

Nº 180051

Integrating artificial intelligence into laboratory information management systems (LIMS): a case study of enhanced technical management

Artur Augusto Martins
Anderson Poiani Lopes Mendes
Ednaldo de Araujo Cruz Correia

*Palestra apresentado no
CONGRESSO INTERNACIONAL
DE METROLOGIA ELÉTRICA, 16.,
2025, Maceió. 20 slides..*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



METROLOGIA

*150 anos de confiabilidade
para um futuro sustentável*

2025

Data: 1 a 4 de dezembro de 2025

Local: Centro Cultural e de Exposições
Ruth Cardoso
Maceió - AL

Integrating Artificial Intelligence into Laboratory Information Management Systems (LIMS): A Case Study of Enhanced Technical Management

Artur Augusto Martins- arturm@ipt.br

Anderson Poiani Lopes Mendes - andersonm@ipt.br

Ednaldo Correia - ednaldoc@ipt.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A – IPT

Integrating Artificial Intelligence into Laboratory Information Management Systems (LIMS): A Case Study of Enhanced Technical Management

PARTE 1:  PROCAL_{v2}
SOFTWARE TÉCNICO PARA GESTÃO DE LABORATÓRIOS

PARTE 2:  PROCAL "COPILOT"
ASSISTENTE DE IA INTEGRADO

PROCAL_{v2}

Objetivos

- Framework LIMS modular orientado a metrologia
- Aderência ISO/IEC 17025
- Integração de dados via API
- Atualizar legado
- Automação do fluxo de trabalho
- Execução segura de scripts na web





BENCHMARK

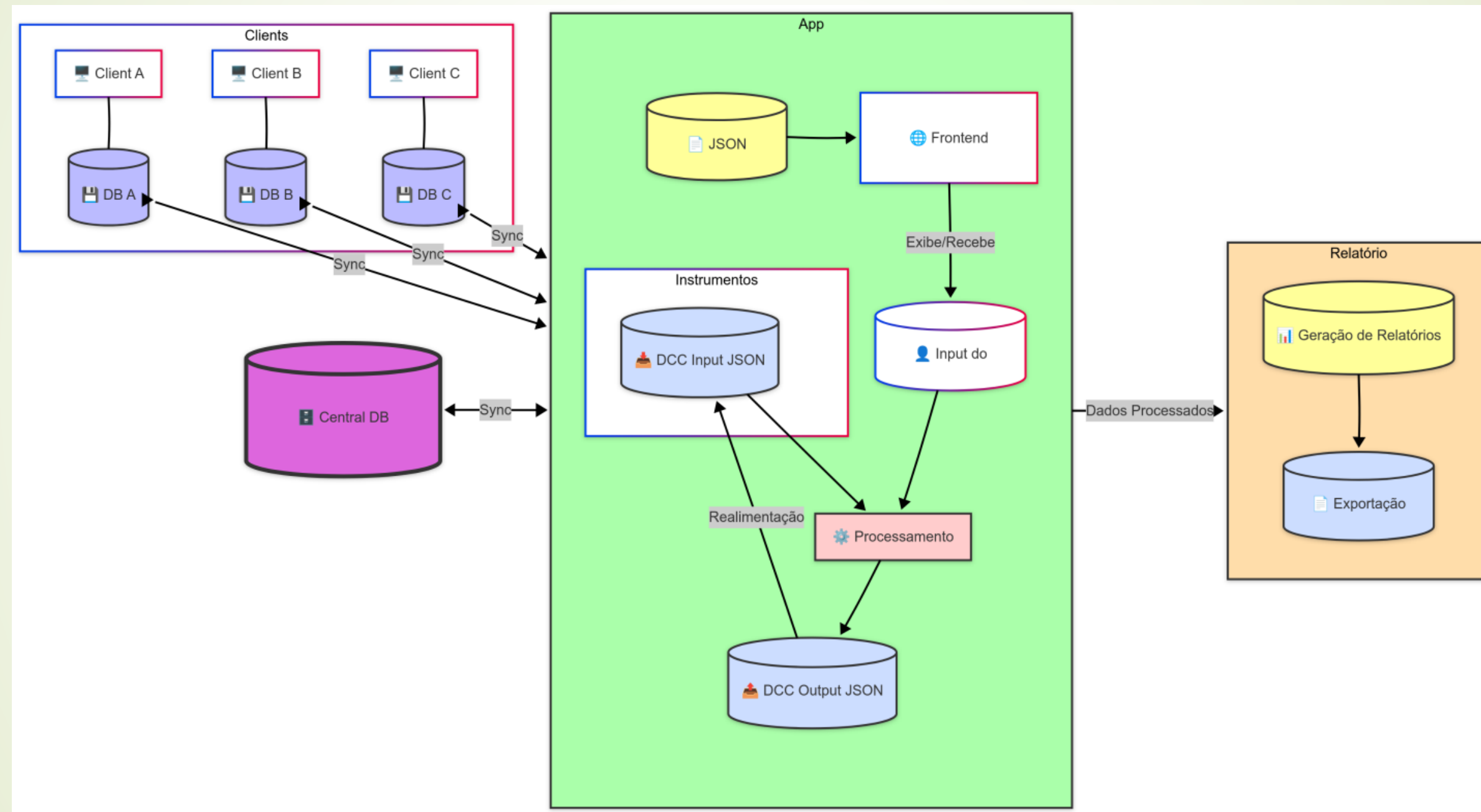
Funcionalidade	Software comercial 1	Legado Atual	Este trabalho
 Estimativa de incertezas	✓	✗	✓
 Gestão de instrumentos	✓	✗	✓
 Análise de tendências	✓	✗	✓
 Construção de procedimentos	✓	✗	✓
 Modelamento numérico	✓	✗	✓
 Automação de instrumentos	✓ (Incompleto)	✗	⌚
  Geração de relatórios	✓	?	✓
 Orçamentos	✓	✓	⌚
 Recepção de materiais	✓	✓	⌚
 Ordem de serviço	✓	✓	✓
 Autenticação e Permissão	✓	✓	✓
 Integração com IA	✗	✗	✓
 Integração com Sistemas	✗	✓ ✓ ✓	⌚

