



Número do Processo: BR 10 2026 001141 0

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: HERBERT CRISTIAN FOLLMANN

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 33145541846

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Nelson Antonio, 18, ap 16

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 05417060

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email: herbert@follmann.com.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DISTRIBUÍDO, UM MÉTODO PARA MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E USO DE UMA PLURALIDADE DE MÓDULOS SENSORES PARA DETECÇÃO DE INTERRUPÇÕES DE ENERGIA OU INDÍCIOS DE PERDAS NÃO TÉCNICAS

Resumo: A presente invenção descreve um sistema de monitoramento municipal distribuído e autônomo, projetado para detecção em tempo real de falhas de energia e monitoramento de múltiplos parâmetros em ambientes urbanos. O sistema compreende uma pluralidade de módulos de monitoramento interconectados por uma rede mesh Bluetooth de baixo consumo de energia. Cada módulo é alimentado por indução eletromagnética, captando energia de cabos elétricos existentes, o que elimina a necessidade de fontes de energia externas ou baterias de longa duração. Os módulos coletam dados de diversos sensores (e.g., corrente, tensão, temperatura, qualidade do ar), que são transmitidos via rede mesh para um gateway e, subsequentemente, para uma plataforma de monitoramento em nuvem. A plataforma processa os dados, gera alertas e relatórios, acessíveis por aplicativo móvel ou interface web. A invenção oferece uma solução de baixo custo, fácil instalação, escalável, resiliente e sustentável para cidades inteligentes.

Figura a publicar: 01

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Salomão Waisberg Gieremek

Numero OAB:

Numero API:

CPF/CNPJ: 45376486869

Endereço: Rua Tabapuã, 474, cj 113, Itaim Bibi

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 04533001

Telefone:

Fax:

Email: info@mnip.com.br

Escritório:

Nome ou Razão Social: MNIP PATENTES E INOVACAO LTDA

CPF/CNPJ: 45086299000187

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 1

Nome: HERBERT CRISTIAN FOLLMANN

CPF: 33145541846

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Av. Senador Pinheiro Machado, 960 – Apto 13

Cidade: Santos

Estado: SP

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	001 - GRU - MN0308208038.pdf
Procuração	002 - POA - MN0308208038.pdf
Relatório Descritivo	003 - Relatório Descritivo - MN0308208038.pdf
Reivindicação	004 - Reivindicação - MN0308208038.pdf
Desenho	005 - Desenho - MN0308208038.pdf
Resumo	006 - Resumo - MN0308208038.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

Pague via Pix com o QrCode ao lado

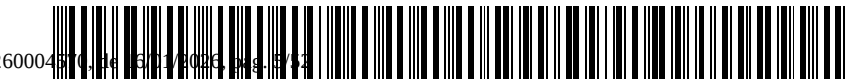


Recibo do pagador

		001-9	00190.00009 02940.916238 51292.851170 8 13570000013000		
Nome do Pagador / CPF / CNPJ / Endereço HERBERT CRISTIAN FOLLMANN, CPF/CNPJ: 33145541846 RUA NELSON ANTONIO, 18, AP 16, SÃO PAULO, SP, CEP: 5417060					
Sacador/Avalista					
Nosso-Número 29409162351292851		Nr. Documento 29409162351292851		Data de Vencimento 14/02/2026	
		Valor Documento R\$ 130,00		(=) Valor Pago	
Nome do Beneficiário/CPF/CNPJ/Endereço INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST CPF/CNPJ: 42.521.088/0001-37 RUA MAIRINK VEIGA, 9 24 ANDAR ED WHITE MARTINS - CENTRO, RIO DE JANEIRO - RJ, CEP 20090-910					
Agência/Código do Beneficiário 2234-9/333028-1			Autenticação Mecânica		

		001-9	00190.00009 02940.916238 51292.851170 8 13570000013000		
Local de Pagamento PAGÁVEL EM QUALQUER BANCO ATÉ O VENCIMENTO			Data Vencimento 14/02/2026		
Nome do Beneficiário/CPF/CNPJ INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST CPF/CNPJ: 42.521.088/0001-37			Agência / Código do Beneficiário 2234-9/333028-1		
Data do Documento 16/01/2026	Nr. Documento 29409162351292851	Espécie DOC DS	Aceite N	Data do processamento 16/01/2026	
Nosso-Número 29409162351292851					
Uso do Banco 29409162351292851	Carteira 17	Espécie R\$	Quantidade	x Valor	
(=) Valor documento R\$ 130,00					
Informações de Responsabilidade do Beneficiário A data de vencimento não prevalece sobre o prazo legal. O pagamento deve ser efetuado antes do protocolo. Órgãos públicos que utilizam o sistemas SIAFI devem utilizar o número da GRU no campo Número de Referência na emissão do pagamento. Serviço: 200 - Pedido nacional de invenção; Pedido nacional de modelo de utilidade; Pedido nacional de certificado de adição de invenção; e Entrada na fase nacional do PCT				(-) Desconto / Abatimento	
				(+) Juros/Multa	
				(=) Valor Cobrado	

Nome do Pagador / CPF / CNPJ / Endereço HERBERT CRISTIAN FOLLMANN, CPF/CNPJ: 33145541846 RUA NELSON ANTONIO, 18, AP 16, SÃO PAULO, SP, CEP: 5417060		Código de Baixa
Sacador/Avalista		Autenticação mecânica - Ficha de compensação



60004570 de 16/01/2026, pág. 8/12



Pix enviado
R\$ 130,00

Sobre a transação

Data do pagamento	Sexta-feira, 16/01/2026
Horário	17h19
ID da transação	E00416968202601162018A4ym9KVZSSC

Quem recebeu

Nome	Inpi
CPF/CNPJ	42.521.088/0001-37
Instituição	BCO DO BRASIL S.A.

Quem pagou

Nome	MNIP PATENTES E INOVACAO LTDA.
CPF/CNPJ	45.086.299/0001-87
Instituição	Banco Inter S.A.

Fale com a gente

Capitais e regiões metropolitanas: **3003 4070**
Demais localidades: **0800 940 0007**

Deficiência de fala e audição: **0800 979 7099**
Ouvidoria: **0800 940 7772**



Outorgante: HERBERT CRISTIAN FOLLMANN

Endereço: Av. Senador Pinheiro Machado, 960 – Apto 13 – Santos - Brasil

CPF/CNPJ: 331.455.418-46

PROCURAÇÃO

Pela presente, outorga poderes a **MONICA NOGUEIRA**, CPF/MF nº 077.542.107-38 e inscrita OAB sob o nº 328.923/SP, **ARI MAGALHÃES NETO**, CPF/MF nº 981.905.803-10, inscrito no CREA/SP sob nº 5063677244 e OAB sob número 406.306/SP, **MAURICIO MALECK COUTINHO**, CPF/MF 081.117.167-10 e na OAB/SP sob o nº 412.963 e na OAB/RJ sob o nº 118.838, **BEATRIZ MARTINS PESSOA**, CPF/MF nº 354.896.538-50 e OAB nº 322.121/SP, **CLARICE MINATOGAWA**, CPF/MF nº 294.432.338-51, e OAB nº 267.398, **SALOMÃO WAISBERG GIEREMEK**, CPF/MF 453.764.868-69 inscrito no CREA/SP sob nº 5071038000 e identidade 37333238-5, todos brasileiros e integrantes de **MAGALHÃES, NOGUEIRA SOCIEDADE DE ADVOGADOS** e **MNIP PATENTES E INOVAÇÃO LTDA**, com escritório na Rua Tabapuã, 474, conjunto 113, CEP 04533-001, Itaim Bibi, cidade e estado de São Paulo, Brasil, inscrita no CNPJ 29.291.029/0001-51 e CNPJ 45.086.299/0001-87 para, agindo conjunta ou separadamente, e independentemente da ordem de nomeação, representar a Outorgante perante a União, os Estados, o Distrito Federal e seus órgãos de administração direta ou indireta, no Brasil, em especial perante o Instituto Nacional da Propriedade Industrial, o Banco Central do Brasil, o Departamento Nacional de Registro de Comércio, as Juntas Comerciais dos Estados, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Registro.br, o Comitê Gestor da Internet no Brasil e órgãos de registro de direitos autorais, inclusive perante o Poder Judiciário, em todos as instâncias e níveis (poderes da cláusula *ad judicium et extra*), para o fim de obter a proteção de direitos relativos à Propriedade Industrial e Intelectual e agir na defesa ativa e passiva dos interesses da Outorgante, podendo, para tais efeitos, requerer e obter registros de marcas de produto e/ou serviço, de marcas coletivas, de certificação e tridimensionais, de indicações geográficas, de desenhos industriais, de nomes de domínio, de direitos autorais, inclusive de programas de computador, requerer e obter privilégio de invenção e de modelos de utilidade, bem como certificados de adição de invenção; promover a prova de uso de marcas, de patentes e de nomes de domínio; pagar as retribuições e anuidades devidas; requerer prorrogações ou renovações; apresentar protestos, apresentar e responder oposições, recursos e petições, réplicas e defesas, declarações, escritas ou orais; instaurar e responder processos administrativos de nulidade; cumprir exigências; requerer anotações de transferência, alterações de nome e/ou endereço; requerer a averbação e registro de contratos de licença de direitos de propriedade industrial, contratos de prestação de assistência técnica, de fornecimento de tecnologia, de participação em custo de pesquisa e desenvolvimento, contratos de franquia e outros atos ou contratos que impliquem em transferência de tecnologia, e praticar todos os atos nos processos de averbação para a sua conclusão; cumprir exigências, pedir vistas de processos; enviar notificações extrajudiciais e contranotificar aquelas recebidas de terceiros; efetuar pagamentos e receber restituições, dando as respectivas quitações, de taxas, retribuições e impostos, receber, juntar e retirar documentos; desistir, renunciar, transigir, requerer cancelamento, dar e receber quitação; apresentar e responder pedidos de licença compulsória; acessar as informações contidas no Sistema de Informações do Banco Central ("SISBACEN") em nome da Outorgante; registrar no SISBACEN quaisquer transações ou informações em nome da Outorgante, em quaisquer módulos, incluindo os módulos RDE-IED e RDE-ROF; assinar, apresentar e retirar, em nome da Outorgante, quaisquer formulários, requerimentos ou documentos em geral; representar a Outorgante em juízo; receber citação em nome da Outorgante, exclusivamente nos casos relacionados especificamente a propriedade intelectual, transferência de tecnologia, franquia e os assuntos aqui mencionados, e finalmente tomar medidas necessárias para defender os interesses da Outorgante. Os outorgados poderão substabelecer e revogar, no todo ou em parte, os poderes aqui conferidos, ficando, pela presente, ratificados os atos já praticados por qualquer dos outorgados até a presente data.

