Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07196

MONITORAMENTO ONLINE DE GRANDEZAS ELÉTRICAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

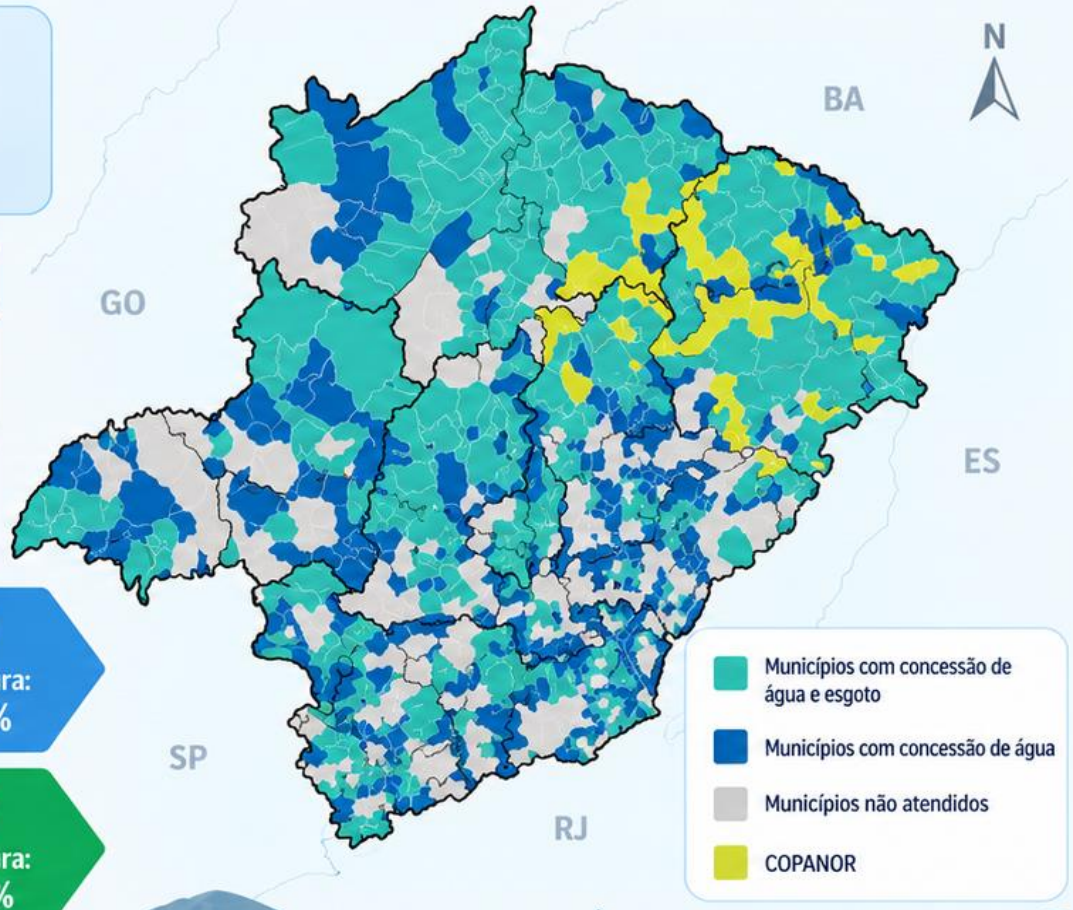
Bruno Moreira Fernandes Mendes
COPASA

A COPASA EM GRANDES NÚMEROS

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Presente em ~75% dos municípios de Minas Gerais

Números de Concessões	Total
Água Concessões	636
Esgoto Concessões	308



Água

- 11,8 milhões de pessoas atendidas
- 4,8 milhões de ligações
- 68,8 mil km de rede
- 342 milhões de m³ em volume medido
- Cobertura: >99%

Esgoto

- 8,7 milhões de pessoas atendidas
- 3,3 milhões de ligações
- 34,6 mil km de rede
- 237 milhões de m³ em volume medido
- Cobertura: 78,2%

ATRAVESSANDO MINAS GERAIS DE CARRO

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

DO EXTREMO NORTE AO EXTREMO SUL

De **Juvenília**, no extremo norte, na divisa com a Bahia, até **Camanducaia**, no extremo sul, na divisa com São Paulo.

TEMPO ESTIMADO:
18 h 20 min

DISTÂNCIA POR ESTRADA:
1.386 km

RODOVIAS:
BR-135 e BR-381
(Fernão Dias)



DO EXTREMO LESTE AO EXTREMO OESTE

De **Carneirinho**, no extremo oeste, na ponta do Triângulo Mineiro, até **Salto da Divisa**, no extremo leste, no Vale do Jequitinhonha.

TEMPO ESTIMADO:
21 h 17 min

DISTÂNCIA POR ESTRADA:
1.537 km

RODOVIAS:
BR-365 e BR-367



Tempos e distâncias estimados; podem variar conforme rota e condições de trânsito.

QUANTOS ESTADOS BRASILEIROS CABEM EM MINAS GERAIS?

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Comparação de área territorial • Mapas em escala proporcional

MINAS GERAIS
586.514 km²



RIO DE JANEIRO
43.750 km²



13,4 vezes cabem em Minas Gerais



PARANÁ
199.315 km²



2,9 vezes cabem em Minas Gerais



SÃO PAULO
248.222 km²



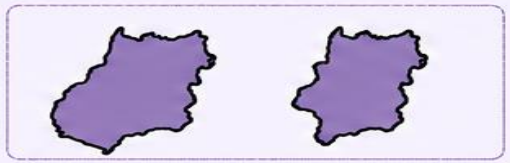
2,4 vezes cabem em Minas Gerais



GOIÁS
340.086 km²



1,4 vezes cabem em Minas Gerais



ALAGOAS
27.848 km²



21,7 vezes cabem em Minas Gerais



CEARÁ
148.887 km²



3,9 vezes cabem em Minas Gerais



Fonte: IBGE (área territorial dos estados, 2022). Mapas em escala proporcional para fins de comparação visual.

QUANTOS PAÍSES CABEM EM MINAS GERAIS?

Comparação de área territorial • Mapas em escala proporcional • Mesmos dados de área

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

MINAS GERAIS
586.514 km²



FRANÇA
538.950 km²



1,1 vezes cabe em Minas Gerais

ESPANHA
499.697 km²



1,2 vezes cabe em Minas Gerais



ALEMANHA
349.430 km²



1,6 vezes cabe em Minas Gerais



ITÁLIA
295.720 km²



2,0 vezes cabe em Minas Gerais



JAPÃO
364.500 km²



1,6 vezes cabe em Minas Gerais



PORTUGAL
91.606 km²



6,4 vezes cabe em Minas Gerais



Fonte: IBGE (Minas Gerais, 2022) e FAO/Destatis (países, 2022). Mapas em escala proporcional para fins de comparação visual.

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

Monitorar Minas exige pensar em escala

Dispersão geográfica

Minas Gerais tem **586.514 km²**. Combina grande extensão territorial, diversidade de unidades e diferentes condições de comunicação.

Padronização

Uma operação distribuída precisa padronizar **instrumentos, controladores, telecomunicações** e equipes precisam trabalhar com **critérios consistentes**.

Capacitação

A **informação** só gera valor quando **chega às pessoas certas** e pode ser **interpretada** de forma **confiável**.

O desafio não é apenas coletar: é transformar sinais remotos em decisões locais.