Contexto & Problema – Sistemas atuais

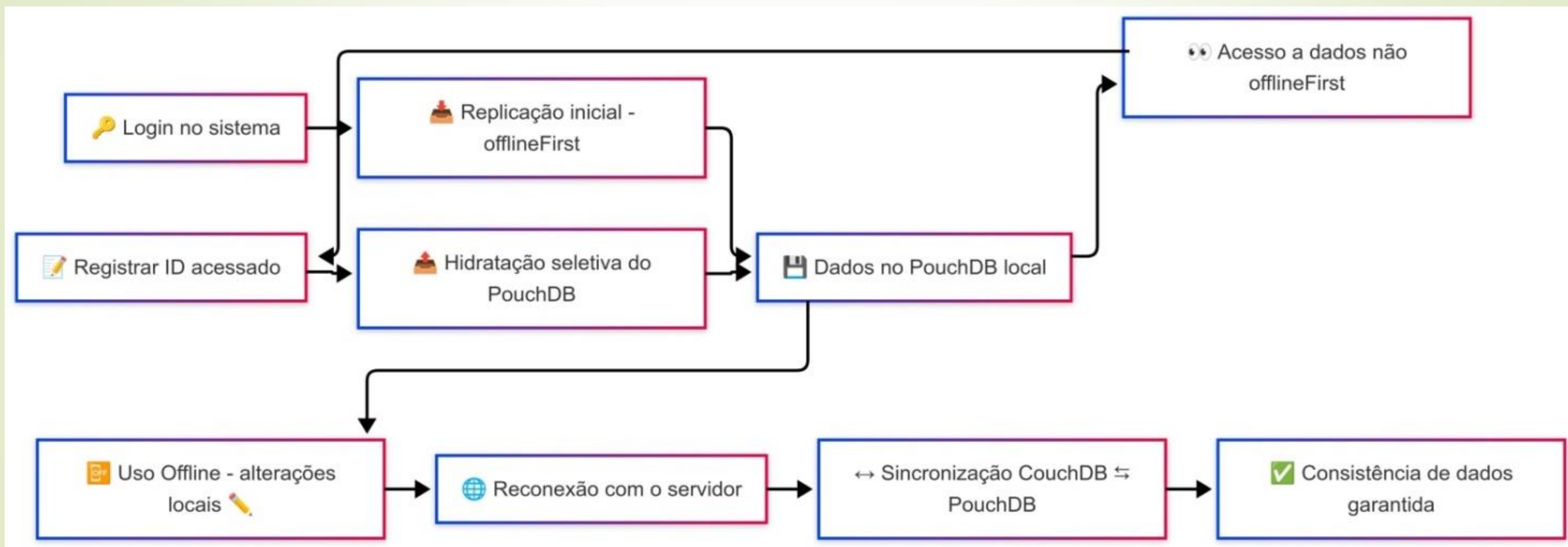
- Rastreabilidade, incerteza e prazos apertados nos laboratórios
- Soluções de mercado incompletas
- Operação em campo com conectividade intermitente
- Integração difícil com instrumentos e Excel/legados
- Lacuna: "offline-first" + IA segura pouco atendidos pelos LIMS atuais