Local e data: Santos, 15 de Janeiro de 2026

Nome: Herbert Cristian Follmann

Cargo: Engenheiro Elétrico

Assinatura:

* não é necessário reconhecimento de firma nem outra formalidade específica.



www.mnip.com.br



Rua Tabapuã, 474, Sala 113 – Itaim Bibi – São Paulo – SP – Brazil – CEP 04533-001

**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DISTRIBUÍDO, UM MÉTODO PARA
MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E USO DE UMA PLURALIDADE DE
MÓDULOS SENSORES PARA DETECÇÃO DE INTERRUPÇÕES DE ENERGIA OU
INDÍCIOS DE PERDAS NÃO TÉCNICAS**

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção refere-se a um sistema de monitoramento de redes de distribuição de energia de baixa tensão, inserido no campo da Internet das Coisas (IoT) e cidades inteligentes (*smart cities*). Mais especificamente, a invenção descreve um sistema que utiliza módulos sensores sem fio em uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia, preferencialmente alimentada por indução eletromagnética a partir de condutores energizados. Tal rede efetua a detecção em tempo real de eventos associados à interrupção de fornecimento (falta de energia), variações anômalas de carga e identificação de indícios de perdas não técnicas (furto de energia) na rede monitorada.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] A operação confiável das redes de energia elétrica é de suma importância para a sociedade moderna, contudo, as falhas de energia permanecem um desafio persistente, causando perdas econômicas significativas e inconveniência pública.

[003] Chuvas, vendavais e acidentes constantemente causam falhas na distribuição de energia elétrica. A concessionária, a prefeitura e o usuário do sistema elétrico ficam sem saber onde estão os pontos críticos e os pontos saudáveis da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica. O mesmo acontece em grandes parques industriais, onde a distribuição é feita de forma privada, mas o gestor enfrenta os mesmos problemas de distribuição de energia.

[004] Um grande problema dos países em desenvolvimento, sobretudo Brasil, Índia, Paquistão México e África do Sul e Colômbia, é a perda de energia elétrica via furto (gato). Nestes países é comum que usuários de má-fé conectem cabos elétricos diretamente na rede de baixa tensão, sem passar pelo medidor de energia da concessionária, realizando assim o furto de energia.

[005] Para a concessionária é difícil localizar os pontos de furto de energia, sendo interessante uma ferramenta que monitore ao vivo o valor real da corrente e potência em cada ponto da rede de baixa tensão para comparação destes valores com os valores efetivamente consumidos e pagos pelas residências e comércios locais.

[006] Outro problema frequente na distribuição de energia é a presença de picos de tensão em determinados pontos da rede. Como tal, os eventos mais típicos que podem ocasionar picos de tensão na rede são: raios atmosféricos; manobras na rede durante religamento automático após uma falta de energia; partida ou desligamento de cargas de grande porte; defeitos em transformadores; dentre outros. Quando frequentes ou intensos esses problemas podem ocasionar avarias a equipamentos eletrônicos conectados à rede.

[007] Atualmente, o monitoramento de infraestruturas urbanas e a detecção de falhas em redes elétricas são desafios significativos para as administrações municipais e concessionárias de energia.

[008] Os métodos tradicionais frequentemente envolvem inspeções manuais, que são demoradas, custosas e ineficientes, resultando em atrasos na identificação e resolução de problemas.

[009] Métodos tradicionais para detectar falhas de energia frequentemente dependem de relatórios de clientes, sistemas SCADA

(*Supervisory Control and Data Acquisition*) ou redes AMI (*Advanced Metering Infrastructure*). Embora eficazes para falhas em larga escala ou pontos específicos, esses sistemas frequentemente sofrem de limitações em granularidade, latência e custo de implantação, particularmente em ambientes municipais extensos ou áreas remotas.

[010] Assim, os sistemas de monitoramento existentes, embora busquem automatizar esses processos, geralmente apresentam limitações consideráveis. Muitos dependem de fontes de energia convencionais, como a rede elétrica ou baterias com vida útil limitada, o que aumenta os custos de instalação e manutenção, além de comprometer a resiliência do sistema em caso de falhas de energia. A comunicação entre os dispositivos pode ser complexa, exigindo infraestrutura de rede dedicada ou utilizando tecnologias de alto consumo energético, o que limita a escalabilidade e a autonomia dos sensores.

[011] Por exemplo, pode ser citada a Patente Norte-Americana US12062911B1, que foca primariamente na segurança da transmissão de dados, o que, embora crucial, pode não otimizar outros aspectos igualmente importantes para redes de sensores distribuídas, como o consumo de energia ou a resiliência da rede em ambientes hostis, compreendendo uma detecção de dispositivos e sensores operacionais reativos, sem um foco proativo na detecção de falhas específicas de infraestrutura, como interrupções no fornecimento de energia.

[012] Adicionalmente, a maioria das soluções disponíveis é especializada em um único tipo de monitoramento, exigindo a implantação de múltiplos sistemas independentes para cobrir as diversas necessidades de uma cidade inteligente. Isso gera redundância, aumenta a complexidade de gerenciamento e eleva os custos totais. A falta de uma plataforma centralizada e de uma

interface de usuário intuitiva também dificulta a visualização e a análise integrada dos dados, impedindo uma tomada de decisão ágil e eficiente.

[013] Os sistemas SCADA, por exemplo, são tipicamente implantados em subestações e pontos de distribuição principais, fornecendo uma visão geral de alto nível, mas muitas vezes carecendo da resolução fina necessária para localizar rapidamente falhas localizadas. Sua dependência de infraestrutura de comunicação dedicada também pode ser cara para instalar e manter. As redes AMI, embora ofereçam dados mais granulares de medidores individuais, são projetadas principalmente para faturamento e monitoramento de consumo, e suas capacidades de detecção de falhas são frequentemente reativas, dependendo da comunicação de “último suspiro” de um medidor ou da falta de fluxo de dados.

[014] O Pedido de Patente Europeu EP3892026A2 que apresenta a detecção da falha do nó em si, e não necessariamente na causa raiz ou no impacto da falha do nó em um sistema maior (e.g., uma falha de energia na infraestrutura que o nó monitora). Os mecanismos de detecção de falha podem consumir recursos computacionais e energéticos, o que pode ser problemático em redes de baixo consumo.

[015] Além disso, a crescente complexidade das redes modernas, incluindo a integração de recursos de energia distribuída (DERs) e iniciativas de redes inteligentes, exige soluções de monitoramento mais dinâmicas e resilientes. Redes de sensores sem fio (WSNs) existentes foram propostas para o monitoramento da rede, mas frequentemente enfrentam desafios significativos relacionados ao fornecimento de energia. WSNs alimentadas por bateria exigem manutenção e substituição frequentes de baterias, levando a altos custos operacionais e preocupações ambientais. Soluções alimentadas por

energia solar dependem da disponibilidade de luz solar e podem ser não confiáveis em áreas sombrias ou durante períodos prolongados de mau tempo.

[016] O conceito de colheita de energia de fontes ambientais surgiu como uma alternativa promissora para alimentar WSNs. Campos eletromagnéticos, particularmente aqueles que cercam as linhas de energia, representam uma fonte de energia ubíqua e consistente. Embora a colheita de energia indutiva tenha sido explorada para várias aplicações, sua integração em uma rede de comunicação robusta, auto-recuperável e em tempo real para detecção abrangente de falhas de energia municipal, especialmente aproveitando protocolos avançados como Bluetooth *Low Energy* (BLE) *Mesh*, apresenta desafios e oportunidades únicos.

[017] Nesse sentido, pode ser citada a patente norte americana US11178529B2, que descreve dispositivos *gateway* centralizados pode criar pontos únicos de falha (*single points of failure*) na rede. Se o *gateway* falhar, a comunicação de todos os sensores a ele conectados pode ser interrompida. Ademais, a arquitetura baseada em *gateway* pode introduzir latência adicional na transmissão de dados, pois as informações dos sensores precisam passar pelo *gateway* antes de atingir o destino final.

[018] Pode ser citada também a patente Brasileira BR1020190210931B1. Tal documento situa-se no campo de transdutores/sensores de corrente elétrica para instrumentação, automação e aplicações associadas à IoT/Indústria 4.0, propondo um “transdutor de corrente elétrica sem fio autoalimentado pelo campo magnético”. Em síntese, descreve um sistema galvanicamente isolado e autocontido que, ao envolver um cabo elétrico por onde circula a corrente de interesse, extrai energia do próprio campo magnético gerado pela corrente (autoalimentação), realiza a medição da corrente e transmite os dados por

comunicação sem fio para um dispositivo de armazenamento/processamento/monitoramento/apresentação, integrando módulos como transformador de corrente (TC), conversão A/D, módulo microprocessado e interface wireless.

[019] Cabe aqui indicar que o problema técnico endereçado (com ênfase em motores) envolve viabilizar um transdutor de corrente sem fio e autoalimentado capaz de operar de forma estável mesmo sob regimes dinâmicos típicos de acionamentos, como partida e sobrecorrentes, que podem provocar sobretensões e instabilidades na cadeia de extração/condicionamento de energia e na inicialização do processamento. A Patente evidencia que para chegar a uma solução reproduzível em escala há necessidade de modelagem e simulação (incluindo otimização de parâmetros como o número de espiras do secundário do transformador de corrente e comportamento do núcleo), além de validação em condições representativas (p.ex., análise de corrente associada a motor), pois o desempenho do *energy harvesting* e a robustez do sistema dependem fortemente do perfil de corrente e das características magnéticas e eletrônicas do conjunto.

[020] Deste modo, além de difícil adaptação, há dificuldades de detectar energia em vias públicas, mesmo com a proposta de medição não intrusiva e telemetria sem fio, persistem desafios práticos relevantes: acesso e instalação em infraestrutura exposta e distribuída, alta variabilidade de cargas e transitórios (o que torna ambígua a separação entre comportamento legítimo e anomalia), limitações de confiabilidade de comunicação sem fio em ambiente urbano, e a própria distinção entre perdas técnicas e perdas não técnicas sem uma arquitetura de correlação entre múltiplos pontos de medição. Além disso, condições severas (surtos, intempéries e riscos de violação) exigem robustez e

proteção adicionais, elevando a complexidade de uma detecção consistente e com baixa taxa de falso positivo.

[021] Por fim, pode ainda ser analisado o Pedido de PCT WO2019028269A2, que descreve métodos e sistemas para detecção em ambientes de coleta de dados da Internet Industrial das Coisas (IIoT) que lidam com grandes conjuntos de dados. O foco está na gestão e análise de grandes volumes de dados para detecção de eventos ou anomalias. A ênfase em "grandes conjuntos de dados" sugere uma arquitetura que pode ser complexa e custosa para implementar e manter, especialmente em ambientes municipais com orçamentos limitados, em que a necessidade de processar grandes volumes de dados pode introduzir latência na detecção de eventos críticos, o que é inaceitável para falhas de energia em tempo real.