COPASIS

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

O que é

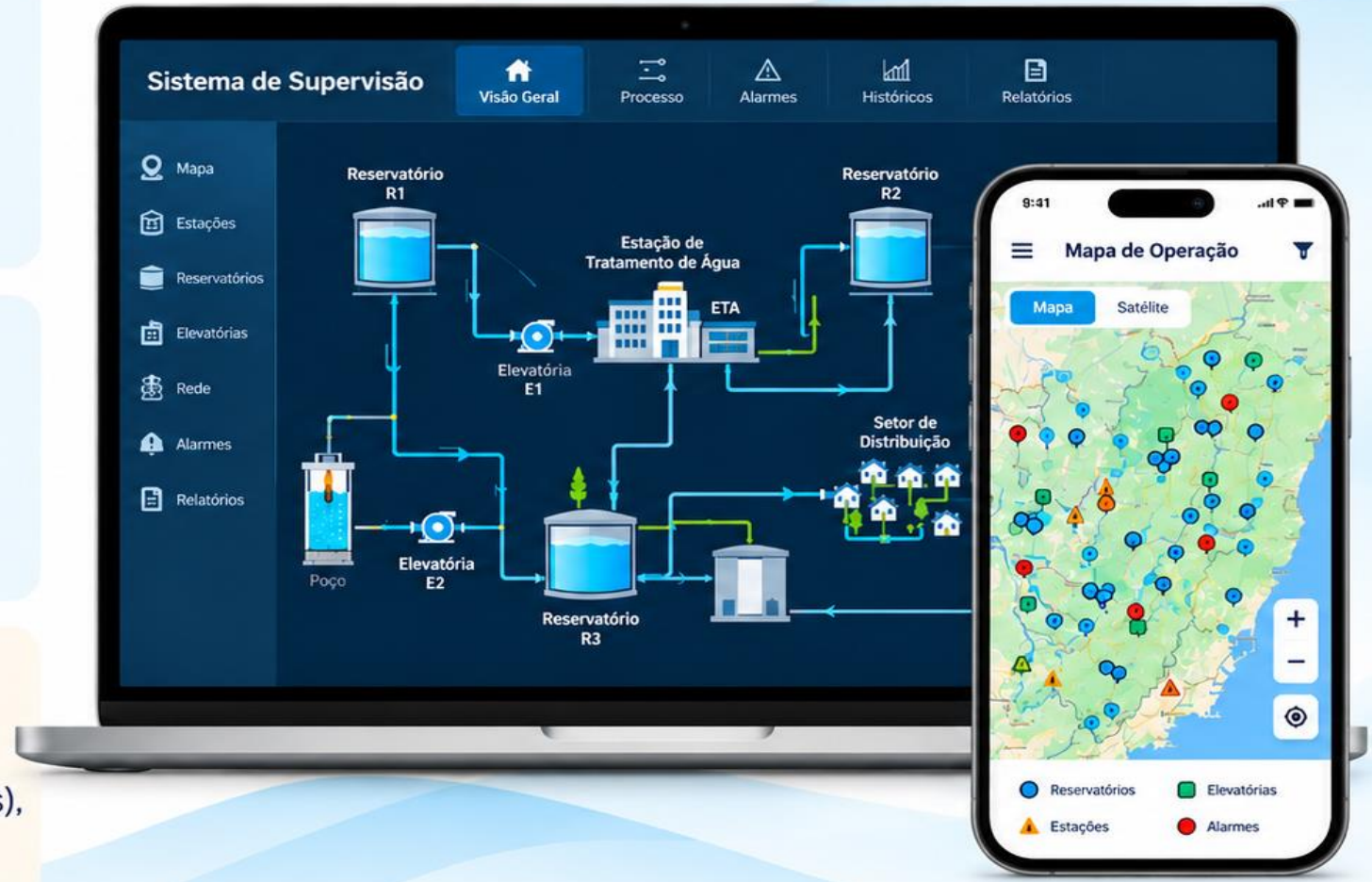
Sistema Integrado de Supervisão (SCADA + IoT), rodando com total segurança e soberania de dados na infraestrutura própria (Nuvem Copasa).

A Transformação

Saímos de sistemas locais isolados e ‘cegos’ para um monitoramento centralizado, padronizado e georreferenciado na palma da mão.

Impacto Operacional

Viabilizou a criação e a atuação efetiva dos Centros de Operação Regionais (CORs), permitindo gestão de riscos e resposta a incidentes em tempo real.



CADEIA DE SUPERVISÃO

Do campo ao celular: uma cadeia de supervisão

O valor está no caminho completo: medir, comunicar, contextualizar e agir.

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

01



Sensor ou medidor

Registra a grandeza.

02



Gateway ou CLP

Converte e publica os dados.

03



Comunicação

Rede privada 4G.

04



Copasis

Centraliza histórico, alarmes e visualização para quem decide.

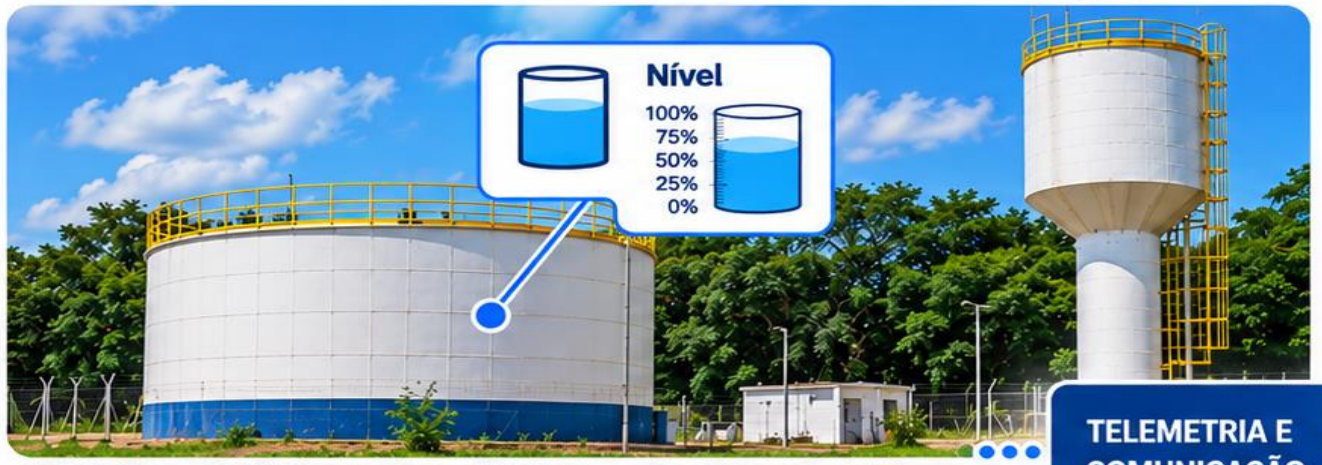
REAL – NO CAMPO

Equipamentos e processos físicos

SCADA – SUPERVISÃO

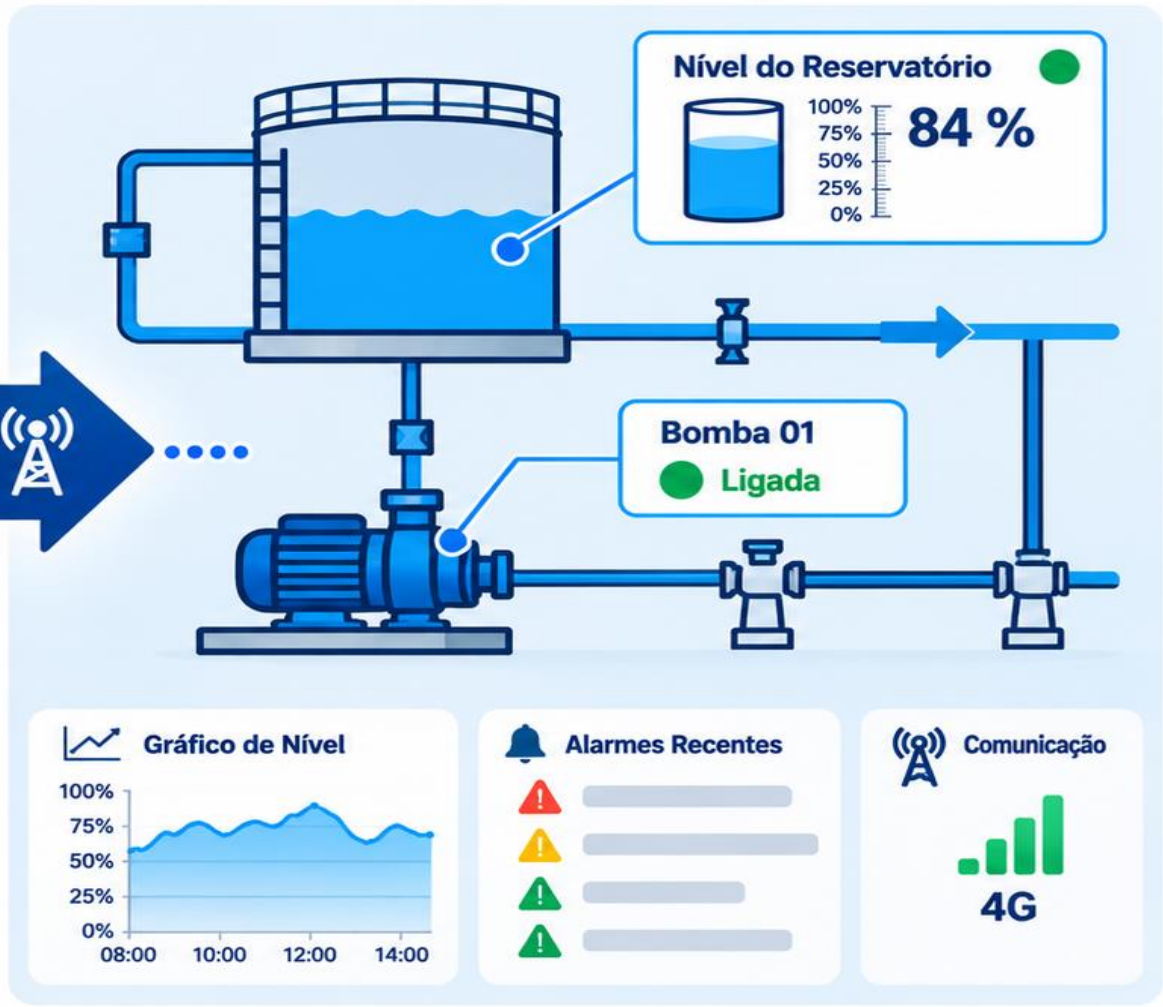
Visualização em tempo real, histórico e alarmes