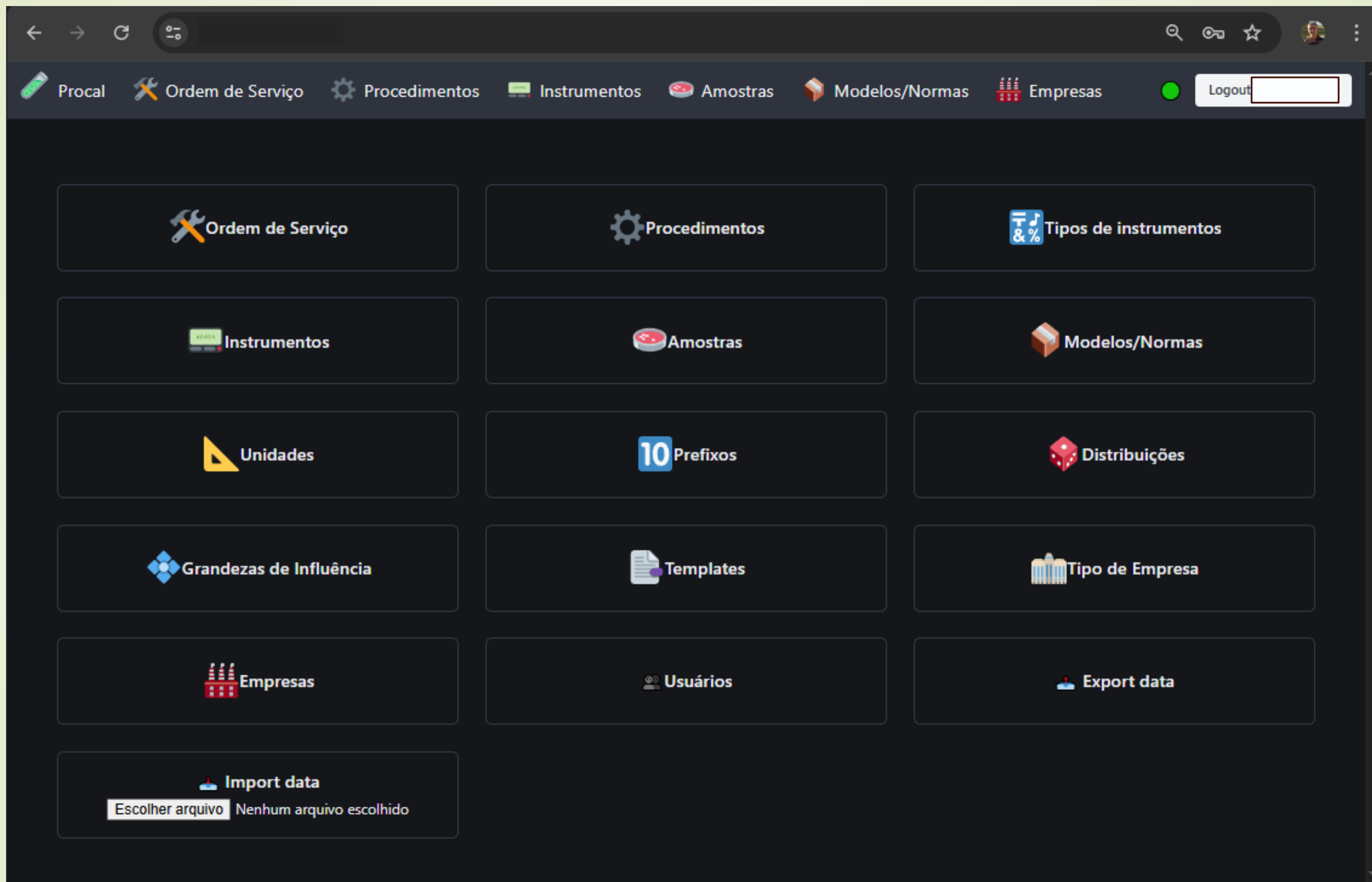
Arquitetura da solução

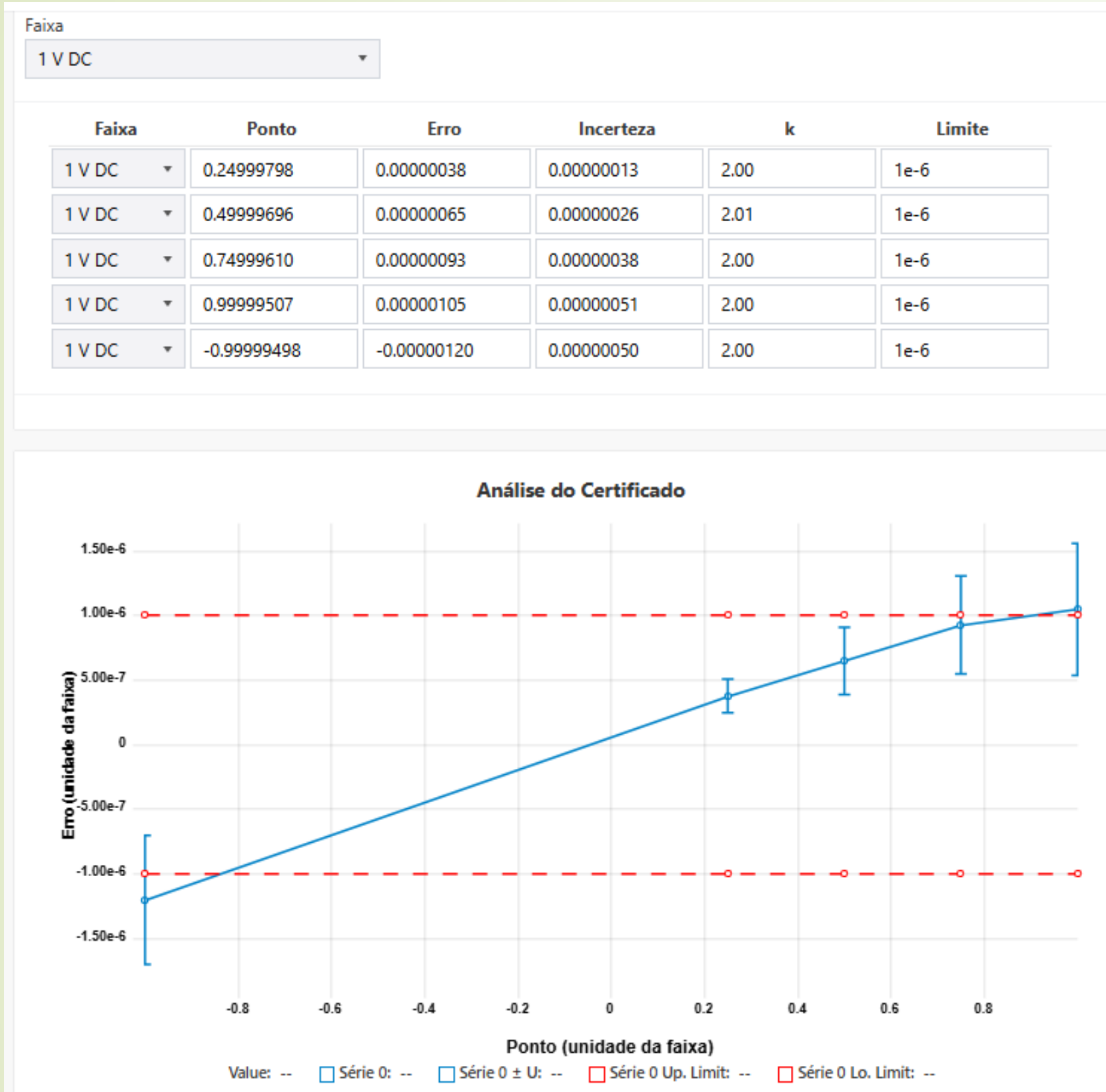
- App web (Vue 3) + NoSQL DB



"Offline-First" com "Cache-aside" local e hidratação oportunista







VI (V)		VC (V)	
45	0..30V DC ["Medium"]	5730A	0 a 22 V DC
1,0002	1	1,0005	1
1,0002	1	1,0002	1
1,0003	1	1,0003	1

Budget							
Variável	Componente	Expectativa	Inc. Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição	