[022] Diante do exposto, as soluções existentes de colheita indutiva frequentemente lutam com a eficiência, o gerenciamento de energia para cargas intermitentes e a integração perfeita com protocolos de comunicação sofisticados que exigem entrega consistente de energia.

[023] Assim, as técnicas anteriores possuem problemas técnicos enfrentados pelo estado da técnica que a presente invenção visa solucionar.

[024] A iniciar pela detecção ineficiente de falhas de energia, em que há a dificuldade em identificar e localizar falhas na rede elétrica em tempo real, resultando em longos períodos de interrupção e insatisfação dos usuários.

[025] Adicionalmente, existe a dependência de fontes de energia externas, em que a necessidade de alimentação contínua da rede elétrica ou a substituição frequente de baterias eleva os custos operacionais e de manutenção, e torna o sistema vulnerável a interrupções de energia.

[026] Há ainda o alto custo e complexidade de instalação, que torna a implantação de sistemas de monitoramento distribuídos cara e exige mão de obra complexa, limitando a sua adoção em larga escala.

[027] Adicionalmente, ainda existe a baixa escalabilidade e resiliência, ou seja, a dificuldade em expandir os sistemas para cobrir grandes áreas urbanas e a falta de robustez na comunicação em ambientes com obstáculos ou interferências.

[028] Por fim, pode ainda ser citado o monitoramento fragmentado, dada a ausência de uma solução integrada que permita o monitoramento de múltiplos parâmetros de forma coesa e centralizada, bem como a falta de acesso a dados em tempo real, que se traduz na dificuldade em coletar, transmitir e processar dados de forma contínua e em tempo real para uma tomada de decisão proativa.

[029] Assim, há uma clara necessidade de um sistema que supere essas limitações, fornecendo uma solução de baixo custo, livre de manutenção e altamente confiável para monitoramento da rede em tempo real e detecção de falhas, capaz de operar autonomamente e comunicar-se eficazmente em uma ampla área geográfica.

[030] A presente invenção aborda essas deficiências ao propor uma arquitetura inovadora, sem fio, autônoma, autocarregável e inteligente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[031] A presente invenção propõe um sistema de monitoramento de rede de baixa tensão, distribuído e autônomo, que supera as limitações do estado da técnica. O sistema compreende uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia, composta por múltiplos módulos interconectados, cada um alimentado por indução eletromagnética a partir de cabos de energia existentes.

[032] Cada módulo pode ser equipado com uma pluralidade de sensores capazes de coletar dados sobre diversos parâmetros, além de corrente e tensão, tais como: temperatura, umidade, qualidade do ar, ruído, câmeras de vigilância, dentre outros. Os dados coletados são transmitidos de forma eficiente através da rede *mesh* Bluetooth para um *gateway* central, que, por sua vez, os envia para uma plataforma de monitoramento baseada em nuvem.

[033] Cada módulo sensor preferencialmente compreende elementos de proteção elétrica, tais como disjuntor e/ou fusível e/ou elementos de supressão de surtos, configurados para proteger a estrutura eletrônica interna do módulo sensor em eventos de sobrecorrente e/ou sobretensão.

[034] A plataforma de monitoramento processa, armazena e analisa os dados, gerando alertas e relatórios em tempo real. Uma interface de usuário intuitiva, disponível via aplicativo móvel ou plataforma *web*, permite aos usuários visualizar os dados, configurar o sistema e receber notificações.

[035] Assim, a presente invenção possibilita eliminar a dependência de baterias e manutenção frequente através da alimentação por indução, um diferencial significativo em relação a sistemas que não priorizam a autossuficiência energética.

[036] A alimentação por indução torna bem mais prática a instalação do módulo sensor, ao prover um dispositivo *plug and play*, que não demanda desligamento da rede nem a exposição de fios de cobre e cliques de ligação elétrica para a instalação do módulo sensor.

[037] A invenção aumenta a resiliência do sistema por meio de sua arquitetura de rede *mesh*, permitindo que a comunicação entre módulos sensores seja mantida mesmo na ocorrência de falha de um ou mais nós da rede,

e ainda é capaz de otimizar a detecção e comunicação de eventos críticos em tempo real com baixo consumo de energia.

[038] Por fim, fornece uma solução mais custo-efetiva e escalável para o monitoramento de infraestruturas municipais, evitando a complexidade e os custos associados a infraestruturas de dados massivas.

[039] Assim, são descritos um sistema de monitoramento distribuído compreendendo: uma pluralidade de módulos sensores, cada um compreendendo: um ou mais sensores configurados para coletar dados de pelo menos um parâmetro ambiental ou de infraestrutura; um sistema de comunicação sem fio configurado para transmitir os dados coletados e receber dados de outros módulos de monitoramento; e um sistema de alimentação; pelo menos um *gateway* configurado para receber dados da pluralidade de módulos sensores e transmitir os dados para uma plataforma de análise e monitoramento; e uma plataforma análise e monitoramento configurada para armazenar, processar e analisar os dados recebidos, e gerar alertas e relatórios com base nos dados analisados.

[040] O sistema de alimentação é um sistema de alimentação por indução configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente e converter a energia captada para alimentar o respectivo módulo sensor, em que o sistema de alimentação pode ainda compreender uma bobina de indução, um circuito retificador e regulador, e uma unidade de armazenamento de energia.

[041] Os sensores podem incluir, pelo menos, um sensor de corrente e um sensor de tensão para detecção de falhas de energia, sensores de temperatura, umidade, luminosidade, qualidade do ar, ruído, movimento, vibração, nível de água ou pressão.

[042] A plataforma de monitoramento ser remota, e ainda pode ser em nuvem e ser acessível através de uma interface de usuário, tal como um aplicativo móvel ou uma plataforma *web*, configurada para visualização de dados em tempo real e configuração do sistema.

[043] Os módulos sensores são preferencialmente suspensos (pendurados) na estrutura dos fios das redes de baixa tensão através de meios mecânicos. O sistema de comunicação sem fio ser Bluetooth *Mesh* e configurado para estabelecer uma rede auto-organizável e auto-curável entre os módulos de monitoramento, configurado para retransmissão por múltiplos saltos (*multi-hop*) e priorização de mensagens de alarme.

[044] É previsto ainda um método para monitoramento em tempo real, compreendendo as etapas de: a) coletar dados de pelo menos um parâmetro ambiental ou de infraestrutura por meio de uma pluralidade de módulos sensores; b) transmitir os dados coletados dos módulos sensores para um *gateway*; c) transmitir os dados do *gateway* para uma plataforma de análise e monitoramento; e d) processar, analisar e armazenar os dados na plataforma de análise e monitoramento.

[045] A etapa a) pode incluir captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução configurado para alimentar os módulos sensores, e pode ainda incluir a detecção de falhas de energia através de sensores de corrente e tensão. A etapa b), por sua vez, pode ser realizada por meio de uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia. Por fim, a etapa d) pode gerar alertas ou relatórios para usuários.

[046] Deste modo, são previstos modos de operação para a presente invenção que incluem ao menos quatro modos de operação distintos.

[047] Um primeiro modo de operação em que o método é configurado para detectar interrupção de energia por queda de tensão e/ou ausência de corrente, aplicar um critério de persistência por janela temporal mínima e, após confirmada a falta, alternar o módulo sensor para um modo de baixo consumo, transmitindo um alerta de início de falta e alertas periódicos de persistência enquanto houver energia armazenada.

[048] Um segundo modo de operação em que o método é configurado para identificar indícios de perdas não técnicas por comparação, ao longo de uma janela temporal, de grandezas elétricas medidas por pelo menos dois módulos sensores dispostos em pontos distintos de um mesmo trecho da rede, aplicando um limiar e critério de persistência, e compensando a comparação por uma estimativa de perdas técnicas do trecho.

[049] Um terceiro modo de operação em que o método é configurado para detectar condições ambientais críticas com base em sensores de qualidade do ar e/ou sensores meteorológicos e/ou sensores inerciais, aplicando limiares e critérios de persistência por janela temporal mínima antes de gerar alerta.

[050] Um quarto modo de operação em que o método é configurado para detectar evento de vibração por acelerômetros e correlacionar eventos simultâneos detectados por múltiplos módulos sensores para reduzir falsos positivos e gerar um mapa de intensidade relativa.

[051] Deste modo, as principais vantagens da invenção incluem: (i) autonomia energética, em que a alimentação por indução elimina a necessidade de baterias de longa duração ou conexão à rede elétrica, reduzindo custos e aumentando a resiliência; (ii) detecção em tempo real, traduzida na capacidade de identificar falhas de energia e outras anomalias instantaneamente; (iii) baixo custo e fácil instalação, utilizando componentes de baixo custo e instalação

simplificada, sem a necessidade de infraestrutura de cabeamento adicional; (iv) escalabilidade e resiliência, pois sua arquitetura de rede *mesh* Bluetooth garante cobertura ampla, comunicação robusta e auto-recuperação em caso de falha de um nó; (v) monitoramento multifuncional, ao se utilizar a integração de diversos tipos de sensores em um único sistema, permitindo uma visão holística do ambiente urbano; e por fim (vi) sustentabilidade, dada a redução do consumo de energia e do descarte de baterias.

[052] Ainda, é previsto também pela presente invenção o uso de uma pluralidade de módulos sensores para detecção de interrupções de energia ou indícios de perdas não técnicas (furto de energia), em que os módulos sensores compreendem um sistema de alimentação configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[053] A presente invenção revela um sistema de monitoramento distribuído, compreendendo:

uma pluralidade de módulos sensores, cada um compreendendo:

- i. um ou mais sensores configurados para coletar dados de pelo menos um parâmetro de infraestrutura;
- ii. um sistema de comunicação sem fio configurado para transmitir os dados coletados e receber dados de outros módulos sensores; e
- iii. um sistema de alimentação;

pelo menos um *gateway* configurado para receber dados da pluralidade de módulos sensores e transmitir os dados recebidos para uma plataforma de análise e monitoramento; e

a plataforma de análise e monitoramento configurada para processar e analisar os dados recebidos.

[054] O sistema em que a plataforma de análise e monitoramento é configurada para armazenar os dados recebidos e gerar alertas, relatórios ou informativos com os dados recebidos, em que cada módulo sensor é configurado para alternar entre modo normal e modo de baixo consumo em condição de interrupção de energia, e transmitir mensagens de alarme com prioridade via rede *mesh*.

[055] O sistema de alimentação é um sistema de alimentação por indução, configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente e converter a energia captada para alimentar o respectivo módulo sensor.

[056] O sistema de alimentação compreende uma bobina de indução, um circuito retificador e regulador, e uma unidade de armazenamento de energia, em que o módulo sensor compreende um bloco de colheita de energia por indução eletromagnética acoplado ao cabo de energia, um bloco de retificação e regulação e um bloco de armazenamento de energia por meio de bateria e/ou supercapacitor.