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



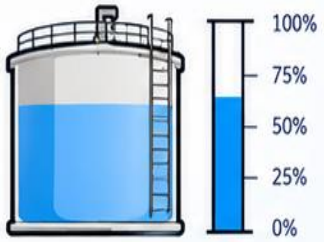


TELEMETRIA E COMUNICAÇÃO



Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Nível do reservatório



72 %
(5,4 m)

Setpoints de controle

Liga	50 % (3,8 m)
Desliga	90 % (6,8 m)

Modo de operação

- Automático
- Manual

Status das bombas

Bomba 1	Ligada
Bomba 2	Desligada

Vazão na saída

75 L/s

TELEMETRIA E COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO



Rádio modem industrial (exemplo)



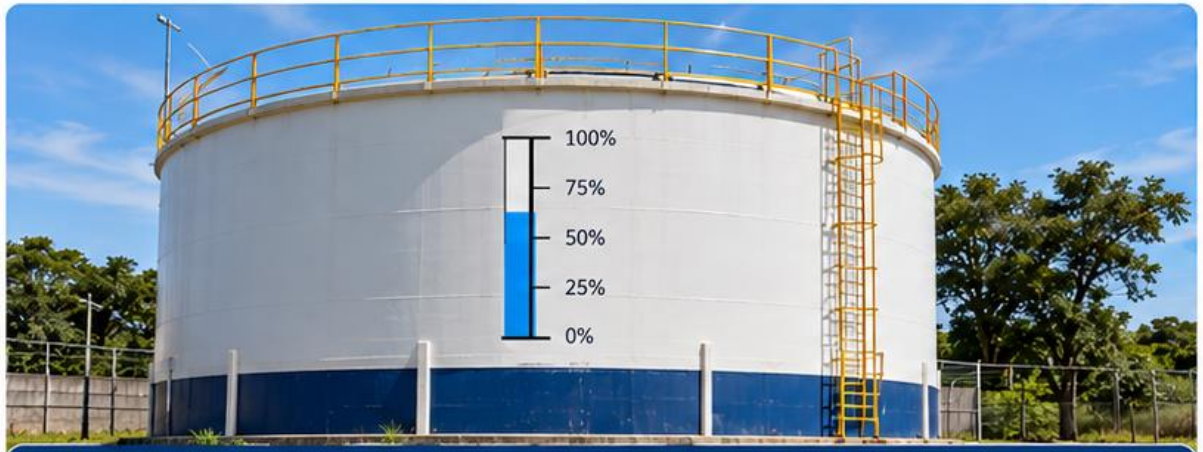
Antena de comunicação (exemplo)



Rádio modem industrial (exemplo)



Antena de comunicação (exemplo)



Reservatório (controle de nível)
O nível do reservatório define o comando de liga/desliga das bombas via rádio.

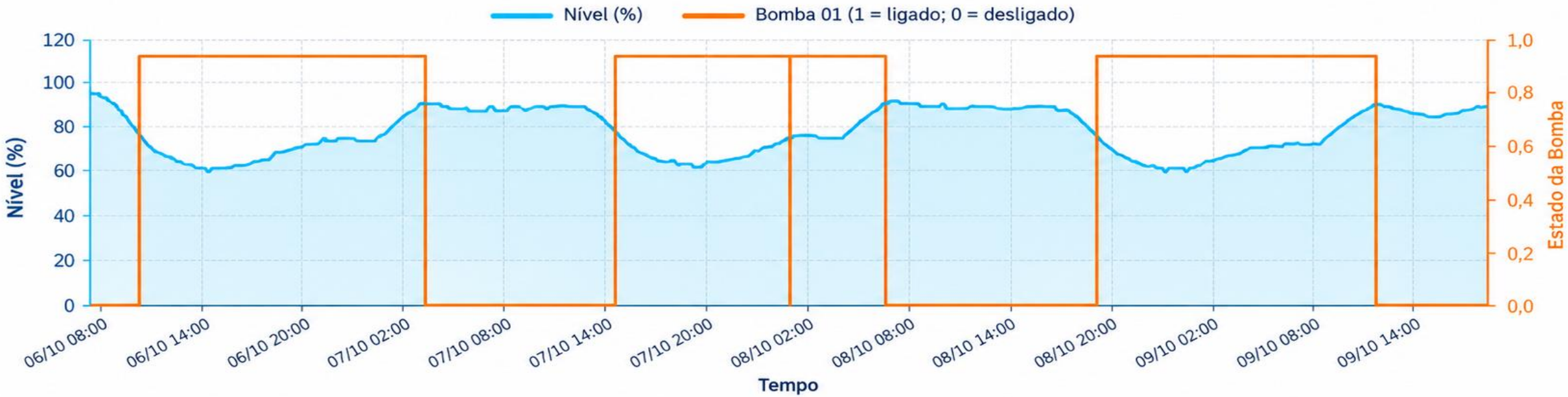


Estação de recalque
As bombas são ligadas/desligadas automaticamente conforme o nível do reservatório, recebendo o comando via rádio.

ANÁLISE DO MONITORAMENTO OPERACIONAL

Nível do reservatório e estado de acionamento da bomba ao longo do tempo

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



Ciclos repetitivos de acionamento

A bomba é acionada quando o nível atinge valores mais baixos e desligada após a recuperação do nível, caracterizando ciclos operacionais regulares.

Nível varia aproximadamente entre 60% e 95%

O nível do reservatório apresenta variações cíclicas, com valores mínimos em torno de 60% e máximos próximos de 95%.

Correlação temporal entre bombeamento e variação do nível

Há clara correlação entre o estado da bomba e a variação do nível: com a bomba ligada, o nível sobe; com a bomba desligada, o nível tende a reduzir.

Monitoramento online • Supervisão e apoio à decisão

MONITORAMENTO ONLINE DE GRANDEZAS HIDRÁULICAS

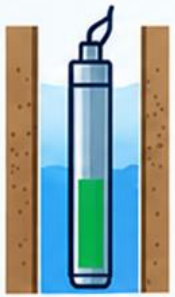
Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Vazão



