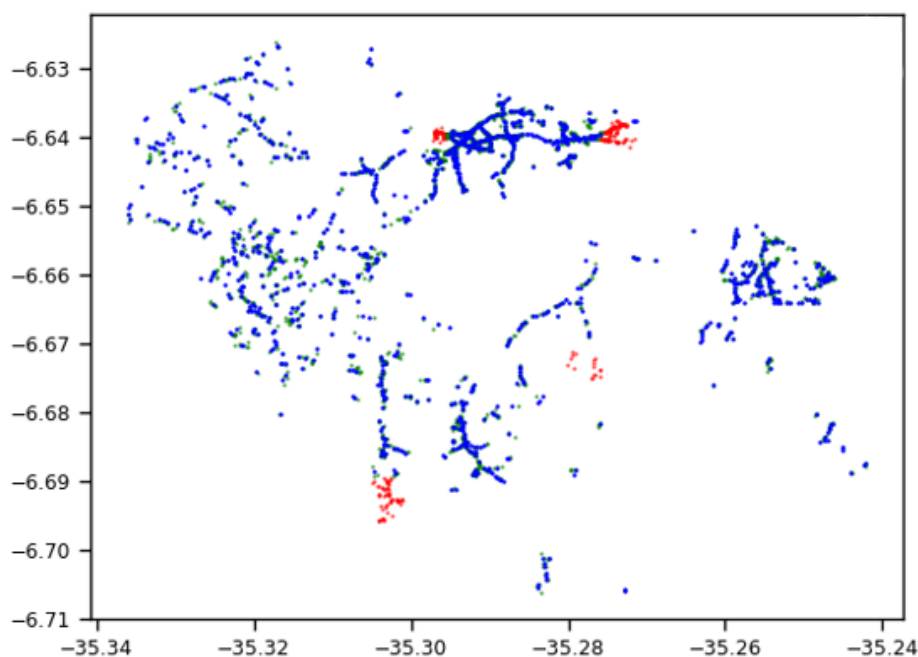
Figura 2 - Entradas e saída da solução

O desenvolvimento da solução seguiu duas etapas: prova de conceito (PoC) e Mínimo Produto Viável (MVP). Enquanto a primeira teve como objetivo validar a eficácia da lógica proposta, a segunda com o objetivo de implementar algumas funcionalidades para validar a solução em campo.

#### 2.1.1 Prova de Conceito (PoC)

Para realização da avaliação conceitual foram selecionadas algumas regiões urbanas e rurais da Energisa Paraíba (EPB) que estavam com seus cadastros de IP confiáveis, e, em seguida foram retirados alguns

pontos de iluminação pública afim de realizar uma simulação controlada com o algoritmo construído. O Objetivo foi validar se a solução indicaria as regiões onde estavam com os pontos de IP faltantes. Inicialmente foi feita uma análise em 5 municípios da Paraíba que possuíam dados confiáveis no cadastro de IP para referência e em seguida foram retirados os cadastros de IP de quatro regiões de cada município para realização da simulação. A Figura 3 representa o resultado da análise de um dos municípios simulados, o município de Pedro Regis – PB, onde os pontos azuis representam os clientes que estão coerentes, e, os pontos vermelhos, os clientes identificados pela solução como anômalos. Dessa forma, observou-se que as quatro regiões onde haviam sido retirados os cadastros de IP para simulação, foram devidamente identificadas pelo algoritmo.