VI	Resolucao	0 V	5.0000e-4 V	1.732	1	2.8868e-4 V	
VI	read	1.0003 V	1.4142e-4 V	2	1	7.0711e-5 V	
VC	Exatidao	0 V	3.5000e-6 V	2	-1	1.7500e-6 V	
VC	read	1 V	0 V	2	-1	0 V	
VC	Resolucao	0 V	5.0000e-7 V	1.732	-1	2.8868e-7 V	

Resultado:

Unidade	VI	VR	Erro	U	k	v _{eff}
V	1.000	1.00000	0.000	0.00059	2.00	937

Caso de uso: Corrente DC (queda de tensão)

Calibrador (Instrumento de apoio)

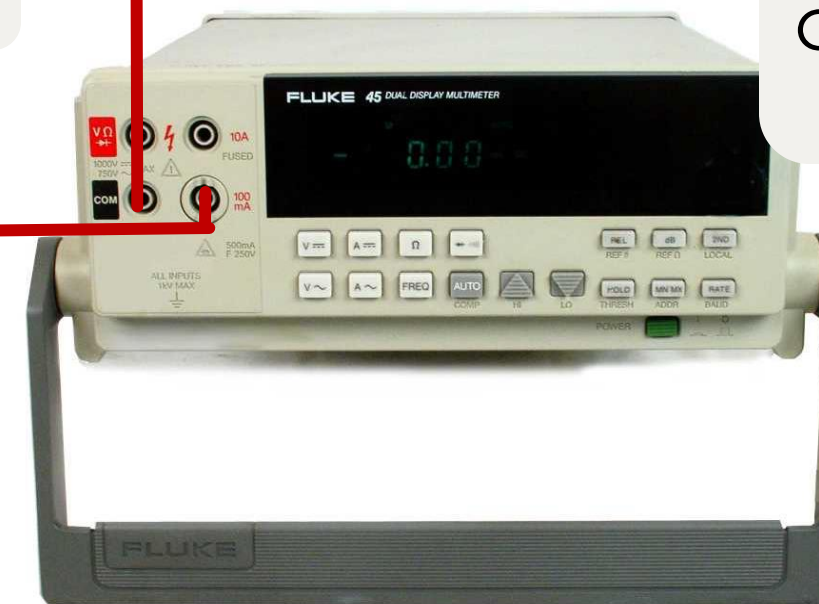
Resistor padrão (**R_p**)