0 L/s

Poço Profundo



Nível dinâmico
18,5 m

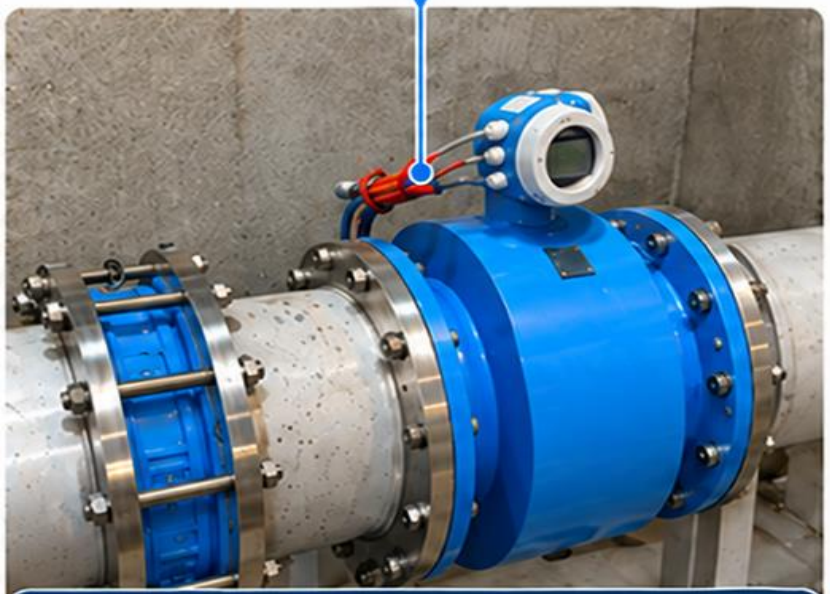
Bomba
Ligada

Pressão



34,35 mca

TELEMETRIA E COMUNICAÇÃO



Medidor de vazão eletromagnético



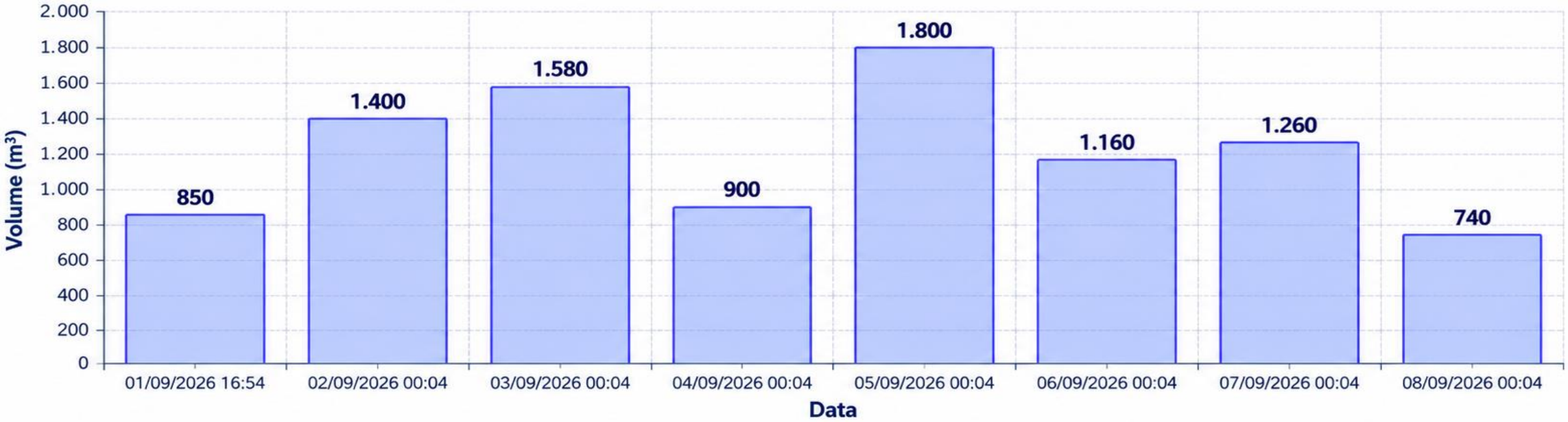
Bomba submersível de poço profundo



Transmissor de pressão na adutora

ANÁLISE DO VOLUME REGISTRADO

Variação diária do volume monitorado (m³)



Maior volume
05/09: aproximadamente
1.800 m³

Menor volume
05/09: aproximadamente
740 m³

Variação diária
Os registros mostram oscilações expressivas entre os dias, reforçando a importância do monitoramento contínuo.

Monitoramento online • Análise de dados operacionais

QUALIDADE DA ÁGUA (TRATAMENTO)

Medição de turbidez, cloro e pH em tempo real

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente





Painel de medição da qualidade da água

Sensores de turbidez, cloro e pH instalados no processo de tratamento

BOMBA SUBMERSÍVEL (ESGOTO)

Monitoramento do nível e status da bomba em tempo real





Bomba submersível de esgoto

Instalada no poço de sucção da estação elevatória

PRÓXIMA DISCUSSÃO

Já temos os dados. O que mais poderíamos coletar?

Com tantas informações chegando a todo segundo no COPASIS,
quais outros dados poderíamos integrar para tomar decisões mais assertivas e eficientes?

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Dados

- ???????
- ?????????
- ???????????
- ?????????
- ???????



Dados hidráulicos

- Vazão
- Pressão
- Nível
- Status de equipamentos
- Abertura de válvulas
- Condições de processo



COPASIS

Dados em tempo real

Condição dos equipamentos

- Vibração
- Temperatura
- Corrente por fase
- Horas de operação



Eficiência operacional

- Rendimento
- Vazão por kWh
- Ponto de operação
- Indicadores de performance



Contexto da operação

- Nível de reservatório
- Manobras e ocorrências
- Condições ambientais
- Restrições operacionais



Manutenção preditiva

- Histórico de falhas
- Alarmes
- Tendências de degradação
- Planejamento de intervenções

Quais outras informações ainda podemos coletar e integrar ao COPASIS?

Explorar novas fontes de dados pode ampliar a visão operacional, aumentar a eficiência e reduzir custos.

PRÓXIMA DISCUSSÃO

Já temos os dados. O que mais poderíamos coletar?

Com tantas informações chegando a todo segundo no COPASIS,
quais outros dados poderíamos integrar para tomar decisões mais assertivas e eficientes?

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Dados elétricos

- Tensão
- Corrente
- Potência ativa e reativa
- Fator de potência
- Consumo de energia
- Demanda



Dados hidráulicos

- Vazão
- Pressão
- Nível
- Status de equipamentos
- Abertura de válvulas
- Condições de processo



COPASIS

Dados em tempo real

Condição dos equipamentos

- Vibração
- Temperatura
- Corrente por fase



Eficiência operacional

- Vazão por kWh
- Rendimento
- Ponto de operação



Contexto da operação

- Nível de reservatório
- Pressão
- Manobras e ocorrências



Manutenção preditiva

- Histórico de falhas
- Alarmes
- Horas de operação

Que informação ainda falta para decidir melhor, agir antes e gastar menos?

Próximo passo: identificar dados complementares, validar sua qualidade e transformar sinais em indicadores acionáveis.

EVIDÊNCIA NACIONAL

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Energia elétrica pesa bilhões no saneamento

Indicadores nacionais do SNIS — ano de referência 2022

Despesa anual

R$ 9,2 bilhões

Despesas com energia elétrica informadas pelos prestadores de serviços de água e esgoto no diagnóstico nacional.

Consumo total

14,3 TWh

Eletricidade consumida pelos serviços de água e esgoto considerados no levantamento.

Abastecimento

12,6 TWh

Parcela do consumo associada aos sistemas de abastecimento de água — aproximadamente 88% do total reportado.

A energia é um insumo contínuo e uma despesa de escala bilionária no setor.

Fonte: Ministério das Cidades. SNIS — Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto, ano de referência 2022.

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Eficiência energética: há potencial de redução, mas ele precisa ser medido

Referência internacional e proposta de validação no sistema monitorado

20%–40%

Redução potencial de custos

O Banco Mundial resume experiências internacionais em que melhorias de eficiência energética podem reduzir custos em até essa ordem de grandeza.

1 Criar linha de base

Registrar kWh, demanda, vazão bombeada, pressão e horas de funcionamento por período comparável.

2 Identificar desvios

Comparar kWh/m³ entre unidades e turnos; investigar variações com contexto operacional e hidráulico.

3 Verificar a economia

Após ajustes operacionais, comparar indicadores normalizados e custos, controlando mudanças de volume, pressão e qualidade do serviço.

A meta não é presumir economia: é transformar dados em diagnóstico, intervenção e comprovação de resultado.

Fonte: World Bank / ESMAP. Energy Efficiency Investments in Urban Water and Wastewater Utilities. worldbank.org/en/topic/water/publication/energy-efficiency-investments-in-urban-water-and-wastewater-utilities

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

COPASA · MONITORAMENTO E ENERGIA

Do dado operacional à decisão energética no saneamento



Enxergar a energia como variável operacional

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

No saneamento, bombeamento e tratamento dependem de **equipamentos eletromecânicos contínuos**; o custo de energia está entre os **maiores custos operacionais**.



- Sem dados estruturados, **decisões ficam fragmentadas** entre operação, manutenção, engenharia e faturamento.
- Com dados elétricos no mesmo ambiente, torna-se possível **correlacionar consumo, processo e falha**.



Operação
Acompanhamento do processo

Manutenção
Diagnóstico de falhas

Engenharia
Análise de desempenho

Faturamento
Rateio e controle de custos

Subestação no saneamento

Monitoramento online de grandezas elétricas



Tensão (V) 13.800 V

Corrente (A) 38,9 A

Potência Ativa (kW) 862 kW

Fator de Potência 0,92

1,0
0,5
0,0

Demanda (kW) 745 kW

Pico hoje
820 kW

Consumo (kWh) 15.320 kWh

Hoje
15.320
Mês
412.560

Gateway

Coleta, concentração e envio de dados da subestação para o SCADA



- Coleta dos dados do medidor
- Comunicação via rede 4G
- Concentração e tratamento das informações
- Envio dos dados para o SCADA

SCADA (supervisório)

- Monitoramento contínuo em tempo real
- Mais segurança e confiabilidade operacional
- Detecção rápida de anomalias e falhas
- Melhor gestão de demanda e consumo

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

ARQUITETURA DE INTEGRAÇÃO

A infraestrutura existente aproxima o dado

1. Medidor de entrada geral com porta óptica disponível.
2. Cabo óptico e gateway com leitura Modbus RTU via RS-232.
3. Conversão para MQTT e transmissão por APN 4G privada.
4. Bateria externa com carregador para preservar coleta e registrar interrupções temporárias.
5. Publicação e armazenamento no Copasis.

1 Medidor de entrada geral com porta óptica disponível.



2 Cabo óptico e gateway com leitura Modbus RTU via RS-232.



Cabo óptico (porta óptica)



Gateway (Modbus RTU) via RS-232)

3 Conversão para MQTT e transmissão por APN 4G privada.





MQTT via APN 4G privada

5 Publicação e armazenamento no Copasis.



4



Bateria externa com carregador para preservar coleta e registrar interrupções temporárias.

Princípio: extrair valor de instrumentos já instalados antes de criar novas camadas de medição.

Desafios encontrados em Campo



INTEGRAÇÃO DO MEDIDOR

Confirmar interfaces, alimentação e comunicação antes do monitoramento.