[057] Os um ou mais sensores incluem: pelo menos um sensor de corrente e um sensor de tensão.

[058] A plataforma de análise e monitoramento é remota.

[059] A plataforma de análise e monitoramento é em nuvem e ser acessível através de uma interface de usuário, tal como um aplicativo móvel ou uma plataforma *web*, configurada para visualização de dados em tempo real e configuração do sistema.

[060] O sistema em que os módulos sensores são instalados em fios elétricos em uma rede de distribuição de energia.

[061] O sistema em que o sistema de comunicação sem fio é Bluetooth *Mesh* e configurado para estabelecer uma rede auto-organizável e auto-curável entre os módulos sensores configurado para retransmissão por múltiplos saltos (*multi-hop*) e priorização de mensagens de alarme.

[062] O sistema em que o um ou mais sensores inclui: sensores de corrente e tensão, em que o um ou mais sensores pode incluir adicionalmente ainda sensores de temperatura, qualidade do ar, umidade, luminosidade e acelerômetros.

[063] O sistema em que cada módulo sensor compreende um bloco de proteção elétrica que inclui fusível e/ou disjuntor e/ou elemento supressor de surtos, configurado para proteger a eletrônica interna em eventos de sobrecorrente e/ou sobretensão.

[064] O sistema em que cada módulo sensor compreende um bloco de aquisição e condicionamento para sinais de corrente e tensão e um microcontrolador configurado para executar processamento local e geração de mensagens de alarme.

[065] A presente invenção revela um método para monitoramento em tempo real, compreendendo as etapas de:

- a) coletar dados de pelo menos um parâmetro ambiental ou de infraestrutura por meio de uma pluralidade de módulos sensores;
- b) transmitir os dados coletados dos módulos sensores para um *gateway*;
- c) transmitir os dados do *gateway* para uma plataforma de análise e monitoramento; e
- d) processar, analisar e armazenar os dados na plataforma de análise e monitoramento.

[066] O método sendo configurado para, na etapa a), incluir: captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução configurado para alimentar os módulos sensores.

[067] O método sendo configurado para, na etapa a), incluir a detecção de falhas de energia através de sensores de corrente e tensão, em que o método pode compreender aplicar janelas temporais e critérios de persistência para detecção de anomalias.

[068] O método sendo configurado para, na etapa a), incluir a detecção de indícios de perdas não técnicas através de uma comparação do valor real de consumo calculado entre dois módulos sensores dispostos em linha comparados a valores mensurados por medidores de consumidores de energia da rede, correlação entre dois módulos montante/jusante, discrepância acima de limiar por janela e/ou compensação de perdas técnicas estimadas.

O método sendo configurado para, na etapa b), ser realizada por meio de uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia.

[069] O método sendo configurado para, na etapa e), gerar alertas ou relatórios para usuários.

[070] O método sendo configurado para detectar interrupção de energia por queda de tensão e/ou ausência de corrente, aplicar um critério de persistência por janela temporal mínima e, após confirmada a falta, alternar o módulo sensor para um modo de baixo consumo, transmitindo um alerta de início de falta e alertas periódicos de persistência enquanto houver energia armazenada.

[071] O método sendo configurado para identificar indícios de perdas não técnicas por comparação, ao longo de uma janela temporal, de grandezas elétricas medidas por pelo menos dois módulos sensores dispostos em pontos distintos de um mesmo trecho da rede, aplicando um limiar e critério de persistência, e compensando a comparação por uma estimativa de perdas técnicas do trecho.

[072] O método sendo configurado para detectar condições ambientais críticas com base em sensores de qualidade do ar e/ou sensores meteorológicos e/ou sensores inerciais, aplicando limiares e critérios de persistência por janela temporal mínima antes de gerar alerta.

[073] O método sendo configurado para detectar evento de vibração por acelerômetros e correlacionar eventos simultâneos detectados por múltiplos módulos sensores para reduzir falsos positivos e gerar um mapa de intensidade relativa.

[074] A presente invenção também revela o uso de uma pluralidade de módulos sensores para detecção de interrupções de energia ou indícios de perdas não técnicas, sendo que os módulos sensores compreendem um sistema de alimentação configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[075] Para melhor compreensão da presente invenção, são apresentadas as seguintes figuras, que ilustram aspectos preferenciais da mesma.

[076] A figura 1 mostra um cenário de aplicação do sistema em postes de energia, exemplificando a instalação dos módulos e a formação da rede em um ambiente urbano.

[077] A figura 1A exibe um detalhamento em zoom do módulo sensor 2 da invenção.

[078] A figura 2 ilustra uma vista frontal de um módulo do sistema, destacando seus componentes externos, como o invólucro e possíveis indicadores visuais.

[079] A figura 3 exibe uma vista lateral ou em perspectiva de um módulo do sistema, detalhando a forma como o módulo é acoplado a um cabo de energia para captação indutiva.

[080] A figura 4 apresenta uma representação esquemática da interface de usuário de um aplicativo móvel, demonstrando a visualização de dados e funcionalidades de controle do sistema.

[081] A figura 5 apresenta uma vista em perspectiva de uma malha de distribuição de energia, revelando um ponto de possível furto de energia entre dois módulos sensores.

[082] A figura 6 revela o módulo sensor da invenção em disposição aberta, antes de ser instalado em um fio elétrico da rede de baixa tensão.

[083] A figura 7 ilustra um corte do módulo sensor da invenção em disposição aberta, antes de ser instalado em um fio elétrico da rede de baixa tensão, demonstrando elementos internos dos mesmos.

[084] A figura 8 ilustra um diagrama funcional em nível de blocos de um circuito preferencial do módulo sensor 2, incluindo bloco de colheita de energia por indução 20, retificação 21 e regulação 22, armazenamento de energia 23, proteção contra surtos e sobrecorrentes 24, condicionamento e aquisição de sinais elétricos 25, microcontrolador 26 e comunicação via rede *mesh* Bluetooth 27, podendo ainda incluir opcionalmente um bloco de memória local 28.

[085] A figura 9 ilustra um diagrama funcional em nível de blocos de uma modalidade voltada a eventos ambientais, incluindo sensores de qualidade do ar e/ou meteorológicos e/ou de vibração, circuito de aquisição e filtragem, microcontrolador com lógica de detecção de anomalias por janelas temporais e persistência, e transmissão de alertas priorizados pela rede *mesh* Bluetooth ao *gateway* 3 e à plataforma de monitoramento.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[086] A presente invenção descreve um sistema de monitoramento municipal abrangente e eficiente, projetado para operar de forma autônoma e em tempo real. O sistema é composto por módulos inteligentes interconectados em uma rede sem fio, preferencialmente uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia, alimentados por indução eletromagnética, um *gateway* central, uma plataforma de monitoramento em nuvem e uma interface de usuário.

[087] O sistema proposto é uma solução distribuída que integra *hardware* e *software* para coletar, transmitir, processar e apresentar dados de monitoramento. Como pode ser visto na figura 1 e 5, os módulos sensores 2 são instalados em pontos estratégicos da infraestrutura urbana, como postes de energia 1, e se comunicam entre si para formar uma rede robusta e auto-organizável. Os dados são agregados por um *gateway* 3 e enviados para análise,

preferencialmente utilizando o sistema de nuvem, onde são analisados e disponibilizados aos usuários.

[088] Como pode ser visto nas figuras 1 e 1A, preferencialmente os módulos sensores 2 são localizados em fios de distribuição de energia, podendo ser projetados para aplicação em alta, média e baixa tensão, dependendo do uso. Obviamente, conforme a aplicação pretendida, os elementos internos podem ser dimensionados com diferentes níveis de robustez elétrica e mecânica, sendo viável a adaptação para diferentes condições de operação.

[089] Deste modo, os módulos sensores 2 podem assumir diversas configurações físicas. O ideal é que sejam de simples e rápida instalação, sejam baratos de produzir em escala, sejam leves, resistentes a intempéries e sejam adaptáveis a diferentes bitolas de fios elétricos 12.

[090] A figura 2 revela uma modalidade construtiva cilíndrica do módulo sensor 2, o qual compreende elementos eletrônicos como, por exemplo, uma unidade de armazenamento de energia 4 (por exemplo, uma bateria), indutores 5, transmissores sem fio 6, circuitos de controle 7. Tal figura ainda revela uma carcaça externa 14, preferencialmente a prova do tempo, ou seja, à prova d'água e à prova de radiação UV, protegendo de intempéries os componentes presentes. Tal carcaça externa 14 é dotada de um recesso interno 11, preferencialmente revestido de uma camada de borracha em seu interior para acomodação do fio 12 da rede pública por meio de uma abertura 8 determinada por um rebaixo 9 localizados em uma borda de vedação 13, além de compreender uma dobradiça dotada de mola 10 e elementos de fechamento como, por exemplo, duas argolas para a provisão de um lacre. A figura 3 revela uma modalidade alternativa do módulo sensor 2, onde no recesso interno 11 é revestido com uma espuma de poliuretano de baixa densidade, que é

configurada para se adaptar a diferentes bitolas de fios 12 sem necessidades de ajustes manuais no módulo sensor 2. Nesta construção específica, o módulo sensor é construído no modelo *“one size fits all”*, facilitando e trazendo mais rapidez à instalação. A espuma de poliuretano 15 ao ser pressionada se acomoda a diferentes bitolas de fio elétrico 12.

[091] Na modalidade construtiva descrita na figura 3 as baterias 4 compreendidas pelo módulo sensor 2 são posicionadas em uma porção inferior do dispositivo, sendo configuradas para se disporem para baixo quando o módulo sensor 2 é ancorado em um fio elétrico 12 da rede pública, facilitando não só sua instalação, mas também sua fixação futura, funcionando assim como um contrapeso ao restante dos elementos do módulo sensor 2.

[092] Assim, os módulos sensores 2, podem ser definidos como um dispositivo compacto e multifuncional, conforme ilustrado nas figuras 2, 3, 6 e 7. O módulo sensor 2 é responsável pela coleta de dados da infraestrutura. Ele pode integrar uma pluralidade de sensores, incluindo, mas não se limitando a: (i) sensores de energia, para monitorar corrente, tensão e frequência em cabos de energia, permitindo a detecção de falhas, sobrecargas e indícios de perdas não técnicas (por exemplo, furto de energia); (ii) sensores ambientais, como temperatura, umidade, luminosidade, qualidade do ar (CO₂, CO, NO₂, SO₂, material particulado), ruído e UV; (iii) sensores de infraestrutura, para monitorar pressão atmosférica, proximidade, presença e movimento; ou (iv) outros sensores, como GPS para localização, câmeras de segurança, magnetômetro, entre outros, para aplicações específicas.

[093] A escolha dos sensores pode ser customizada de acordo com a aplicação específica e as necessidades da região ou do município. Os dados coletados são digitalizados e preparados para transmissão.