Multímetro padrão (**VR_p**)

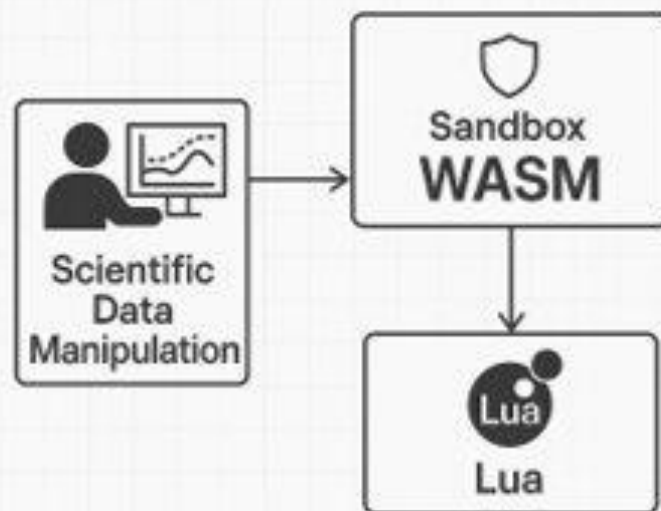


Multímetro Fluke 45 sob calibração (**VI**)




$$\text{Erro} = V_I - V_{R_p}/R_p$$

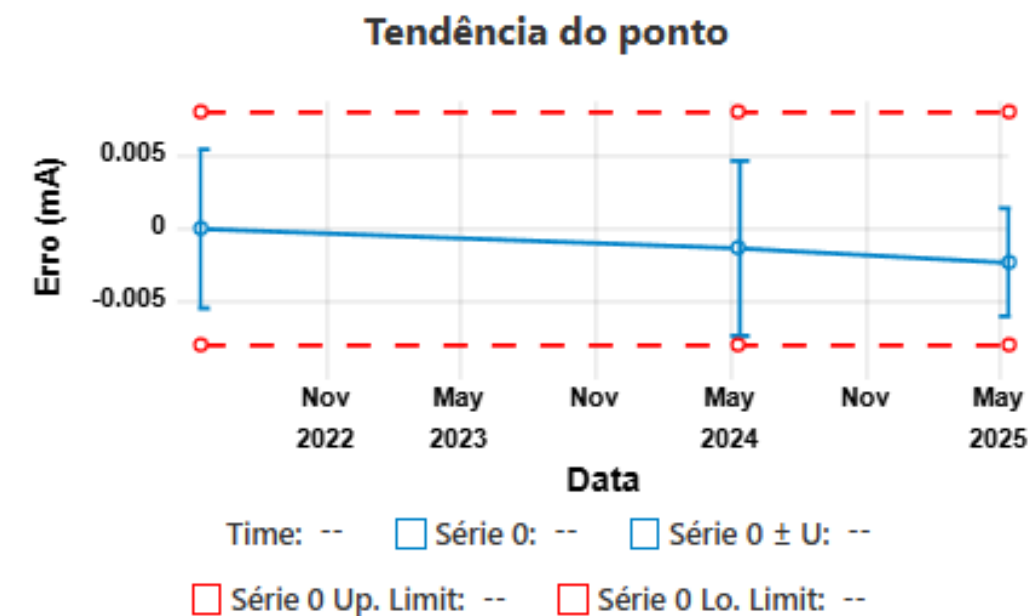
WebAssembly para execução de scripts LUA definidos pelo usuário



$$\text{Erro} = VI - VRp/Rp$$

		Budget						
Variável	Componente	Expectativa	Inc. Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição		
VRp	Fabricante	0 V	0.003 V	1.96	-1	0.0015 A	<div></div>	
Rp	Drift	0 Ω	5.0000e-4 Ω	1.732	0.302 A/Ω	9.5591e-4 A	<div></div>	
VI	Resolução	0 A	5.0000e-4 A	1.732	1	2.8868e-4 A	<div></div>	
VRp	read	0.3023 V	5.0000e-4 V	2	-1	2.5000e-4 A	<div></div>	
Rp	Calibração	1 Ω	9.0000e-5 Ω	1.483	0.302 A/Ω	2.0095e-4 A	<div></div>	
VI	read	0.3 A	0 A	2	1	0 A	<div></div>	
VRp	Resolução	0 V	5.0000e-8 V	1.732	-1	2.8868e-8 A	<div></div>	
VRp	IPT/LME 955426-101 (interp. entre 0.24999798 e 0.49999696)		4.3643e-7 V	1.5717e-7 V	1.96	-1	8.0189e-8 A	<div></div>

Result						
Unidade	VI	VR	Erro	U	k	veff
mA	300.0	302.2	-2.2	3.7	2.00	∞



PROCAL "COPILOT"

Não queremos
que isso ocorra!