MONITORAMENTO ONLINE DE GRANDEZAS ELÉTRICAS

Indicadores trifásicos e comportamento temporal do sistema

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

TENSÕES
Tensões fase-neutro (ou fase-fase)

Fase A	Fase B	Fase C
8153 V	8136 V	8094 V

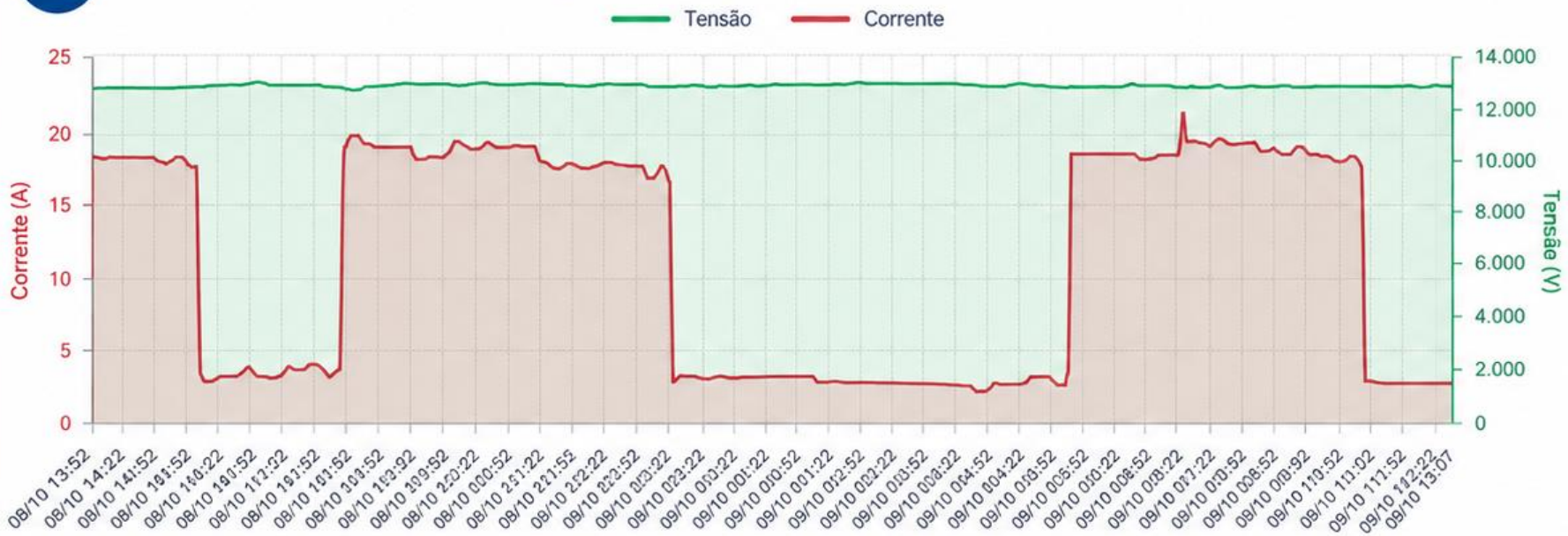
CORRENTES
Correntes por fase

Fase A	Fase B	Fase C
3,1 A	3,1 A	2,8 A

POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA
Indicadores de desempenho

Fator de potência	Potência ativa	Potência reativa
0,74	52 kW	47,5 kVAr

Tensão e corrente ao longo do tempo



FILTRO TEMPORAL
Selecione o período de análise

Início
08/10/2026 13:49

Fim
09/10/2026 13:49

Período
Minutos

GERAR RELATÓRIO
EXPORTAR CSV

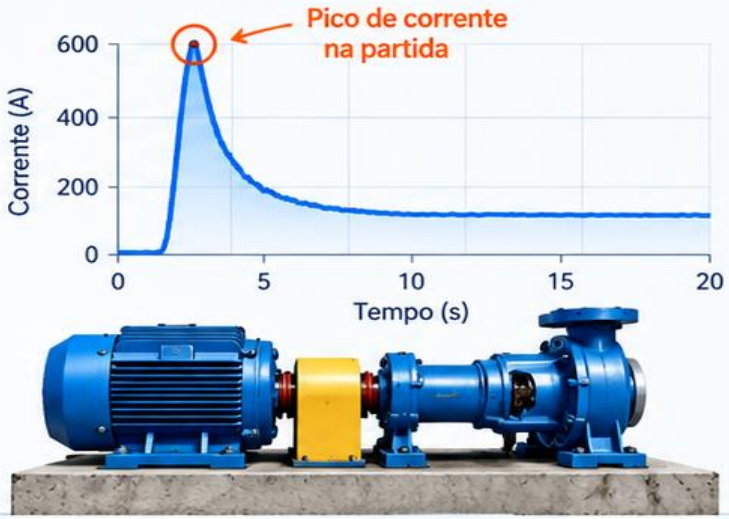
Monitoramento contínuo • Qualidade da energia • Apoio à decisão operacional

Da curva elétrica à manutenção preditiva

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

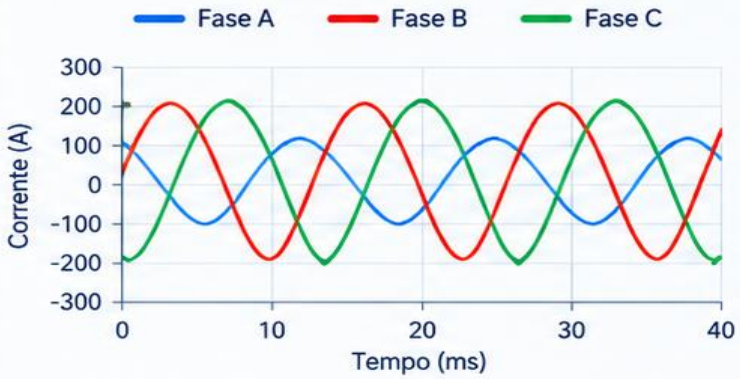
01 | PARTIDA — Picos de corrente

Podem indicar comportamento anormal do conjunto motobomba e merecem investigação.



02 | FASES — Desbalanceamento

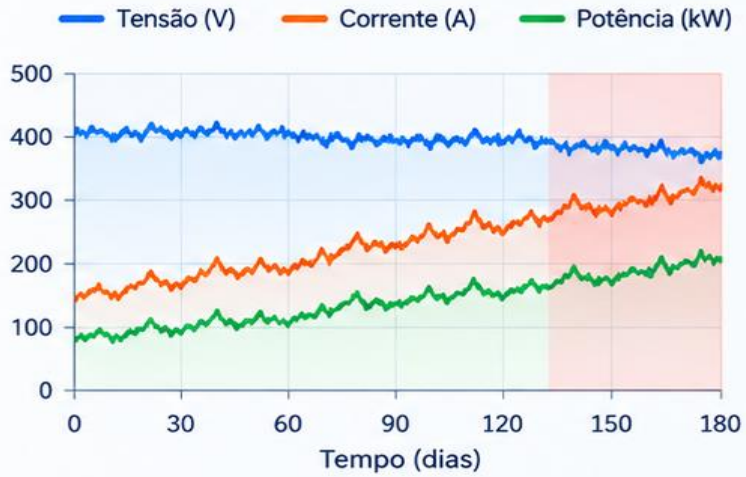
Pode sinalizar conexões, carga ou alimentação inadequadas.



Fase A	Fase B	Fase C
220 A	180 A	240 A

03 | TENDÊNCIA — Degradação

Tensão, corrente e potência ajudam a orientar inspeções.



O diagnóstico combina série temporal, contexto operacional e confirmação em campo.
A proposta é priorizar a manutenção, não prometer diagnóstico automático.

Operar melhor também é contratar melhor

Demanda e consumo ao longo do dia orientam a operação e a decisão contratual.
Na área da Cemig, o horário de ponta é das 17h às 20h em dias úteis.

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Comparar

Demanda medida e demanda contratada.

Identificar

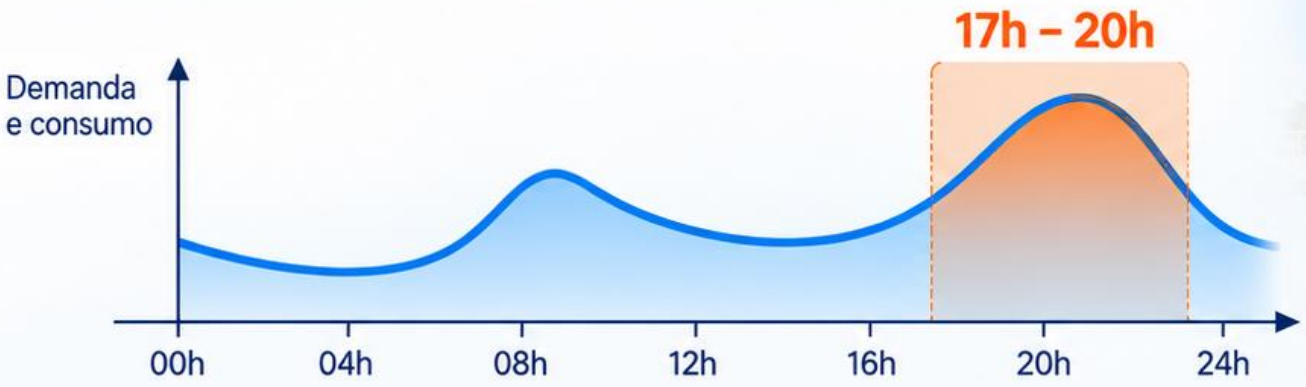
Ultrapassagens, folgas e padrões recorrentes.