[094] Já o *gateway* 3 realiza a comunicação entre os módulos sensores 2 e a unidade de análise de dados, preferencialmente uma unidade remota, que pode ser fixa ou mesmo uma unidade móvel que realiza a coleta enquanto efetua reparos ou testes de rede.

[095] Preferencialmente, o *gateway* 3 utiliza uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia (Bluetooth *Low Energy* - BLE *Mesh*) para se comunicar com os módulos sensores 2. Para se comunicar com a referida unidade de análise de dados o *gateway* 3 utiliza um sistema de comunicação via nuvem, tal como o 4G/5G.

[096] Os módulos sensores 2 compreendem preferencialmente um sistema de alimentação por indução. Este módulo é projetado para captar energia eletromagnética dos campos gerados por cabos de energia elétrica (e.g., em postes de iluminação pública ou distribuição), conforme exemplificado na figura 1.

[097] Este sistema de alimentação pode compreender, por exemplo, uma (ou mais) bobina 5 de indução posicionada próxima ao cabo de energia 12. Em uma modalidade preferencial, a bobina envolve o fio 12, com seu eixo central coincidindo com o eixo central de referência do fio 12, conforme exemplificado na figura 7 (segmentos transversais em corte 17 da bobina 5 podem ser vistos na figura 7). Alternativamente, a bobina 5 pode ser posicionada perpendicularmente ao fio 12, ou ainda podem ser utilizadas múltiplas bobinas 5 bobinas 5 associadas, por exemplo, em série, dispostas lado a lado ao longo do fio 12 para adequação ao nível de energia requerido.

[098] Em uma modalidade exemplificativa, conforme ilustrado na figura 8, o módulo sensor 2 compreende um bloco de colheita de energia por indução 20 eletromagnética acoplado ao cabo de energia 12, seguido por um bloco de

retificação 21 e regulação 22 que fornece alimentação estável aos demais circuitos. Preferencialmente, o módulo inclui um bloco de armazenamento de energia 23 por meio de bateria 4 e/ou supercapacitor, com controle de carga e descarga, permitindo operação contínua durante variações de energia colhida e, em particular, durante falta de energia no cabo 12.

[099] Preferencialmente, o módulo sensor 2 inclui um bloco de proteção elétrica 24, que pode compreender fusível e/ou disjuntor e/ou elementos supressores de surtos, destinado a proteger a eletrônica interna em eventos de sobrecorrente e/ou sobretensão. Em uma modalidade, o módulo inclui ainda um bloco de condicionamento e aquisição de sinais elétricos 25 (por exemplo, corrente e tensão), um microcontrolador 26 para processamento local (incluindo lógica de detecção por limiar e persistência) e um bloco de comunicação sem fio 27 para operação em rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo.

[100] O módulo sensor 2 compreende ainda um circuito retificador e regulador, que converte a corrente alternada induzida em corrente contínua estável, bem como uma unidade de armazenamento de energia (e.g., íon-lítio ou supercapacitor), doravante “bateria recarregável 4” que armazena a energia captada, garantindo o funcionamento contínuo do módulo mesmo em momentos de baixa carga ou interrupção temporária da energia no cabo principal.

[101] Este método de alimentação elimina a necessidade de baterias de grande capacidade ou de conexão direta à rede elétrica, reduzindo drasticamente os custos de manutenção e aumentando a autonomia e a resiliência do sistema. As figuras 2 e 3 ilustram o acoplamento do módulo ao cabo de energia 12.

[102] De modo preferencial, a unidade de armazenamento de energia (a bateria 4 recarregável e/ou supercapacitor) é dimensionada para manter o funcionamento do módulo sensor 2 por um período prolongado na ausência de colheita de energia por indução, por exemplo, em caso de falta de energia no cabo 12 a bateria 4 pode possuir uma autonomia de aproximadamente 30 dias. Em uma modalidade específica, tal autonomia pode ser da ordem de dias a algumas semanas a depender do regime de operação e do consumo do módulo sensor 2, permitindo informar aos usuários do sistema a continuidade de uma falha na distribuição de energia mesmo com o sistema de alimentação por indução inoperante.

[103] Em uma modalidade alternativa, a detecção de falta de energia (interrupção de fornecimento) é realizada por meio da combinação de: (i) detecção local de queda de tensão e/ou ausência de corrente no respectivo ponto monitorado; e (ii) correlação com o estado de comunicação de módulos vizinhos na rede *mesh*, permitindo distinguir eventos localizados de eventos de maior abrangência. Preferencialmente, ao detectar a falta, o módulo sensor 2 alterna para um modo de operação de baixo consumo, priorizando a transmissão de mensagens de alarme e de mensagens periódicas de “persistência da falha” enquanto houver energia armazenada.

[104] O *gateway* 3, por sua vez, é um ponto central na rede, responsável por coletar os dados de múltiplos módulos sensores, preferencialmente via Bluetooth *Mesh* e enviá-los para a plataforma de monitoramento. O *gateway* 3 pode utilizar diversas tecnologias de conectividade para a nuvem, como Wi-Fi, 4G/5G, ethernet, LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M (Cat-M1), Satélite (Iridium, Globalstar, Swarm, Starlink IoT) dependendo da disponibilidade e requisitos do local de instalação. Ele atua como um concentrador de dados e um tradutor de

protocolos, garantindo que os dados sejam transmitidos de forma segura e eficiente para a plataforma.

[105] Por fim, a plataforma de monitoramento é o cérebro do sistema. Ela é configurada para: (i) coletar dados provenientes dos módulos sensores 2; (ii) armazenar grande volume de dados de forma segura e escalável; (iii) processar e analisar os dados por meio de algoritmos para processamento de dados brutos, identificação de padrões, tendências e anomalias; (iv) gerar alertas e emitir notificações automáticas (e.g., SMS, e-mail, *push notification*) para as autoridades competentes em caso de detecção de falhas de energia, indícios de perdas não técnicas (furtos) ou picos de carga na rede; (v) prover mapas interativos, relatórios e *dashboards* personalizados para visualização e análise dos dados históricos e em tempo real.

[106] Preferencialmente, para suportar a identificação de indícios de perdas não técnicas, a plataforma de análise e monitoramento correlaciona medições provenientes de dois ou mais módulos sensores 2 dispostos em trechos sequenciais de uma mesma malha de distribuição, considerando uma janela temporal de análise e critérios de persistência para redução de falsos positivos. Em uma modalidade, são consideradas pelo menos medições de corrente e tensão, e a identificação do evento é realizada quando uma discrepância acima de um limiar predefinido persiste por um período mínimo, podendo ainda ser ponderada por estimativas de perdas técnicas do trecho monitorado.

[107] Em modalidades preferenciais, o sistema opera segundo diferentes modos de funcionamento (modos operacionais) e algoritmos, os quais podem ser executados total ou parcialmente no módulo sensor 2 (processamento de borda) e/ou na plataforma de monitoramento (processamento centralizado), de

forma a reduzir consumo de energia, minimizar latência e aumentar robustez na detecção de eventos críticos. Em uma modalidade, tais modos são selecionados automaticamente com base na condição do cabo de energia 12 (presença de energia), no nível de energia armazenada (bateria 4 e/ou supercapacitor), no estado de comunicação da rede *mesh* Bluetooth e em parâmetros ambientais coletados por sensores integrados.

[108] O módulo sensor 2 pode manter um relógio local e registra carimbos temporais para cada evento detectado, podendo aplicar janelas temporais de análise e critérios de persistência. Em uma modalidade, a comunicação na rede *mesh* Bluetooth é do tipo orientada a eventos, priorizando mensagens de alarme e reduzindo tráfego periódico quando a energia disponível estiver abaixo de um limiar.

[109] Em uma modalidade, o método para monitoramento em tempo real compreende uma etapa de aquisição de sinais elétricos e/ou ambientais, uma etapa de processamento local com seleção de modo operacional e uma etapa de correlação centralizada na plataforma. Preferencialmente, o método inclui, de forma alternativa ou cumulativa, um modo de detecção de falta de energia, um modo de detecção de indícios de perdas não técnicas e um modo de detecção de condições meteorológicas e eventos ambientais críticos, sendo que cada modo aplica critérios de limiar e persistência e pode gerar alertas com diferentes prioridades.

[110] Em um primeiro modo de operação, para detecção e persistência de falta de energia (interrupção de fornecimento), a falta de energia é detectada localmente quando o módulo sensor 2 identifica queda abrupta de tensão e/ou ausência de corrente no cabo de energia 12, associada a uma mudança no regime de colheita por indução eletromagnética. Preferencialmente, para

reduzir falsos positivos decorrentes de variações momentâneas, o módulo sensor 2 aplica um critério de persistência, no qual a condição de falta de energia deve permanecer por um intervalo mínimo (janela temporal) antes da geração do alarme.

[111] Uma vez confirmada a falta de energia, o módulo sensor 2 alterna automaticamente para um modo de baixo consumo, reduzindo a taxa de amostragem e priorizando a transmissão de um primeiro alarme de “início de falta”, seguido por mensagens periódicas de “persistência da falta” enquanto houver energia armazenada. Em uma modalidade, o *gateway* 3 e/ou a plataforma correlacionam alarmes provenientes de múltiplos módulos sensores 2 de uma mesma região, de modo a classificar o evento como localizado ou generalizado e estimar a área afetada.

[112] Em um segundo modo de operação, de detecção de indícios de perdas não técnicas (furto de energia) por correlação montante-jusante, a identificação de indícios de furto pode ser realizada por comparação de grandezas elétricas medidas em pelo menos dois módulos sensores 2 instalados em pontos distintos de um mesmo trecho da rede, preferencialmente um ponto a montante e outro a jusante, conforme a topologia da distribuição. Em uma modalidade, o sistema calcula uma discrepância entre as correntes medidas (e/ou potências medidas) e avalia tal discrepância ao longo de uma janela temporal, aplicando critérios de persistência e filtragem para reduzir falsos positivos.

[113] Preferencialmente, o algoritmo considera perdas técnicas estimadas do trecho monitorado (por exemplo, perdas resistivas) e utiliza limiares configuráveis por região/trecho, de modo que apenas discrepâncias acima de um limiar ajustado e persistentes por um período mínimo gerem

alerta. Em uma modalidade, o sistema atribui uma métrica de confiança ao evento com base na estabilidade das medições, na consistência do estado da rede *mesh* e na repetição do padrão ao longo do tempo, permitindo priorização de inspeções.

[114] Em um terceiro modo de operação, detecção de condições meteorológicas e eventos ambientais críticos (chuvas intensas, qualidade do ar, tremores), o módulo sensor 2 pode integrar sensores ambientais e/ou de vibração, tais como pluviometria (ou inferência por sensores de umidade e/ou condutividade), qualidade do ar (CO, CO₂, NO₂, SO₂, material particulado), pressão atmosférica, acelerômetro e/ou magnetômetro. Preferencialmente, o sistema aplica um algoritmo de detecção de anomalias ambientais baseado em limiares e persistência, no qual condições críticas devem ultrapassar limiares predefinidos por uma janela temporal mínima antes da geração de alertas.