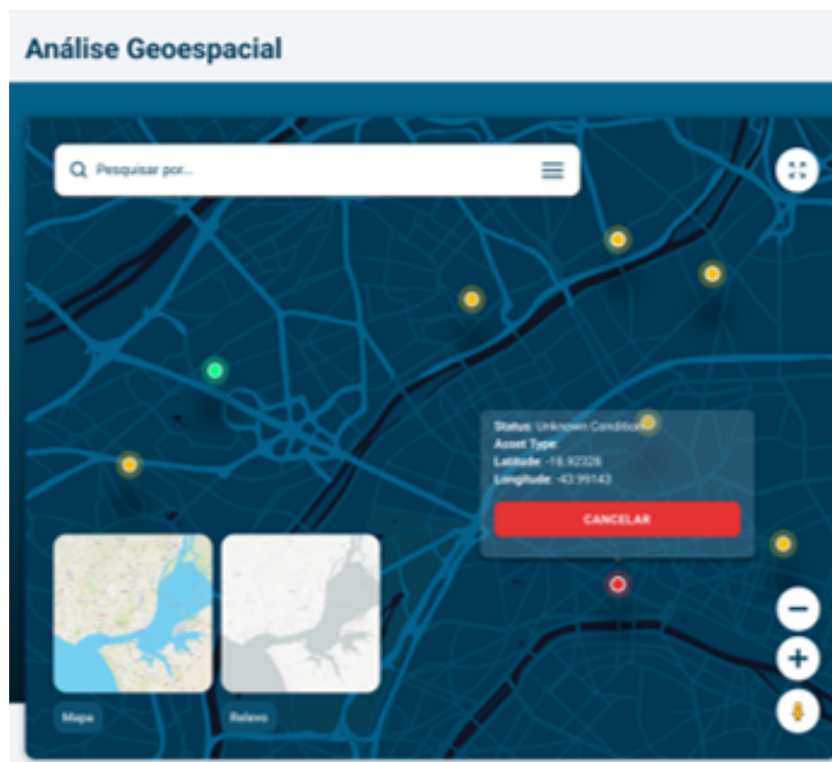


*Figura 3 - resultado da simulação no município de Pedro Regis - PB*

Foram avaliadas duas métricas: percentual de regiões identificadas, para avaliar a capacidade do algoritmo em identificar as regiões; e, o erro na estimativa da quantidade de IP faltantes na região detectada, para avaliar a viabilidade de utilização desse dado para priorização de regiões que devem ser inspecionadas em campo. Ambas as métricas apresentaram resultados satisfatórios.

#### *2.1.2 Mínimo Produto Viável (MVP)*

Após a validação da eficácia da metodologia por meio da Prova de Conceito, foi desenvolvida uma interface com as bases de dados da Energisa Sergipe (ESE) para que o usuário consiga visualizar as áreas apontadas pelo ILUMI no mapa da concessão. A Figura 4 apresenta a visualização do mapa da interface visual desenvolvida nessa etapa do desenvolvimento do produto, onde os pontos vermelhos indicam regiões que precisam ser inspecionadas, e os amarelos e verdes, as regiões que o usuário apontou como “Em andamento” e “Concluído”, respectivamente.



*Figura 4 - Interface desenvolvida no MVP*

Dos 63 municípios que estão sob a concessão da ESE, o algoritmo apontou pontos faltantes de IP em 13 deles, totalizando uma estimativa superior a 470 lâmpadas que não estão sendo faturadas pela distribuidora.

Com o propósito de avaliar diferentes circunstâncias de uso da ferramenta, foram selecionados alguns cenários para validação por meio de inspeção em campo na ESE considerando as seguintes situações:

- Região com alta probabilidade (Bairro do Castelo no município de Nossa Senhora do Socorro – SE, estimativa de 173 pontos de IP faltantes)
- Região com média probabilidade (Residencial no município de Nossa Senhora da Glória – SE, estimativa de 34 pontos de IP faltantes)
- Região com baixa probabilidade (Condomínio no município de Nossa Senhora do Socorro – SE, estimativa de 9 pontos de IP faltantes)
- Região de trecho rural (município de Malhada dos Bois – SE, estimativa de 14 pontos de IP faltantes)
- Região onde ILUMI apontou que não existia ponto de IP faltante (município de Amparo de São Francisco)

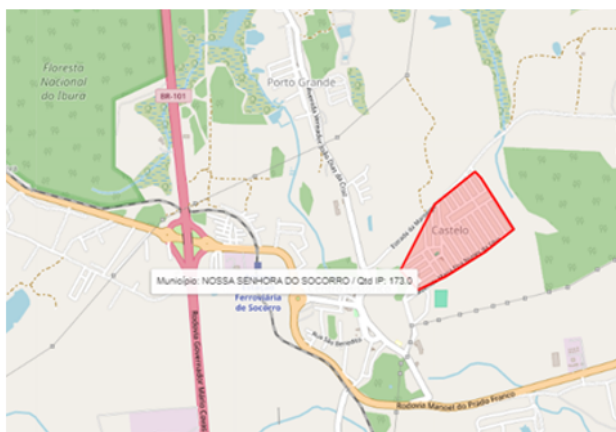
A subseção de Resultados apresenta os resultados obtidos em cada desses municípios.