Programar

Bombeamento fora da ponta quando tecnicamente possível.

Subsidiar

Contratos mais adequados ao perfil real de cada unidade.





A oportunidade é integrar demanda, consumo, processo e restrições operacionais.
O resultado financeiro precisa ser medido, não presumido.

Fonte: CEMIG — Tarifa Branca; ANEEL — Postos Tarifários. Horários variam conforme a distribuidora.

Ponta e fora ponta: o peso na conta CEMIG

CEMIG A4 Verde • Bandeira verde • 100 kW constantes • Dia útil

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

PERFIL DE POTÊNCIA AO LONGO DO DIA

A carga não varia: 100 kW durante 24 horas



CONSUMO DO DIA

2.400 kWh

100 kW × 24 h

ENERGIA E PARCELA DE CONSUMO

PONTA • 17h–20h

300 kWh

12,5% do consumo diário

Tarifa: R$ 2,38718/kWh

Custo: R$ 716,15

FORA PONTA • DEMAIS HORAS

2.100 kWh

87,5% do consumo diário

Tarifa: R$ 0,48077/kWh

Custo: R$ 1.009,62

PARTICIPAÇÃO NO CONSUMO

Ponta 12,5%

Fora ponta 87,5%

PARTICIPAÇÃO NO CUSTO DO CONSUMO

Ponta 41,5%

Fora ponta 58,5%

A ponta concentra só 12,5% dos kWh, mas representa cerca de 41,5% do custo de consumo.

Neste exemplo, o kWh na ponta custa aproximadamente **4,96×** o kWh fora ponta.

SIMULAÇÃO SIMPLIFICADA.

Tarifas CEMIG A4 Verde, antes de impostos, considerando tarifa de consumo na bandeira verde. Exemplo de um dia útil.
Não inclui demanda contratada, impostos, encargos nem outros itens da fatura. Fins de semana e feriados nacionais: fora ponta.
Fonte: CEMIG, Tarifas Vigentes (A4 Verde) e Entenda sua Fatura de Energia; consulta em 13/10/2026.

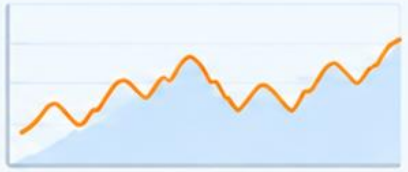
Energia reativa: medir antes de corrigir

O fator de potência baixo pode gerar penalidades e indicar a necessidade de revisar a compensação.



Observar o fator de potência

O acompanhamento contínuo apoia a análise do comportamento horário e do histórico.



Verificar os bancos

A série ajuda a acompanhar a integridade dos bancos de capacitores e seus elos.



Sair da fotografia da fatura

A decisão passa a usar comportamento horário, histórico e contexto da unidade.



Mitigar com evidência

Medir primeiro permite revisar a compensação antes de corrigir.



Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

COPASA • MONITORAMENTO OPERACIONAL

HISTÓRICO DE ALERTAS OPERACIONAIS

Ocorrências de baixo fator de potência e acompanhamento da situação

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

1 alerta ativo

Prioridade média em todas as ocorrências

Eventos recorrentes de baixo fator de potência

ALERTA	INÍCIO	FIM	PRIORIDADE	SITUAÇÃO
Fator Potência Baixa	09/10/2026 12:33:17	-	MÉDIO	ATIVO
Fator Potência Baixa	09/10/2026 00:45:13	09/10/2026 07:28:23	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	08/10/2026 16:02:06	08/10/2026 18:41:41	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	08/10/2026 00:13:32	08/10/2026 07:03:41	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	07/10/2026 14:37:08	07/10/2026 17:47:43	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	06/10/2026 22:56:46	07/10/2026 05:44:01	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	06/10/2026 20:44:02	06/10/2026 20:59:02	MÉDIO	FINALIZADO
Fator Potência Baixa	06/10/2026 16:14:02	06/10/2026 16:29:02	MÉDIO	FINALIZADO

Monitoramento contínuo • Identificação de ocorrências • Apoio à manutenção

DADOS OPERACIONAIS PARA MONITORAMENTO ELÉTRICO

Registros temporais de tensão, corrente, potência e fator de potência

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Tensão de linha
Valor típico
14.100 V



Corrente de linha
Valor típico
2,7 A



Potência ativa
Valor típico
45 kW



Fator de potência
Valor típico
0,82



Momento	TensaoLinha (V)	CorrenteLinha (A)	TensaoFase_A (V)	TensaoFase_B (V)	TensaoFase_C (V)	CorrenteFase_A (A)	CorrenteFase_B (A)	CorrenteFase_C (A)	PotenciaAtiva (kW)	PotenciaReativa (kVAr)	FatorPotencia	Sinal
11/04/2026 00:02	14182	2.3	8207	8204	8163	2.4	2.5	1.9	38.2	28	0.79	1
11/04/2026 00:07	14182	2.8	8207	8204	8163	3.0	3.1	2.4	38.2	37.4	0.79	1
11/04/2026 00:12	14182	2.8	8207	8204	8163	3.0	3.1	2.4	38.2	37.4	0.79	1
11/04/2026 00:17	14186	2.9	8211	8190	8156	3.1	3.1	2.5	53.1	37.9	0.81	1
11/04/2026 00:22	14186	2.9	8211	8190	8156	3.1	3.1	2.5	53.1	37.9	0.81	1
11/04/2026 00:27	14186	2.9	8211	8190	8156	3.1	3.1	2.5	53.1	37.9	0.81	1
11/04/2026 00:32	14119	2.7	8174	8156	8123	2.8	2.9	2.4	50.6	33.8	0.83	1
11/04/2026 00:37	14119	2.8	8174	8156	8123	2.8	3.0	2.4	50.6	33.8	0.83	1
11/04/2026 00:42	14119	2.4	8174	8156	8123	2.8	3.0	2.0	50.6	33.8	0.83	1
11/04/2026 00:47	14130	2.5	8178	8166	8127	2.6	2.7	2.4	43.9	31.8	0.81	1
11/04/2026 00:52	14130	2.8	8178	8166	8127	2.6	2.7	2.4	43.9	31.8	0.81	1
11/04/2026 00:57	14130	2.8	8178	8166	8127	2.6	2.7	2.4	43.9	31.8	0.81	1

Dados históricos
Registro contínuo das grandezas elétricas

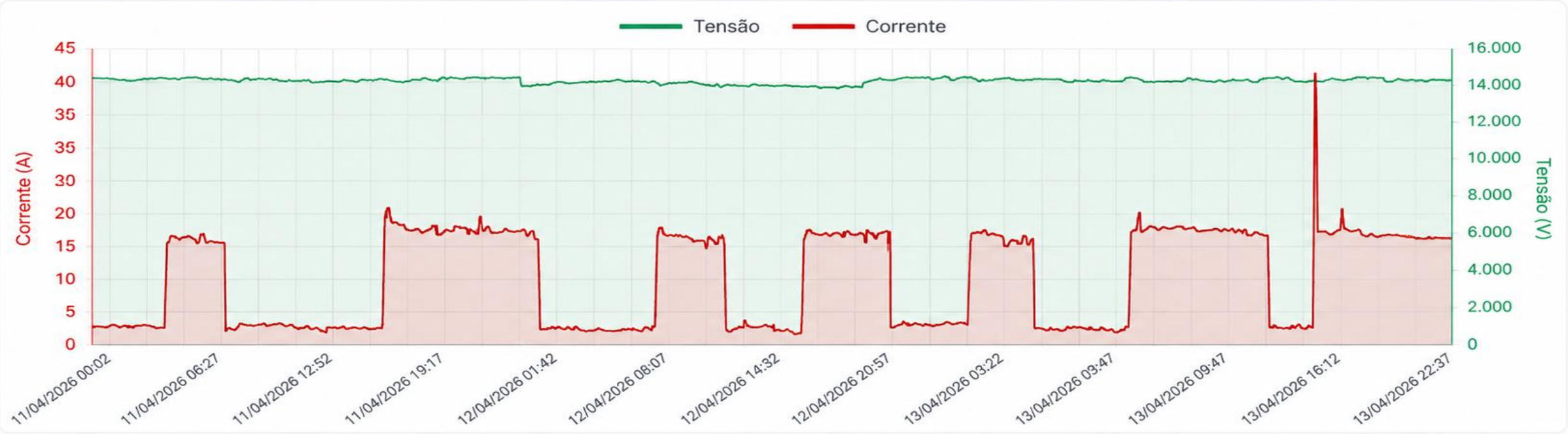
Análise de desempenho
Identificação de padrões e anomalias

Suporte à decisão operacional
Mais confiabilidade e eficiência no sistema

COMPORTAMENTO TEMPORAL DE TENSÃO E CORRENTE

Oscilações de corrente e estabilidade da tensão no período monitorado

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



Tensão relativamente estável
A tensão se mantém em torno de 14 kV, com pequenas variações ao longo do período monitorado.