[115] Em uma modalidade, para chuvas intensas, o sistema correlaciona aumentos abruptos de umidade, variações de pressão e ocorrência de perturbações elétricas (por exemplo, surtos ou eventos de sobrecorrente), classificando o evento como “risco meteorológico” e elevando a prioridade de monitoramento do trecho. Em outra modalidade, para qualidade do ar, o sistema identifica excedências persistentes de determinados gases ou material particulado e gera alertas georreferenciados. Em outra modalidade, para tremores/terremotos, o módulo sensor 2 utiliza aceleração e vibração para detectar padrões de oscilação acima de limiares, correlacionando eventos simultâneos em múltiplos módulos para reduzir falsos positivos e produzir um mapa de intensidade relativa.

[116] Em uma modalidade exemplificativa voltada a eventos ambientais, conforme ilustrado na figura 9, o módulo sensor 2 integra um bloco de sensores

ambientais 30 e/ou de vibração, incluindo sensores de qualidade do ar (por exemplo, CO, CO₂, NO₂, SO₂ e material particulado), sensores meteorológicos 31 (por exemplo, umidade e pressão) e/ou sensores inerciais 32 (por exemplo, acelerômetro), acoplados a um bloco de aquisição e filtragem 33. Preferencialmente, o microcontrolador executa um algoritmo de detecção de anomalias 34 baseado em janelas temporais e persistência, de modo que variações momentâneas não gerem alarmes indevidos.

[117] Em uma modalidade, os alertas ambientais são codificados com prioridade 35 e transmitidos 36 pela rede *mesh* Bluetooth ao *gateway* 3, permitindo que a plataforma de análise e monitoramento 37 execute correlação espacial e temporal de eventos, gere mapas georreferenciados e dispare notificações a usuários autorizados.

[118] De modo mais específico, a plataforma de monitoramento, dentre outras funções, realiza as seguintes análises a fim de identificar pontos de furto de energia:

- (1) o mapeamento de todos os módulos sensores 2 presentes em uma determinada cidade, com base em sua coordenada GPS e/ou com base na localização correspondente ao número de série deste equipamento (dado cadastrado manualmente na base de dados da plataforma de monitoramento);
- (2) coleta de dados de corrente e tensão de cada módulo sensor 2 em tempo real, podendo ainda incluir grandezas derivadas tais como potência ativa, potência reativa e fator de potência;
- (3) aferição do consumo de energia real a partir dos dados coletados de dois ou mais módulos sensores 2 dispostos em linha (vide módulos sensores em azul e ponto de falha em vermelho na figura 5);

(4) comparação do valor real de energia obtido na etapa imediatamente anterior com o valor coletado pelos medidores eletrônicos residenciais providos pela concessionária (relógio de luz ou *smart meter*);

(5) identificação de potenciais pontos de furto de energia (“gato”) com base na discrepância entre o consumo de energia real e o valor coletado pelos medidores da concessionária.

[119] Preferencialmente, uma vez identificado o indício de perdas não técnicas, a plataforma registra a localização estimada do trecho afetado e gera um alerta contendo os módulos sensores 2 envolvidos, carimbo temporal do evento e métricas agregadas do período analisado, permitindo priorização de inspeção e correlação com históricos de consumo e eventos de manutenção.

[120] A plataforma de monitoramento provida pela invenção, também mensura o valor da tensão nos fios 12 da rede de baixa tensão na tentativa de identificar pontos de picos de tensão, sobretudo em ocasiões que a gravidade e frequência do pico de tensão mereça atenção e reparo.

[121] Por fim, o aplicativo provido pela presente invenção pode ser visto na figura 4, e pode compreender uma interface de usuário intuitiva fornecida através de um aplicativo móvel e/ou uma plataforma web.

[122] Esta interface pode ser configurada para permitir aos usuários: (i) visualizar dados, acompanhando em tempo real os parâmetros monitorados, como status da rede elétrica, qualidade do ar, temperatura, etc.; (ii) configurar o sistema, ao gerenciar os módulos, definir limites de alerta e personalizar as notificações; (iii) receber notificações, sendo alertado sobre eventos críticos e falhas; (iv) acessar relatórios, consultando dados históricos e análises para tomada de decisões estratégicas.

[123] Através da interface revelada na figura 4 um gestor público pode acompanhar indicadores de continuidade e qualidade de fornecimento e fiscalizar o desempenho de uma concessionária de energia, por exemplo. Já o gestor de uma concessionária pode, em uma situação de emergência, identificar rapidamente trechos com falta de energia, eventos de sobretensão e indícios de perdas não técnicas, priorizando equipes de campo e registrando ações corretivas em tempo real. O cidadão comum, por sua vez, pode verificar qual restaurante de seu bairro está funcionando normalmente após uma pane elétrica que afetou todo seu bairro, ou mesmo qual a unidade de academia de sua rede de academias de ginástica não teve a energia cortada na última tempestade. O gestor da indústria pode determinar exatamente onde se encontram os pontos de ruptura provocados por um temporal na noite do dia anterior, gerenciando suas equipes de emergência rapidamente.

[124] Diante do exposto, preferencialmente, os módulos sensores 2, alimentados por indução, coletam continuamente os dados dos seus respectivos sensores. Esses dados são transmitidos sem fio para o *gateway* 3 mais próximo. O *gateway* 3, por sua vez, agrega os dados e os envia para análise. Durante a análise, os dados são processados, analisados e, se necessário, geram alertas que são enviados aos usuários através do aplicativo móvel ou interface *web*.

[125] A figura 1 demonstra a instalação típica dos módulos em postes, onde a alimentação por indução é facilmente obtida, e a comunicação *mesh* permite que os dados de um poste cheguem ao *gateway* através de outros postes, mesmo que o *gateway* 3 não esteja diretamente visível. Ademais, alternativamente, o *gateway* 3 pode ainda ser uma unidade móvel de leitura, ou mesmo ser instalado em unidades que efetuam reparos na rede, em que tais unidades automaticamente detectam as informações enquanto se deslocam em trajetos distintos.

[126] Assim, a versatilidade do sistema permite sua aplicação em diversas áreas do monitoramento municipal, podendo ser utilizadas mas não limitadas a: (i) monitoramento de redes elétricas, detectando precisas e em tempo real de falhas, interrupções, sobrecargas e até mesmo roubo de energia, permitindo uma resposta rápida das concessionárias e visualização dos usuários onde há ou não interrupções de energia; (ii) monitoramento ambiental, acompanhando a qualidade do ar, níveis de ruído, temperatura e umidade para gestão ambiental e saúde pública; (iii) gestão de iluminação pública, com o monitoramento do funcionamento das luminárias e otimização do consumo de energia; (iv) segurança pública, ao detectar movimento, ruído ou presença de pessoas não autorizadas em áreas específicas; dentre outros.

[127] Por fim, é previsto ainda que, com as medições de dados específicas, além da já praticamente automatizada e sem fio medição de consumo energia em residências, pode-se não só detectar como prever o consumo em determinados locais baseados em padrões gerais, como prever maior uso de energia por uso de ar-condicionado durante ondas de calor.

[128] Com isso, também é possível realizar medições específicas e determinações de onde há consumo maior do que o determinado por medições de consumo e, assim, determinar possíveis roubos de energia. Caso os sensores específicos de uma determinada região demonstrem por suas medições um consumo específico, e a medição de consumo dos consumidores daquela região seja menor do que tal medição (assumindo, obviamente, pequenas perdas de distribuição, entre outras), é possível determinar pontos específicos nas redes em que a energia distribuída é maior do que a energia consumida e, assim, verificar possíveis furtos ou problemas no sistema de distribuição. Um modo de realizar tal medição é a detecção de furtos de energia através de uma comparação do valor real de consumo calculado entre dois módulos sensores 2

dispostos em linha e o valor mensurado pelos medidores de consumidores de energia da rede, correlação entre dois módulos montante/jusante, discrepância acima de limiar por janela e/ou compensação de perdas técnicas estimadas.

[129] Como tais medições podem ser realizadas em tempo real com a presente invenção, um mapa de energia pode ser claramente verificado e produzido como ilustrado pela figura 4.

[130] Ademais, é previsto pela presente invenção não somente um controle geral pelas operadoras, mas que a medição determinada pelos módulos sensores 2, enviada aos *gateways* 3 e posteriormente tratada pode ser disponibilizada ao público, seja por informes, alertas, sites específicos ou mesmo aplicativos. Deste modo, um aplicativo pode utilizar as informações dos módulos sensores 2 para indicar aos usuários onde há ou não energia durante um apagão, por exemplo.

[131] Deste modo, esta tecnologia oferece diversas vantagens como baixo consumo de energia, prolongando a autonomia dos módulos sensores 2, complementando a alimentação por indução. Adicionalmente, cada módulo atua como um repetidor, estendendo o alcance da rede e permitindo a cobertura de grandes áreas urbanas.

[132] Esta comparação pode ser realizada através da medição da corrente e potência em cada ponto do fio da rede de baixa tensão, mapeamento destes dados e comparação com valor real monitorado nos relógios medidores de consumo de energia da concessionária.

[133] Ao utilizar a rede mesh o sistema é auto-curável, ou seja, se um nó falhar, os dados podem ser roteados por outros caminhos, garantindo a continuidade da comunicação. Neste mesmo sentido, a rede Bluetooth Mesh

incorpora mecanismos de segurança para proteger a integridade e a confidencialidade dos dados.

[134] A presente invenção oferece uma solução robusta, econômica e sustentável para os desafios de monitoramento em cidades inteligentes, contribuindo para uma gestão urbana mais eficiente e resiliente.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de monitoramento distribuído, **caracterizado por** compreender:

uma pluralidade de módulos sensores (2), cada um compreendendo:

i. um ou mais sensores configurados para coletar dados de pelo menos um parâmetro de infraestrutura;

ii. um sistema de comunicação sem fio configurado para transmitir os dados coletados e receber dados de outros módulos sensores (2); e

iii. um sistema de alimentação;

pelo menos um *gateway* (3) configurado para receber dados da pluralidade de módulos sensores (2) e transmitir os dados recebidos para uma plataforma de análise e monitoramento; e

a plataforma de análise e monitoramento configurada para processar e analisar os dados recebidos.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a plataforma de análise e monitoramento ser configurada para armazenar os dados recebidos e gerar alertas, relatórios ou informativos com os dados recebidos, em que cada módulo sensor (2) é configurado para alternar entre modo normal e modo de baixo consumo em condição de interrupção de energia, e transmitir mensagens de alarme com prioridade via rede *mesh*.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado por** o sistema de alimentação ser um sistema de alimentação por indução, configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia (12)

adjacente e converter a energia captada para alimentar o respectivo módulo sensor (2).