## 2.2 Resultados

### *2.2.1 Bairro do Castelo no município de Nossa Senhora do Socorro – SE*

Na região do Bairro do Castelo o ILUMI apontou uma área com uma estimativa de 173 pontos faltantes na base de cadastral, porém através de inspeção em campo, foram identificados 192 pontos de iluminação pública instalados. Ao contabilizar a energia agregada em doze meses dos novos pontos, têm-se um total aproximado de 120 MWh. Na Figura 5 são apresentados o apontamento realizado pelo ILUMI e uma evidência das instalações em campo.





(A)



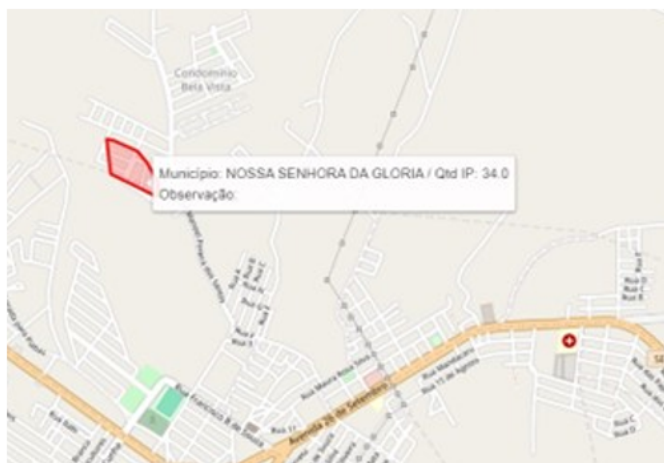
(B)

*Figura 5 - (A) Apontamento pelo ILUMI da região do Bairro do Castelo, e, (B) Evidência de instalação da IP em campo*

Além da energia agregada, a Resolução 1000 da ANEEL prever para essa situação a possibilidade de recuperação de energia de até 36 meses, o que pode chegar a 360 MWh para esse bairro.

#### *2.2.2 Residencial no município de Nossa Senhora da Glória - SE*

Em um residencial no município de Nossa Senhora da Glória o ILUMI apontou uma área com aproximadamente 34 pontos de IP faltantes na base de cadastral, porém através da realização da inspeção em campo foram identificados 64 pontos de IP. Com isso, tem-se uma energia agregada de 12 meses de 40 MWh e uma energia a recuperar, com base em 36 meses, de 120 MWh. Na Figura 6 são apresentados o apontamento realizado pelo ILUMI e uma evidência das instalações em campo.



(A)



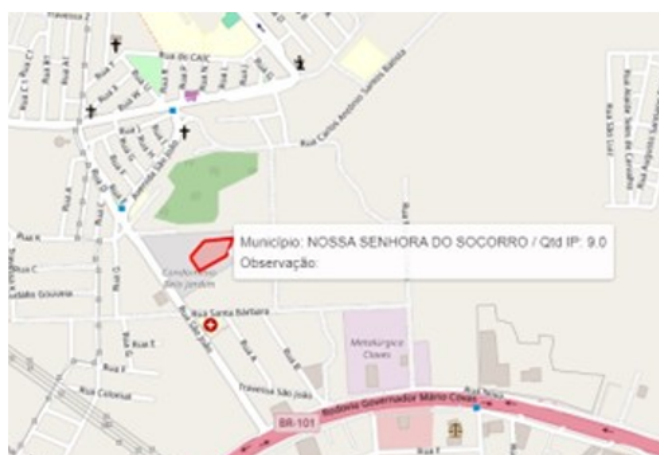
(B)

*Figura 6 - (A) Apontamento do ILUMI do residencial, e, (B) Evidência de instalação da IP em campo*

#### *2.2.3 Condomínio no município de Nossa Senhora do Socorro – SE*

Em um condomínio no município de Nossa Senhora do Socorro o ILUMI apontou uma área com aproximadamente 9 pontos de IP faltantes na base de cadastral, porém através da realização da inspeção em campo foram identificados 11 pontos de IP. Com isso, tem-se uma energia agregada de 12 meses de 7

MWh e uma energia a recuperar, com base em 36 meses, de 20 MWh. Na Figura 7 são apresentados o apontamento realizado pelo ILUMI e uma evidência das instalações em campo.