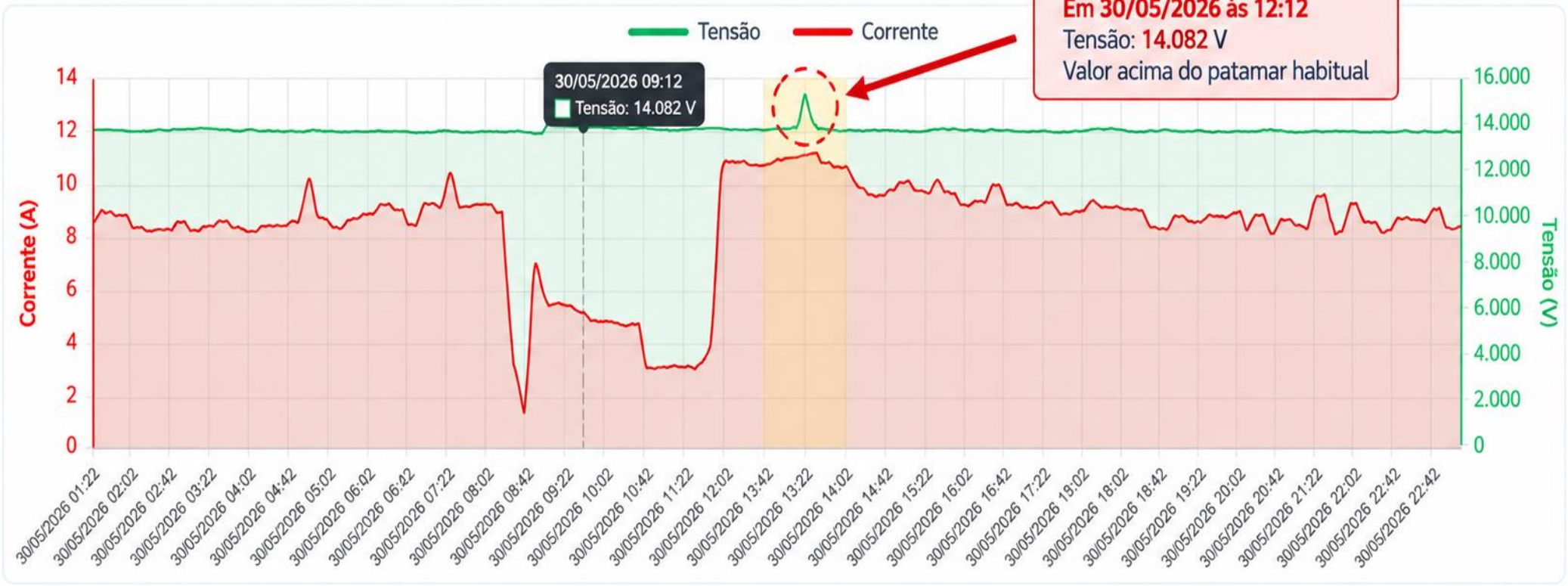
Corrente em ciclos operacionais
A corrente apresenta ciclos bem definidos, alternando entre valores baixos (≈ 2–3 A) e valores elevados (≈ 16–20 A).

Pico isolado exige verificação
Foi identificado um pico de corrente isolado no final do período, com valor significativamente acima do padrão observado.

Monitoramento online • Identificação de padrões • Apoio à manutenção

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO

Variação da tensão e corrente no período monitorado



Tensão estável

Durante a maior parte do período, a tensão se manteve próxima de 12–13 kV, dentro do padrão operacional.

Possível sobretensão

Em 30/05/2026 às 12:12 foi registrada uma elevação da tensão para aproximadamente 14.082 V, acima do patamar habitual observado.

Queda de corrente

No mesmo período, observa-se uma redução acentuada da corrente, chegando a cerca de 2 A, seguida de retorno a valores mais elevados.

Possíveis causas

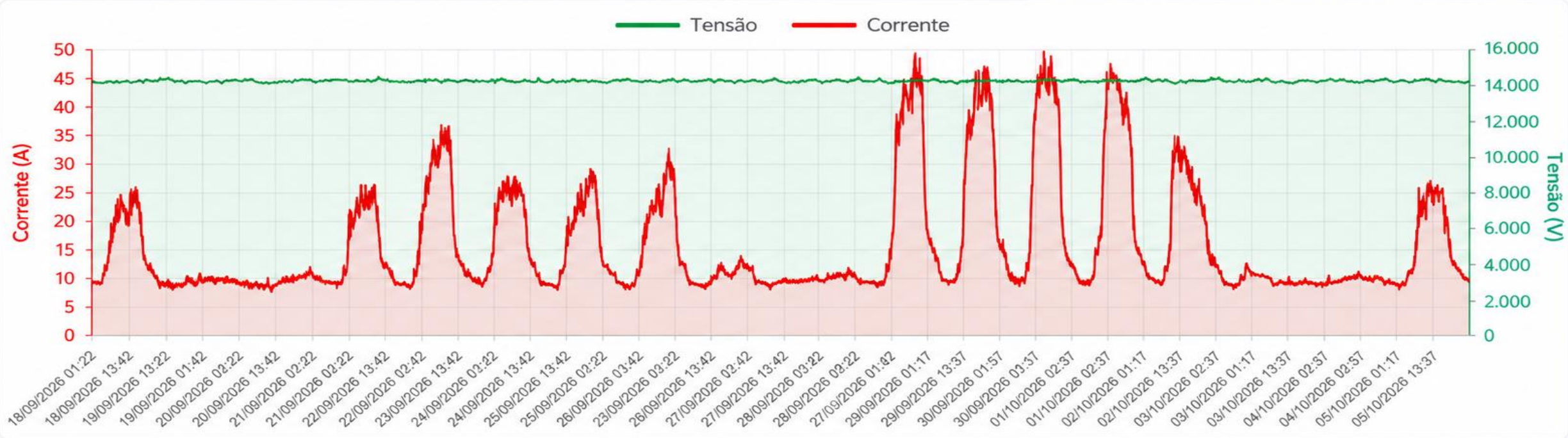
- Manobras operacionais
- Variação de carga
- Chaveamento na rede
- Transitórios na alimentação

Monitoramento online • Identificação de eventos • Apoio à decisão operacional

PADRÕES DE CORRENTE E ESTABILIDADE DA TENSÃO

Monitoramento contínuo do comportamento elétrico da instalação

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



Tensão estável

Permanece próxima de 14 kV durante a maior parte do período.

Picos cíclicos de corrente

Elevações recorrentes indicam ciclos de operação ou acionamento de cargas.

Picos elevados

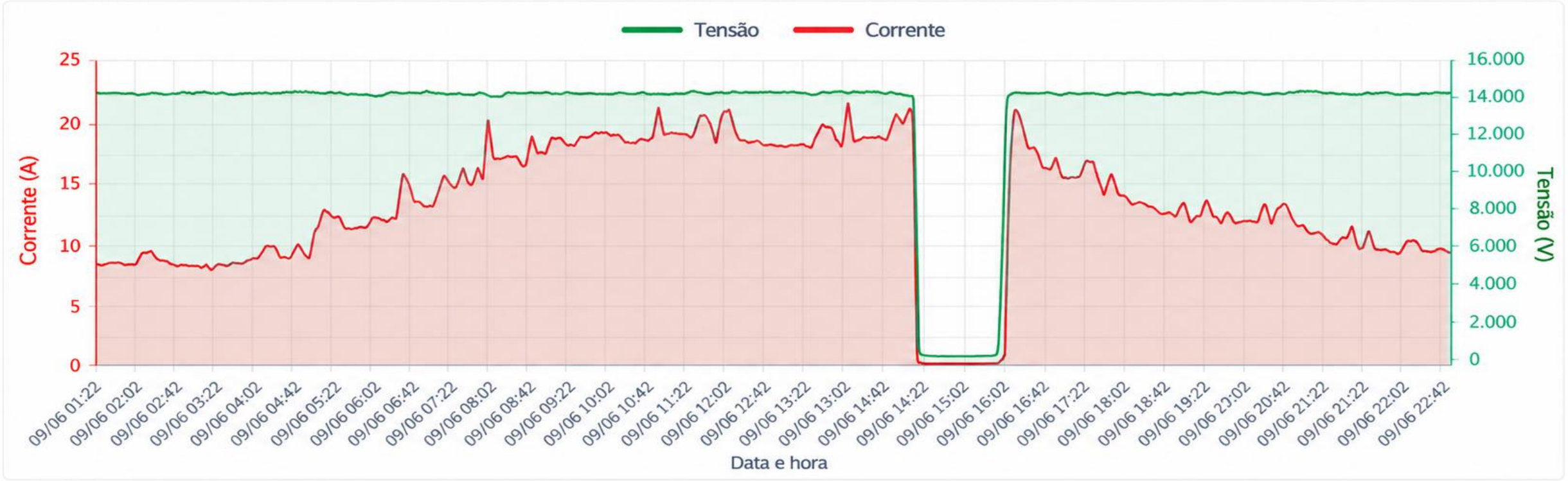
Eventos próximos de 45–50 A merecem correlação com partidas, manobras e registros operacionais.