4. Sistema de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o sistema de alimentação compreender uma bobina de indução (5), um circuito retificador e regulador, e uma unidade de armazenamento de energia (4), em que o módulo sensor (2) compreende um bloco de colheita de energia por indução (20) eletromagnética acoplado ao cabo de energia (12), um bloco de retificação (21) e regulação (22) e um bloco de armazenamento de energia (23) por meio de bateria (4) e/ou supercapacitor.

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, **caracterizado por** um ou mais sensores incluírem: pelo menos um sensor de corrente e um sensor de tensão.

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, **caracterizado por** a plataforma de análise e monitoramento ser remota.

7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** a plataforma de análise e monitoramento ser em nuvem e ser acessível através de uma interface de usuário, tal como um aplicativo móvel ou uma plataforma *web*, configurada para visualização de dados em tempo real e configuração do sistema.

8. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, **caracterizado por** os módulos sensores (2) serem instalados em fios elétricos (12) em uma rede de distribuição de energia.

9. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, **caracterizado por** o sistema de comunicação sem fio ser Bluetooth *Mesh* e configurado para estabelecer uma rede auto-organizável e auto-curável entre

os módulos sensores (2) configurado para retransmissão por múltiplos saltos (*multi-hop*) e priorização de mensagens de alarme.

10. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, **caracterizado por** o um ou mais sensores incluir: sensores de corrente e tensão, em que o um ou mais sensores pode incluir adicionalmente ainda sensores de temperatura, qualidade do ar, umidade, luminosidade e acelerômetros.

10. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado por** cada módulo sensor (2) compreender um bloco de proteção elétrica que inclui fusível e/ou disjuntor e/ou elemento supressor de surtos, configurado para proteger a eletrônica interna em eventos de sobrecorrente e/ou sobretensão.

11. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado por** cada módulo sensor (2) compreender um bloco de aquisição e condicionamento para sinais de corrente e tensão e um microcontrolador configurado para executar processamento local e geração de mensagens de alarme.

12. Um método para monitoramento em tempo real, **caracterizado por** compreender as etapas de:

a) coletar dados de pelo menos um parâmetro ambiental ou de infraestrutura por meio de uma pluralidade de módulos sensores (2);

b) transmitir os dados coletados dos módulos sensores (2) para um *gateway* (3);

c) transmitir os dados do *gateway* (3) para uma plataforma de análise e monitoramento; e

d) processar, analisar e armazenar os dados na plataforma de análise e monitoramento.

13. O método de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado por** a etapa a) incluir: captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução configurado para alimentar os módulos sensores (2).

14. O método de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado por** a etapa a) incluir a detecção de falhas de energia através de sensores de corrente e tensão, em que o método pode compreender aplicar janelas temporais e critérios de persistência para detecção de anomalias.

15. O método de acordo com a reivindicação 13 ou 14, **caracterizado por** a etapa a) incluir a detecção de indícios de perdas não técnicas através de uma comparação do valor real de consumo calculado entre dois módulos sensores (2) dispostos em linha comparados a valores mensurados por medidores de consumidores de energia da rede, correlação entre dois módulos montante/jusante, discrepância acima de limiar por janela e/ou compensação de perdas técnicas estimadas.

16. O método de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado por** a etapa b) ser realizada por meio de uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia.

17. O método de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado por** a etapa e) gerar alertas ou relatórios para usuários.

18. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado por** detectar interrupção de energia por queda de tensão e/ou ausência de corrente, aplicar um critério de persistência por janela temporal mínima e, após confirmada a falta, alternar o módulo sensor (2) para um modo

de baixo consumo, transmitindo um alerta de início de falta e alertas periódicos de persistência enquanto houver energia armazenada.

19. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado por** identificar indícios de perdas não técnicas por comparação, ao longo de uma janela temporal, de grandezas elétricas medidas por pelo menos dois módulos sensores (2) dispostos em pontos distintos de um mesmo trecho da rede, aplicando um limiar e critério de persistência, e compensando a comparação por uma estimativa de perdas técnicas do trecho.

20. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado por** detectar condições ambientais críticas com base em sensores de qualidade do ar e/ou sensores meteorológicos e/ou sensores inerciais, aplicando limiares e critérios de persistência por janela temporal mínima antes de gerar alerta.

21. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado por** detectar evento de vibração por acelerômetros e correlacionar eventos simultâneos detectados por múltiplos módulos sensores (2) para reduzir falsos positivos e gerar um mapa de intensidade relativa.

22. Uso de uma pluralidade de módulos sensores (2) para detecção de interrupções de energia ou indícios de perdas não técnicas, **caracterizado por** os módulos sensores (2) compreendem um sistema de alimentação configurado para captar energia eletromagnética de um cabo de energia adjacente por meio de um sistema de alimentação por indução.