(A)

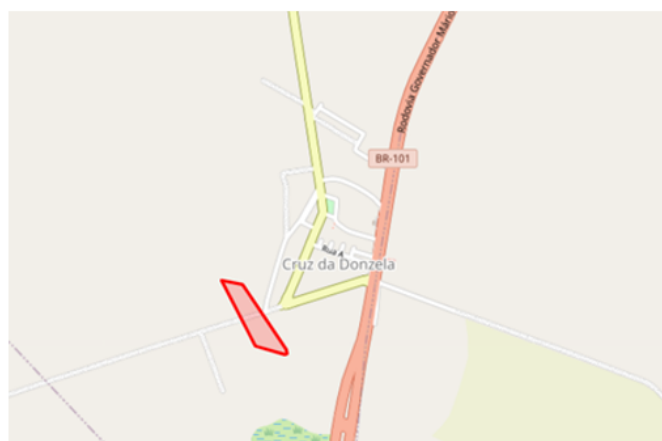


(B)

Figura 7 – (A) Apontamento do ILUMI do condomínio, e, (B) Evidência de instalação da IP em campo

#### 2.2.4 Trecho Rural - município de Malhada dos Bois - SE

A fim de validar as indicações em regiões rurais onde apresentam uma dificuldade maior de identificação de falta de IP, foi selecionado uma região rural localizada no município de Malhada dos Bois onde o ILUMI apontou uma ausência de 14 pontos de Iluminação Pública. Ao realizar a inspeção em campo foram identificados 22 pontos, o que totalizou uma energia agregada de 12 meses de 14 MWh e energia recuperável de 41 MWh (considerando a recuperação em 36 meses de consumo). Na figura 8 são apresentados o apontamento realizado pelo ILUMI e uma evidência das instalações em campo.



(A)



(B)

Figura 8 – (A) Apontamento do ILUMI do município de Malhada dos Bois, e, (B) Evidência de instalação da IP em campo

#### 2.2.5 Região onde não houve apontamento de falta de IP

Com objetivo de identificar possíveis falsos positivos em as áreas onde o ILUMI não apontou nenhuma inconsistência nos cadastros de Iluminação Pública, foi selecionado o município de Amparo de São Francisco

para realização de inspeção em campo. Após a contagem dos pontos de IP em todo o município não foram identificadas divergências cadastrais em relação às informações do sistema de georreferenciamento.

A Tabela 1 detalha o resumo dos resultados obtidos com a utilização do MVP.

*Tabela 1 – Resultados obtidos com o MVP*

Município/Região	Cenário	Estimativa ILUMI (Qtd)	Campo (Qtd)	Acurácia média	Energia agregada - 12 meses (MWh)	Energia a recuperar - 36 meses (MWh)	Benefício Total (MWh)
Nossa Senhora do Socorro - Bairro Castelo	Alta probabilidade	173	192	90%	120	360	480
Nossa Senhora da Glória - Residencial	Média probabilidade	34	64	53%	40	120	160
Nossa Senhora do Socorro - Condomínio	Baixa probabilidade	9	11	82%	7	20	27
Malhada dos bois - Trecho Rural	Trecho Rural	14	22	64%	14	41	55
Amparo de São Francisco	Sem IPs faltantes	0	0	100%	0	0	0
<b>TOTAL</b>					<b>181</b>	<b>541</b>	<b>722</b>

### 3. Conclusão

O presente estudo focou na detecção e controle de perdas não técnicas em instalações de iluminação pública, utilizando a análise de dados cadastrais georreferenciados da distribuidora. A Energisa Sergipe S.A., com seus dados cadastrais consolidados, serviu como empresa piloto para validar a eficácia da ferramenta desenvolvida.

Por meio de um algoritmo computacional que analisa dados cadastrais georreferenciados de redes de distribuição de energia, unidades consumidoras e pontos de iluminação pública, foram identificadas regiões com instalações de iluminação pública não faturadas pela distribuidora.

Em resumo, os resultados obtidos na prova de conceito (PoC) e no mínimo produto viável (MVP) destacaram a eficácia da metodologia aplicada em diversos cenários. A abordagem apresenta um grande potencial para as distribuidoras de energia, pois permite a identificação mais rápida dos pontos de iluminação pública não faturados. Isso não só agrega energia ao faturamento de forma mais rápida, mas também reduz o período considerado na possível compensação de energia a ser recuperada junto aos municípios, tornando o processo de negociação mais eficiente.

Como etapas subsequentes, a solução se encontra em etapa de industrialização interna para que seja utilizado nas nove distribuidoras do Grupo Energisa.

### 4. Referências bibliográficas

ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL nº 1000**, de 7 de dezembro de 2021. Acesso em 03/01/2025, disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>

KHAN, Mohammad Mahmudur Rahman. **Adaptive Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise for Identifying Clusters with Varying Densities**. Acesso em 07/01/2025, disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1809.06189>