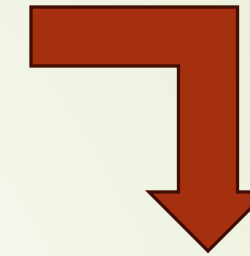


```

{
  name: 'instrument',
  title: 'Instrumentos',
  pagination: {...},
  icon: '🔧',
  svg: '<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" fill="#77B255"/></svg>',
  ...
}
columns: Array(8)
  0: {name: 'id', type: 'randId', index: true}
  1: {name: 'description', title: 'Descrição', type: 'text', width: '300px'}
  2: {name: 'tag', title: 'TAG', type: 'text', width: '150px', find: true}
  3: {name: 'serialNumber', title: 'Nº de Série', type: 'text', width: '150px', find: true}
  4: {name: 'assetId', title: 'Nº de Patrimônio', type: 'text', width: '150px'}
  5: {name: 'modelId', title: 'Modelo', type: 'dropdown', belongsTo: {...}, width: '150px'}
  6: {name: 'firmId', title: 'Proprietário', type: 'dropdown', width: '120px', belongsTo: {...}}
  7: {name: 'instrumentTypeId', title: 'Tipo', type: 'dropdown', width: '120px', find: true, ...}
  length: 8
[[Prototype]]: Array(0)
hasMany: Array(2)
  0: {tblName: 'calibration'}
  1: {tblName: 'externalCalibration'}
  length: 2
[[Prototype]]: Array(0)
icon: "🔧"
name: "instrument"
pagination: {limit: 50}
svg: "<svg xmlns='\"http://www.w3.org/2000/svg\"' fill='\"#77B255\"'/></svg>"
svgb64: "PHN2ZyB4bWxucz0iaHR0cDovL3d"
title: "Instrumentos"

```

{JSON}



Procal v2

127.0.0.1:8000/#

Procal Ordem de Serviço Procedimentos Instrumentos Amostras Modelos/Normas Empresas Logout

Instrumentos

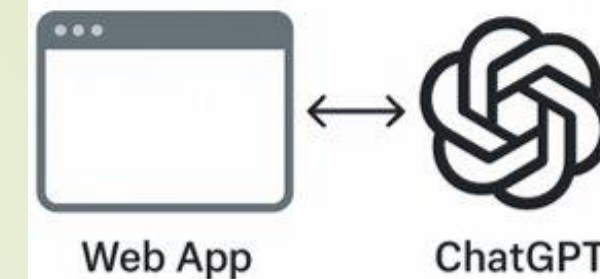
+ Add AI

27/27 Prev Next

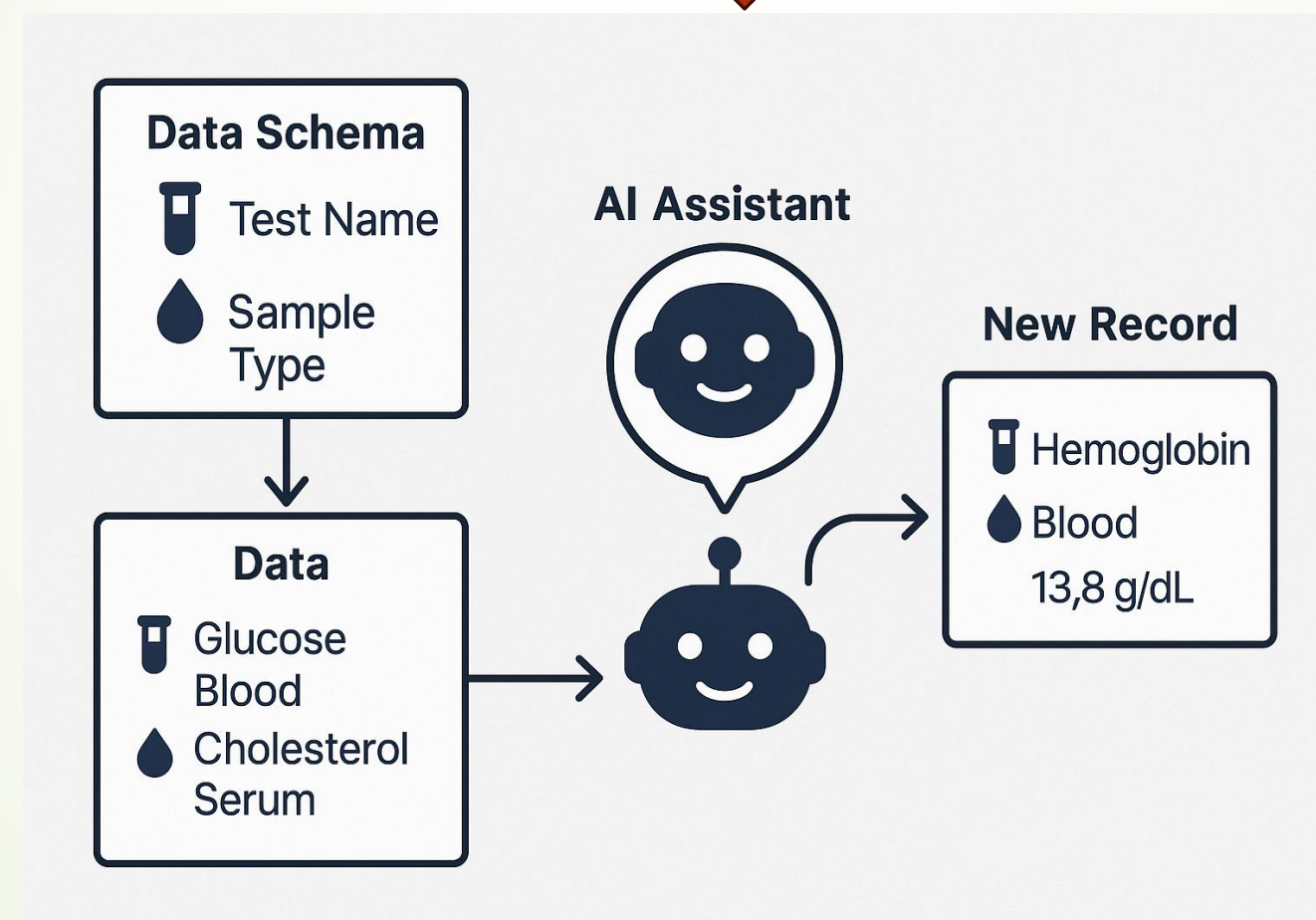
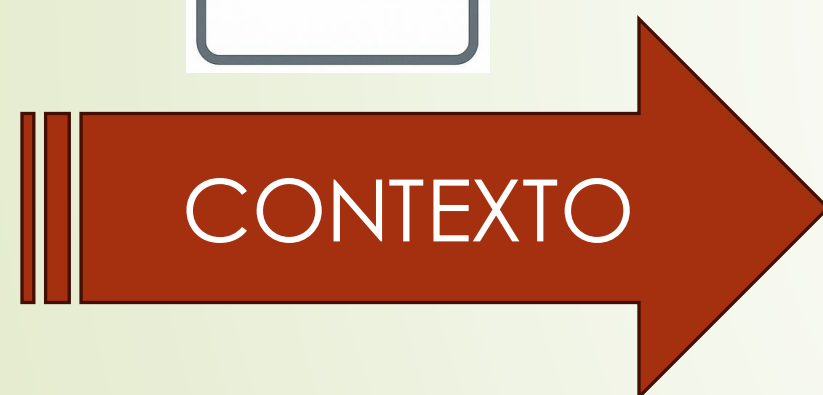
Descrição	TAG	Nº de Série	Nº de Patrimônio	Modelo	Proprietário	Tipo
Calibrador multifunção Fluke 5730A	CAL-001	152546	Pat-12313	5730A	IPT/LME	Padrão
Multímetro digital Fluke 45	123	8741432	PAT542	45	IPT/LME	Cliente
Paquímetro	PAQ-123	5145	PAT-433	500-196-30	Minipa	Padrão
Microfone Capacitivo sob teste HBK	MIC-39	377B03	0043	377B02	HBK	Cliente
Termo-higrômetro	THI-02	H07010069	84956	2390-5	IPT/LCAI	
Microfone Capacitivo	MIC-39	377B02	00342	377B02	IPT/LCAI	Padrão
Contador universal	P615	MY57800457	04324	53220A	IPT/LME	




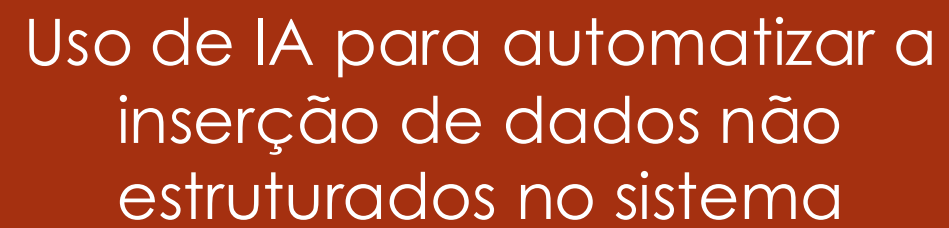
FUNCIONAMENTO



tela + dados = **contexto**



**NOVOS REGISTROS
NO SOFTWARE**



www.metro



Uso de IA para automatizar a inserção de dados não estruturados no sistema

AI Automation

Captura e Esboço

Novo

Dc voltage

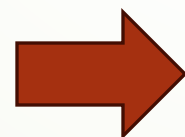
Range	Full scale	Maximum resolution	Input impedance	Temperature coefficient (ppm of reading + ppm of range) / °C	
				Without ACAL ¹	With ACAL ²
100 mV	120.00000	10 nV	> 10 GΩ	1.2 + 1	0.15 + 1
1 V	1.20000000	10 nV	> 10 GΩ	1.2 + 0.1	0.15 + 0.1
10 V	12.0000000	100 nV	> 10 GΩ	0.5 + 0.01	0.15 + 0.01
100 V	120.000000	1 μV	10 MΩ ± 1%	2 + 0.4	0.15 + 0.1
1000 V	1050.00000	10 μV	10 MΩ ± 1%	2 + 0.04	0.15 + 0.01

Accuracy ³ [ppm of reading (ppm of reading for Option 002) + ppm of range]

Range	24 hour ⁴	90 day ⁵	1 year ⁵	2 year ⁵
100 mV	2.5 + 3	5.0 (3.5) + 3	9 (5) + 3	14 (10) + 3
1 V	1.5 + 0.3	4.6 (3.1) + 0.3	8 (4) + 0.3	14 (10) + 0.3
10 V	0.5 + 0.05	4.1 (2.6) + 0.05	8 (4) + 0.05	14 (10) + 0.05
100 V	2.5 + 0.3	6.0 (4.5) + 0.3	10 (6) + 0.3	14 (10) + 0.3
1000 V ⁶	2.5 + 0.1	6.0 (4.5) + 0.1	10 (6) + 0.1	1 10) + 0.1

Scaffold Dados da Calibração

Close



ProCal_{v2}

Procedimentos Instrumentos Modelo Unidades 10ⁿ Prefixos Distribuições Templates

Modelo / Faixas

Nome: 3458A

+ Add Row AI Scaffold

100 V - 300 kHz to 1 MHz	100	300000	1000000	M	V	0,011
100 V - 1 MHz to 2 MHz	100	1000000	2000000	M	V	0,011
1000 V - 1 Hz to 40 Hz	1000	1	40	M	V	0,011
1000 V - 40 Hz to 1 kHz	1000	40	1000	M	V	0,022
1000 V - 1 kHz to 20 kHz	1000	1000	20000	M	V	0,011
1000 V - 20 kHz to 50 kHz	1000	20000	50000	M	V	0,011
1000 V - 50 kHz to 100 kHz	1000	50000	100000	M	V	0,033
1000 V - 100 kHz to 300 kHz	1000	100000	300000	M	V	0,011
1000 V - 300 kHz to 1 MHz	1000	300000	1000000	M	V	0,011
100 mV DC	100	0	100	m	V	1e-8
1 V DC	1	0	1		V	1e-8
10 V DC	10	0	10		V	1e-7
100 V DC	100	0	100		V	0,000001
1000 V DC	1000	0	1000		V	0,00001



Uso de IA para automatizar a inserção de dados não estruturados no sistema

AI Automation

VI

VRp

0,300

0,310

0,310

0,318

0,315

0,314

0,312

0,317

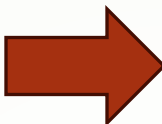
0,315

0,319

0,314

Scaffold Dados da Calibração

Close



ProCal_{v2}

ProcedimentosInstrumentosModeloUnidades10ⁿ PrefixosD

Instrumentos / Calibração / Pontos da Calibração / Leituras

Descrição: Calibrador Multif... Certificado: 111111-101 Ponto: 0.3

+ Add Row AI Scaffold

VI	VRp
0,300	0,310
0,300	0,310
0,300	0,318
0,300	0,315
0,300	0,314
0,300	0,312
0,300	0,317
0,300	0,315
0,300	0,319
0,300	0,314

Budget

Variável	Componente	Inc. Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição
Rp	Drift	0.003	1.732	0.3144	0.0055
Rp	Calibração	0.002	1.483	0.3144	0.0043
VRp	read	0.0031	3.1623	-0.9999	9.7989e-4
VI	Resolução	5.0000e-4	1.732	1	2.8868e-4
VRp	Reclass	2.0000e-4	1.96	-0.9999	1.0205e-4
VI	read	5.8514e-17	3.1623	1	1.8504e-17
VRp	Análise do Certificado	1.6349e-7	1.96	-0.9999	8.3421e-8

Result

Unidade	VI	VR	Erro	U	k	veff
mA	0.300	0.314	-0.014	0.014	2.00	∞

Tendência do ponto

Erro (mA)

Time: -- Série 0: -- Série 0 ± U: --

Série 0 Up. Limit: -- Série 0 Lo. Limit: --

Conclusão

- O assistente de IA pode reduzir trabalhos repetitivos, como digitalização de certificados enquanto não temos o amplo uso do DCC
- Ampliação para consultas inteligentes dos dados e ajuda na tomada de decisões
- Geração automática de contexto já é uma realidade e ajuda na criação de "drivers" para automação de instrumentos
- Uma boa estruturação dos dados é a essencial para obter sucesso no uso das LLMs no contexto metrológico



AGRADECEMOS SUA PRESENÇA !