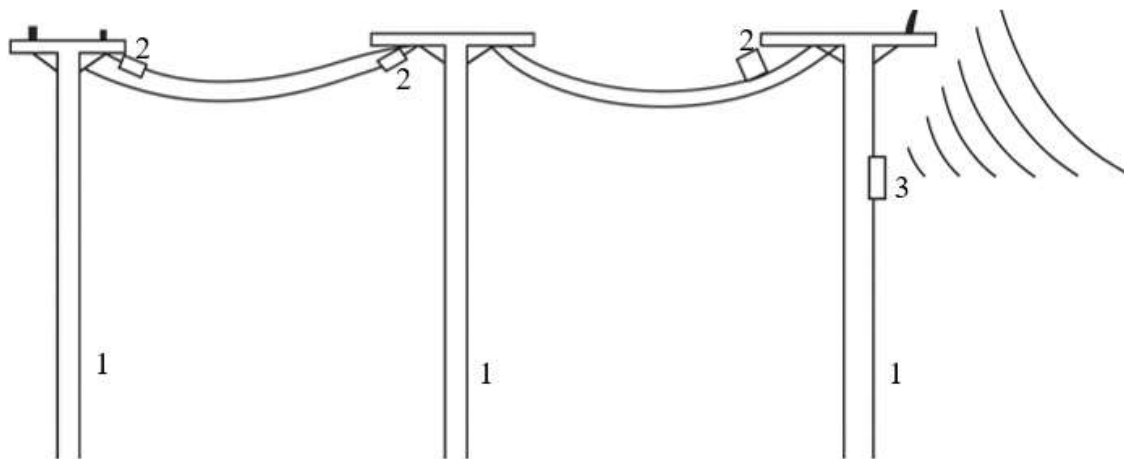


Figura 1

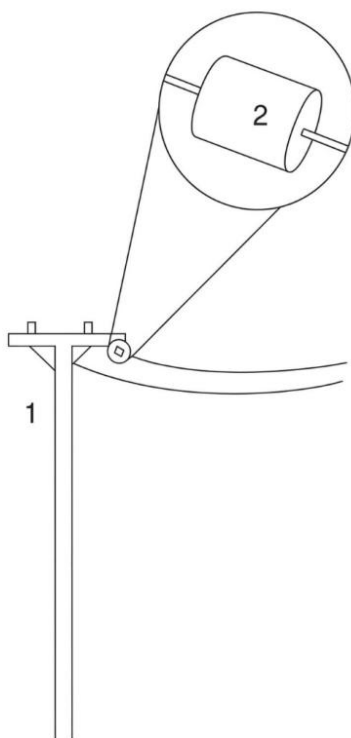


Figura 1A

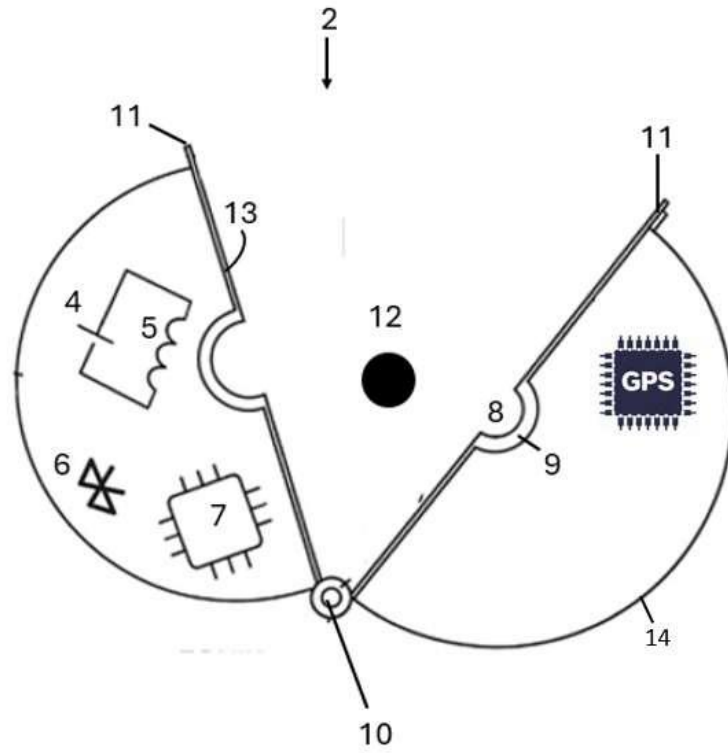


Figura 2

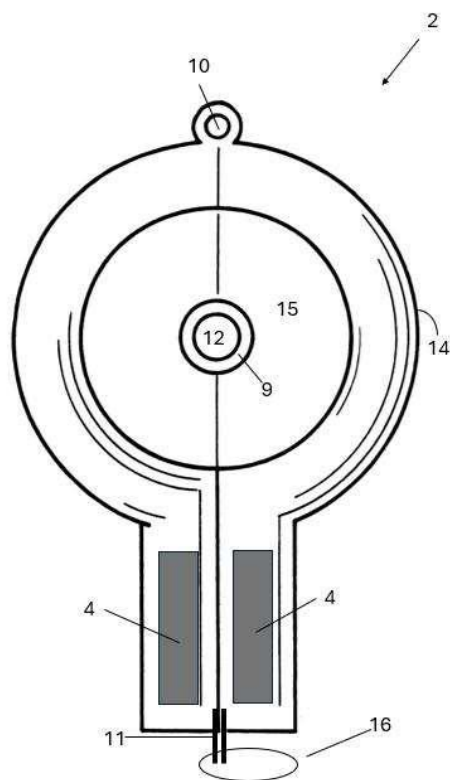


Figura 3

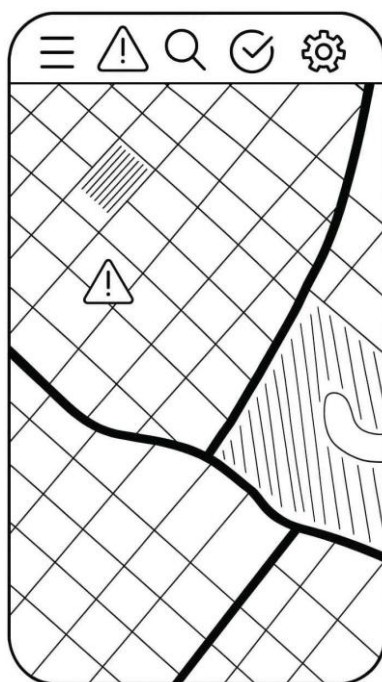


Figura 4

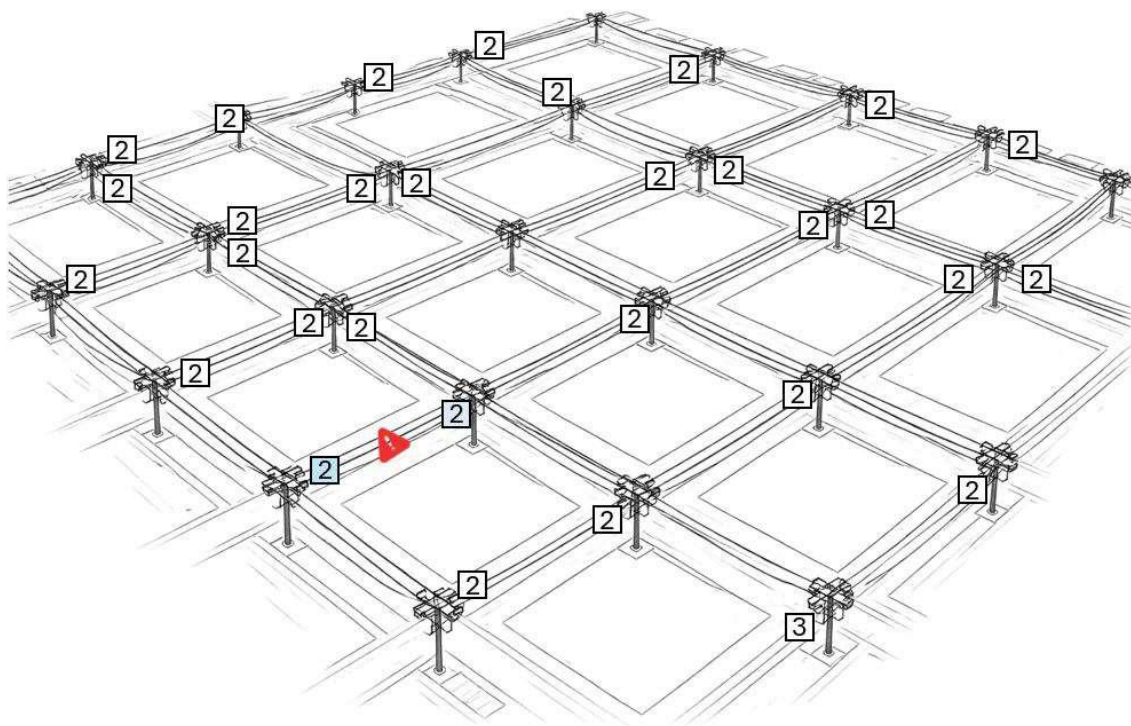


Figura 5

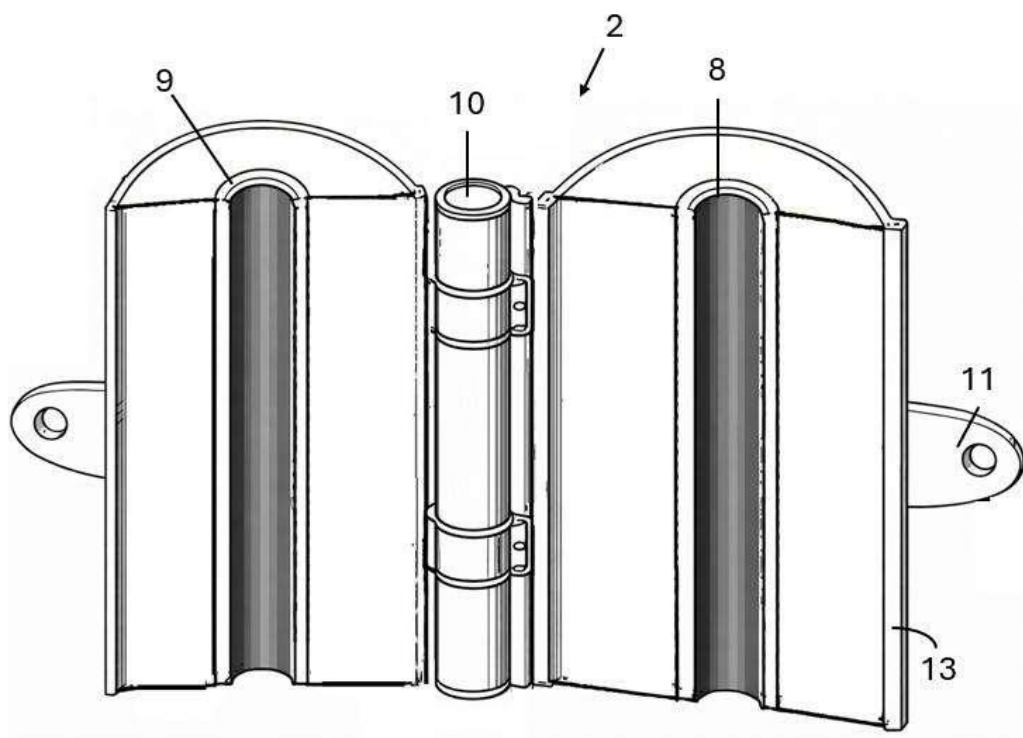


Figura 6

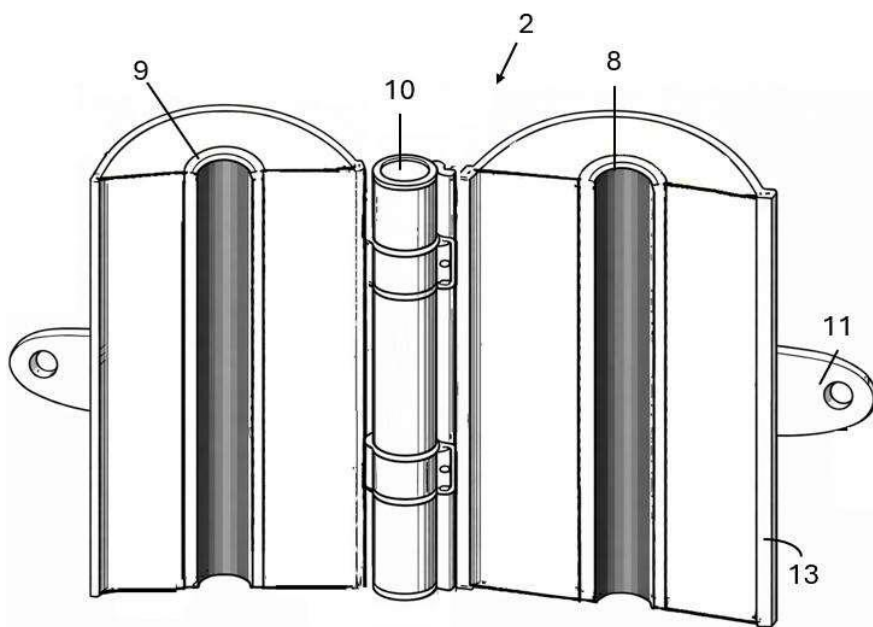


Figura 7

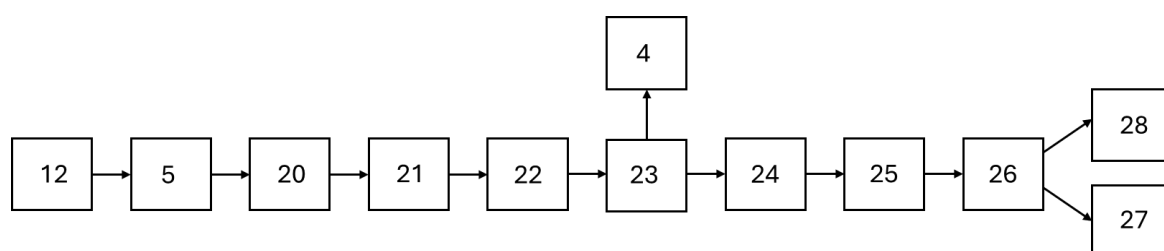


Figura 8

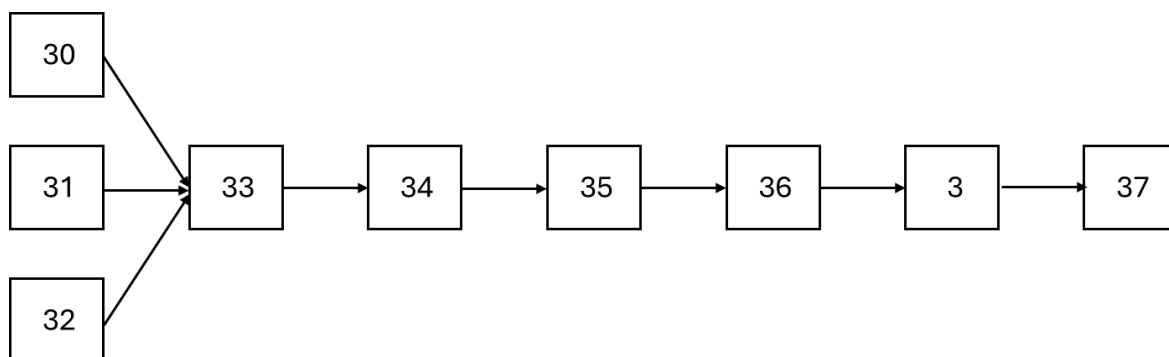


Figura 9

RESUMO**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DISTRIBUÍDO, UM MÉTODO PARA MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E USO DE UMA PLURALIDADE DE MÓDULOS SENSORES PARA DETECÇÃO DE INTERRUPÇÕES DE ENERGIA OU INDÍCIOS DE PERDAS NÃO TÉCNICAS**

A presente invenção descreve um sistema de monitoramento municipal distribuído e autônomo, projetado para detecção em tempo real de falhas de energia e monitoramento de múltiplos parâmetros em ambientes urbanos. O sistema compreende uma pluralidade de módulos de monitoramento interconectados por uma rede *mesh* Bluetooth de baixo consumo de energia. Cada módulo é alimentado por indução eletromagnética, captando energia de cabos elétricos existentes, o que elimina a necessidade de fontes de energia externas ou baterias de longa duração. Os módulos coletam dados de diversos sensores (e.g., corrente, tensão, temperatura, qualidade do ar), que são transmitidos via rede *mesh* para um *gateway* e, subsequentemente, para uma plataforma de monitoramento em nuvem. A plataforma processa os dados, gera alertas e relatórios, acessíveis por aplicativo móvel ou interface *web*. A invenção oferece uma solução de baixo custo, fácil instalação, escalável, resiliente e sustentável para cidades inteligentes.