Monitoramento online • Análise de eventos • Apoio à manutenção

INTERRUPÇÃO DE TENSÃO E VARIAÇÃO DA CORRENTE

Monitoramento contínuo para identificar eventos e apoiar o diagnóstico operacional

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



Tensão interrompida

Queda abrupta para próximo de zero, seguida de recuperação.

Corrente variável

Elevação gradual antes do evento e redução após o retorno.

Investigação necessária

Correlacionar com partidas, manobras, falhas de medição ou comunicação.

Monitoramento online • Análise de eventos • Apoio à manutenção

Dos indicadores à melhoria contínua: próximos passos

Uma proposta para transformar dados energéticos em decisões operacionais

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Indicadores acompanhados

Comparação justa entre unidades e ao longo do tempo.

Consumo de energia
125.430
kWh/mês

Consumo específico
0,62
kWh/m³

Demanda máxima
280
kW

Fator de potência médio
0,92

Custo de energia
R$ 68.210
/mês

Próximos passos

Usando programação Python com IA para correlacionar dados e propor melhorias.

1. **Integrar dados**
   Reunir séries de energia, vazão, demanda, operação e calendário.
2. **Correlacionar com Python**
   Cruzar consumo e indicadores com vazão, horários, unidades e eventos operacionais.
3. **Usar IA como apoio**
   Identificar padrões e desvios, priorizar hipóteses e sugerir oportunidades para análise técnica.
4. **Validar e melhorar**
   Testar ações em campo, medir resultados e atualizar a linha de base.

A IA aponta relaçoes e oportunidades; **a equipe valida** as causas e confirma a economia.

PYTHON + IA: APLICAÇÕES PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA COPASA

Como transformar dados de monitoramento elétrico em decisões mais eficientes

Uso de dados reais das unidades para identificar oportunidades, reduzir custos e aumentar a confiabilidade operacional.



Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

1 DADOS DA COPASA

Grandezas elétricas e operacionais já disponíveis no monitoramento

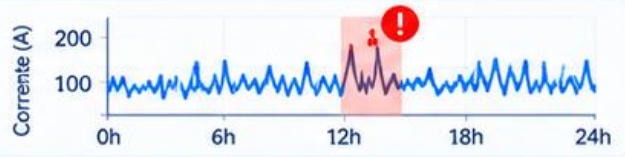
- Tensão (V)
- Corrente (A)
- Potência (kW)
- Fator de potência (FP)
- Demanda (kW)
- Consumo de energia (kWh)
- Estado da bomba (ligada/desligada)
- Grandezas hidráulicas (vazão, pressão, nível)
- Horário de operação

2 ANÁLISES COM PYTHON + IA

Transformando dados em informações e ações

Detecção de anomalias

Identifica padrões anormais de corrente, potência e FP (ex.: desequilíbrio, sobrecarga, falta de equipamento).



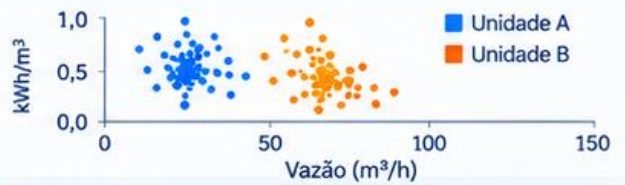
Previsão de consumo e demanda

Modelos de machine learning preveem o consumo com base no histórico e em variáveis operacionais (vazão, nível, horário).



Comparação de desempenho entre bombas e unidades

Identifica diferenças de eficiência entre equipamentos semelhantes e oportunidades de ajuste.



Recomendação de escalonamento operacional

Sugere horários de operação com menor custo de energia, mantendo o abastecimento e as restrições hidráulicas.



Manutenção preditiva

Detecta sinais de degradação (rolamentos, desalinhamento, cavitação) e estima a probabilidade de falha.



SUBESTAÇÃO

Indicadores em tempo real para apoiar a operação e a eficiência energética

Início 07/06 06:00 — Fim 13/06 22:00

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Tensão média
14.184 V
Fase A: **8.175** V
Fase B: **8.155** V
Fase C: **8.169** V

Corrente média
43,1 A
Fase A: **41,6** A
Fase B: **40,9** A
Fase C: **39,2** A

Fator de potência
0,959

Potência ativa
1.010,5 kW

Potência reativa
288,5 kVAr



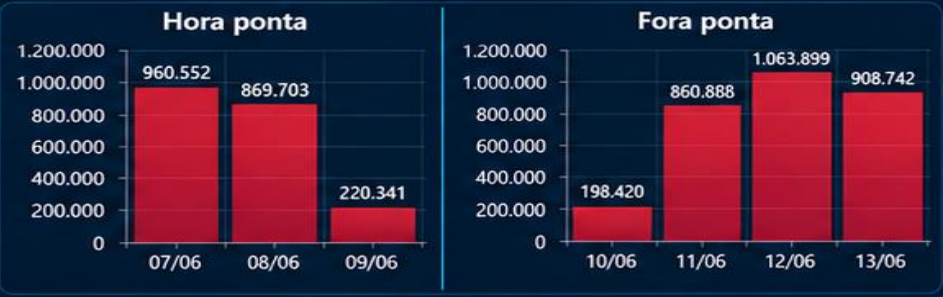
Tensão por fase



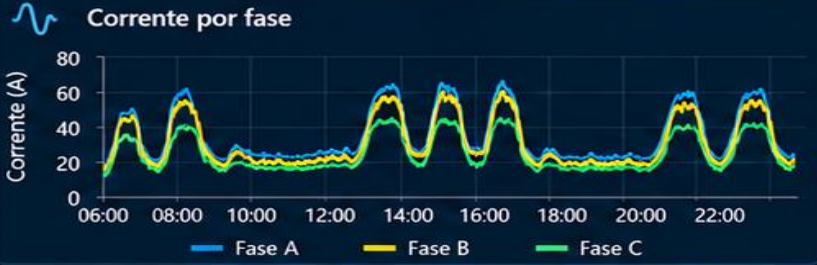
Fator de potência



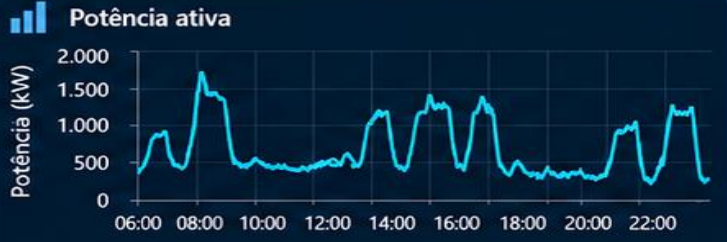
Consumo de energia ativa (kWh)



Corrente por fase



Potência ativa



Demanda de potência ativa (kW)



Acompanhamento em tempo real
Visualização dos principais indicadores elétricos da unidade.

Suporte à operação
Identificação rápida de anomalias, variações de carga e oportuniidades de eficiência.

Mais confiabilidade e segurança
Dados integrados para tomada de decisão e manutenção preventiva.

Fontes públicas e referências

Bases utilizadas para contextualizar os dados e os indicadores.

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

1 **p. 2, 7-8 – COPASA.** *Relatório de Sustentabilidade 2024* (perfil e automação); COPASA RI, Perfil Corporativo (dados de dez. 2025).
copasa.com.br / ri.copasa.com.br.

2 **p. 3, 6 – IBGE.** *Anuário Estatístico do Brasil 2022*, tabela 1.1.2.1 – área total das UFs.
ibge.gov.br.

3 **p. 4 – World Bank WDI / FAOSTAT.** *Land area (sq. km)*, indicador AG.LND.TOTL.K2, série 2023.
data.worldbank.org.

4 **p. 16 – Ministério das Cidades.** *Diagnóstico Temático – Serviços de Água e Esgoto: visão geral, ano de referência 2022* (publicado em 2024).
gov.br/cidades.

5 **p. 17, 19 – World Bank / ESMAP.** *Energy Efficiency Investments in Urban Water and Wastewater Utilities, 2019.*
worldbank.org.

Obrigado!

Bruno Moreira Fernandes Mendes
bruno.mendes@copasa.com.br
(35) 9 9907-1698

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp