

Python-based DCC Tools Development and Implementation

5th International DCC Conference

Gean Marcos Geronymo

Inmetro - Brazil

February 26th, 2025

Digital Calibration Certificates: True Digitalization

Digital Transformation

- Beyond simple digitization:
 - Content transfer not enough
 - Need for machine interpretation
 - Structured data format

Traditional Approach

- Paper to PDF conversion
- Focus on human readability
- Limited machine processing

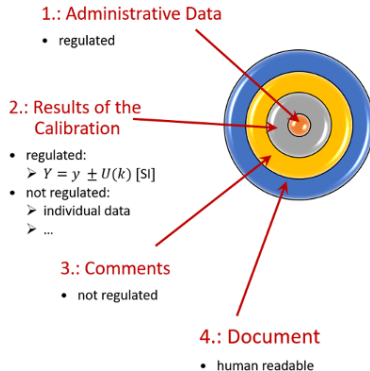
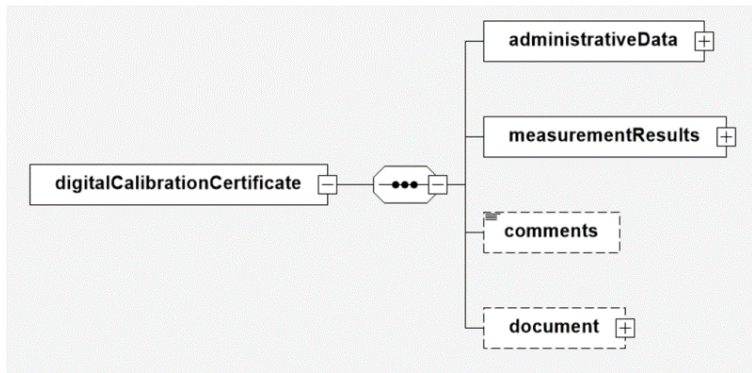
DCC Advantages

- Machine-readable format
- Interpretable data structure
- Efficient storage system

Implementation Benefits

- Clearly defined format
- Precise data storage
- Automated processing
- System integration ready

Digital Calibration Certificate Structure - PTB proposal



Digital System of Units (D-SI)

Overview of D-SI

- XML format for seamless integration of measurement data
- Includes:
 - Numerical values
 - Associated units
 - Measurement uncertainties (value and distribution)

Visual Representation

- D-SI data model: See Slide 5
- Application example: Resistance value in ohms (Slide 6)

Minimum requirement

Maximum information

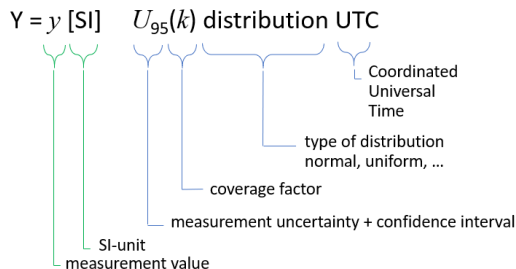


Figure: DCC Structure. Source: <https://gitlab1.ptb.de/d-ptb/d-si/xsd-d-si/-/blob/master/wiki/doc/RealQuantity.md>

D-SI XML Example

```
<si:quantity>
  <si:real>
    <si:value>0.99999397</si:value>
    <si:unit>\metre\tothe{2}\kilogram\second\tothe{-3}\ampere\tothe{2}</si:unit>
    <si:expandedUnc>
      <si:uncertainty>2.10E-07</si:uncertainty>
      <si:coverageFactor>2</si:coverageFactor>
      <si:coverageProbability> 0.9545 </si:coverageProbability>
    </si:expandedUnc>
    <si:dateTime>2023-02-09T13:37:37-03:00</si:dateTime>
  </si:real>
</si:quantity>
```

Figure: Example of a fully compliant D-SI quantity statement. The electrical resistance unit (ohm) is stated in term of the SI base units ($\text{m}^2 \text{ kg s}^{-3} \text{ A}^2$) for a “platinum” quality class in terms of machine-readability. Alternatively, the unit can be represented as **\ohm** for a “gold” quality class.

Digitalization of Calibration Process

Metrology Cloud (MC)

- Most desirable path for digitalization
- Enables seamless integration of DCCs
- Supports real-time data exchange

DCC Tools Support

- Initial DCC adoption
- Future integration with MC
- Flexible for various calibration workflows

DCC Tools Benefits

- Digitalization even with simple methods (e.g., email)
- Real-time action on instrumentation
- Key for smart factories and Industry 4.0

Existing Solutions

PTB Tools

- GEMIMEG Tool:
 - Web-based, open-source
 - Manual data creation
- Excel Tool:
 - Macro-enabled
 - Generates DCC XML from blocks

SIEMENS: PyDCC

- Python library for DCC access and processing
- Simplifies extraction and manipulation of DCC data
- Enables seamless integration into digital manufacturing
- Available on : <https://github.com/siemens/pydcc>

Our Proposal: DCC Tools

Overview

- Initial prototype available on https://github.com/gmgeronimo/dcc_tools
- Implemented in Python
- Designed for cloud-based technologies (AWS Lambda)
- API for system integration

Future Plans

- Implement `dccReader` using `PyDCC`
- Extract measurement data as JSON or spreadsheets

Main Tools

- `dccGenerator`:
 - Generates PTB DCC compliant XML from JSON
- `dccAddPdf`:
 - Adds human-readable PDF to XML
- `dccGetPdf`:
 - Extracts human-readable PDF from XML

DCC Tools Diagram

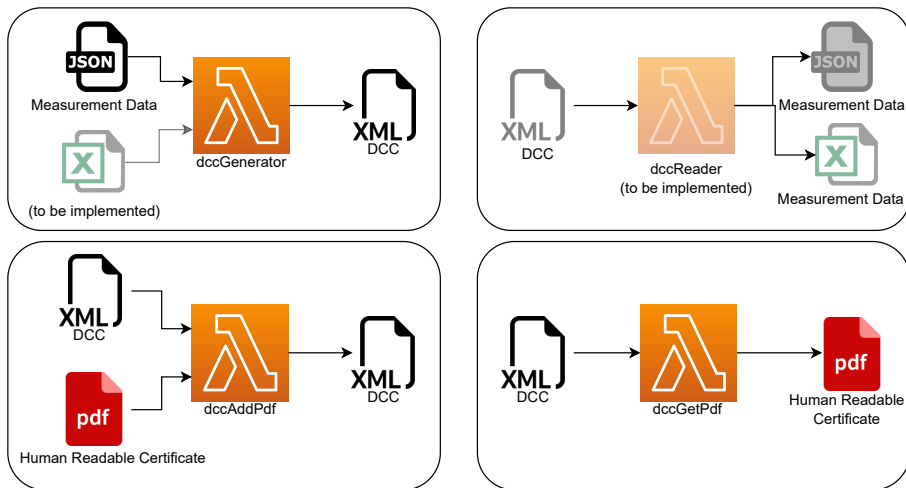


Figure: DCC Tools diagram.

DCC Tools: Input Data Format Selection

Traditional Lab Workflows

- Common approaches:
 - Excel spreadsheets
 - Manual data entry
 - Standalone systems

Study Case Environment

- Modern lab infrastructure:
 - Web-based systems
 - SQL databases
 - LabVIEW automation
 - MS Access integration

JSON Format Benefits

- Already structured data
- Easy API integration
- Language-agnostic
- Lightweight format
- Better human readability than XML

Future Extensions

- Excel support planned
- Multiple input formats
- Custom data mappings

DCC Tools: Simplified Data Structure Approach

PTB DCC Structure

- Comprehensive XML schema:
 - Complex structure
 - Covers all calibration types
 - Extensive metadata options
 - Generic requirements

Our Approach

- Lab-specific JSON schema:
 - Simplified structure
 - Custom field mapping
 - Minimal required data

Real-world Usage

- Labs typically use:
 - Specific certificate types
 - Limited data fields
 - Consistent structure
 - Repetitive patterns

Benefits

- Reduced complexity
- Easier implementation
- Better maintainability
- Lower error risk

JSON to DCC: Transformation Strategy

Implementation Strategy

- dccGenerator function:
 - Accepts simple JSON
 - Maps to DCC structure
 - Validates output
 - Ensures compliance

Customization Features

- Lab-specific templates
- Configurable mappings
- Flexible field definitions
- Extensible structure

Key Advantages

- Labs work with familiar data
- No need to understand full DCC
- Automated transformation
- Validated output

Future-proofing

- Easy schema updates
- New certificate types
- Additional field mappings
- Version compatibility

Implementation Strategy

Initial Prototype Focus

- Target advanced labs:
 - Automated systems
 - Structured databases
 - API-ready infrastructure
- Quick implementation:
 - Minimal data transformation
 - Direct integration

Development Roadmap

- Phase 1: JSON API
- Phase 2: dccReader (JSON)
- Phase 3: Excel support (read and write)

Integration Benefits

- Seamless data flow
- Reduced processing time
- Lower error rates
- Simplified deployment

System Architecture

Serverless Design

- Core compute service: AWS Lambda
- Advantages:
 - Automatic scaling
 - Pay-as-you-go pricing
 - Reduced operational overhead

Cost Efficiency

- Operates within AWS Lambda free tier limits:
 - 1M requests/month
- Cost-efficient for calibration labs
- No additional costs for typical usage

Suitable Use Cases

- Limited trusted clients
- Internal systems
- Efficient data submission and retrieval

Lambda Function URLs

- Direct and efficient data handling
- Simplifies communication process
- Reduces API Gateway overhead

AWS Lambda Serverless Architecture

What is Serverless?

- No server management needed
- Auto-scaling capabilities
- Pay-per-use model

AWS Lambda Features

- Function-as-a-Service (FaaS)
- Multiple language support
- Event-driven execution
- Native AWS integration

DCC Tools Implementation

- Direct function URLs
- Stateless architecture
- HTTPS encryption
- Free tier compatible

Alternative Deployment: Traditional Server Architecture

Adapting to Traditional Server Approach

The certificate generation service can be easily adapted from serverless to a traditional server architecture using Python FastAPI:

- Core business logic remains unchanged
- More predictable costs for consistent workloads
- Full control over runtime environment
- Simplified local development and debugging
- Multiple deployment options (servers, containers, platforms)
- Privacy requirements

Example Calibration Certificate



Serviço Público Federal
Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024
Número do Certificado

Cliente

Nome: Indústria Brasileira de Componentes Eletrônicos (IBCE)
Endereço: Rua das Indústrias, 1234, Bairro Industrial, Cidade Tecnológica, RJ, CEP 12345-678

Identificação do Item

Item: Resistor Padrão
Fabricante: Fluke
Número de Série: SN-2023-RES-001

Modelo/Tipo: 742A-1
Código de Identificação: RES-100-001

Laboratório Executor

Laboratório Responsável: Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica (Lampe)
Responsável Técnico: Gean Marcos Geronymo / Chefe do Lampe
Técnico Executor: Márcio Cláudio da Silva
Data da Calibração: 10/12/2024

Informações Administrativas

Processo Inmetro: 0052600.005271/2024-53
Data de Emissão: Ver data da assinatura eletrônica presente no certificado

Edson Afonso
Chefe da Divisão de Metrologia Elétrica

Este certificado é consistente com as Capacidades de Medição e Calibração (CMC) que estão incluídas no apêndice C do Acordo de Reconhecimento Mútuo (CIPM-MRA) estabelecido pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM). Conforme os termos do CIPM-MRA, todos os institutos participantes reconhecem entre si a validade dos seus certificados de calibração e medição para cada uma das grandezas, faixas e incertezas de medição declaradas no KCDB (para maiores detalhes ver <http://www.bipm.org/kcdb>).

O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e é válido apenas para o item acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.

Inmetro – Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias – RJ – Brasil – CEP: 25250-020



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024
Número do Certificado

Características do Item

Resistência Nominal: 1 Ω

Rastreabilidade

Os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI), por intermédio dos padrões metroológicos nacionais. As medições realizadas estão referenciadas ao padrão primário de resistência elétrica do Inmetro, baseado na constante de von Klitzing R_K (efeito Hall quântico) e estabelecido através das comparações chave BIPM-EM-K13.a e BIPM-EM-K13.b de 2022. Os padrões utilizados são relacionados na Tabela 1.

Descrição	Identificação	Certificado	
		Nº/Ano	Origem
Resistor Padrão	Lampe TR 654	DIMCI 0145/2024	Inmetro

Método de Medição

O resultado fornecido refere-se ao valor médio de seis séries de trinta medições pelo método de comparação de corrente na configuração de 04 (quatro) terminais. Utilizou-se uma ponte automática de resistência modelo 6010D.

Informações Pertinentes às Atividades Realizadas

Condições Ambientais:
Temperatura no banho de ar: (22,94 \pm 0,11) $^{\circ}\text{C}$
Umidade relativa: (53,0 \pm 1,6) % ur

Resultados e Declaração da Incerteza de Medição

Os resultados da calibração estão contidos na Tabela 2, onde V_m é o valor medido. A incerteza de medição expandida (U) relatada foi declarada como a incerteza padrão combinada multiplicada pelo fator de abrangência k , que, para uma distribuição t , com um número efetivo de graus de liberdade ν_{eff} , corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95,45 %. A incerteza de medição expandida foi relatada de acordo com a publicação Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de medição – GUM 2008.

Corrente Aplicada (mA)	V_m (Ω)	U ($\mu\Omega/\Omega$)	k	ν_{eff}
30	1,000 055 12	0,25	2,00	∞



Gean Marcos Geronymo (Inmetro - Brazil)

Python-based DCC Tools Development and Implementat

February 26th, 2025

18 / 38



Serviço Público Federal
Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024
Número do Certificado

Cliente

Nome: Indústria Brasileira de Componentes Eletrônicos (IBCE)
Endereço: Rua das Indústrias, 1234, Bairro Industrial, Cidade Tecnológica, RJ, CEP 12345-678

Identificação do Item

Item: Resistor Padrão
Fabricante: Fluke
Número de Série: SN-2023-RES-001
Modelo/Tipo: 742A-1
Código de Identificação: RES-100-001

Laboratório Executor

Laboratório Responsável: Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica (Lampe)
Responsável Técnico: Gean Marcos Geronymo / Chefe do Lampe
Técnico Executor: Márcio Cláudio da Silva
Data da Calibração: 10/12/2024

Informações Administrativas

Processo Inmetro: 0052600.005271/2024-53
Data de Emissão: Ver data da assinatura eletrônica presente no certificado

Edson Afonso
Chefe da Divisão de Metrologia Elétrica



Este certificado é consistente com as Capacidades de Medição e Calibração (CMC) que estão incluídas no apêndice C do Acordo de Reconhecimento Mútuo (CIPM MRA) estabelecido pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM). Conforme os termos do CIPM MRA, todos os institutos participantes reconhecem entre si a validade dos seus certificados de calibração e medição para cada uma das grandezas, faixas e incertezas de medição declaradas no SCDB. Para maiores detalhes, ver <http://www.bipm.org/cipm/>.

O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e é válido apenas para o item acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.

Inmetro - Av. Nelson Sombra das Graças, 98 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil - CEP: 25250-020



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024
Número do Certificado

Características do Item

Resistência Nominal: 1 Ω

Rastreabilidade

Os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI), por intermédio dos padrões metroológicos nacionais. As medições realizadas estão referenciadas ao padrão primário de resistência elétrica do Inmetro, baseado na constante de von Klitzing R_K (efeito Hall quântico) e estabelecido através das comparações chave BIPM-EM-K13.a e BIPM-EM-K13.b de 2022. Os padrões utilizados são relacionados na Tabela 1.

TABELA 1 - Padrões Utilizados			
Descrição	Identificação	Certificado	
		Nº/Ano	Origem
Resistor Padrão	Lampe TR 654	DIMCI 0145/2024	Inmetro

Método de Medição

O resultado fornecido refere-se ao valor médio de seis séries de trinta medições pelo método de comparação de corrente na configuração de 04 (quatro) terminais. Utilizou-se uma ponte automática de resistência modelo 6010D.

Informações Pertinentes às Atividades Realizadas

Condições Ambientais:

Temperatura no banho de ar: $(22,94 \pm 0,11) ^\circ\text{C}$
Umidade relativa: $(53,0 \pm 1,6) \% \text{ ur}$

Resultados e Declaração da Incerteza de Medição

Os resultados da calibração estão contidos na Tabela 2, onde V_m é o valor medido. A incerteza de medição expandida (U) relatada foi declarada como a incerteza padrão combinada multiplicada pelo fator de abrangência k , que, para uma distribuição t , com um número efetivo de graus de liberdade ν_{eff} , corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95,45 %. A incerteza de medição expandida foi relatada de acordo com a publicação Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de medição – GUM 2008.

TABELA 2 - Resultados				
Corrente Aplicada (mA)	V_m (Ω)	U ($\mu\Omega/\Omega$)	k	ν_{eff}
30	1,000 055 12	0,25	2,00	∞



Serviço Público Federal
Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024

Número do Certificado

Cliente

Nome:Industria Brasileira de Componentes Eletrônicos (IBCE)

Endereço:Rua das Indústrias, 1234, Bairro Industrial, Cidade Tecnológica, RJ, CEP 12345-678

Identificação do Item

Item:Resistor Padrão

Fabricante:Fluke

Número de Série:SN-2024-RES-001

Modelo/Tipo:742A-1

Código de Identificação:RES-100-001

Laboratório Executor

Laboratório Responsável:Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica (Lampe)

Responsável Técnico:Gean Marcos Geronymo / Chefe do Lampe

Técnico Executor:Marcos Cândido da Silva

Data da Calibração:10/12/2024

Informações Administrativas

Processo Inmetro:0052600.005717/2024-53

Data de Emissão: Ver data da assinatura eletrônica presente no certificado

Edson Afonso

Chefe da Divisão de Metrologia Elétrica

Este certificado é consistente com as Capacidades de Medição e Calibração (CMC) que estão incluídas no apêndice C do Acordo de Reconhecimento Mútuo (CIPM MRA) estabelecido pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM). Conforme os termos do CIPM MRA, todos os institutos participantes reconhecem entre si a validade dos seus certificados de calibração e medição para cada uma das grandezas, faixas e incertezas de medição declaradas no SCDB. Para maiores detalhes, ver <http://www.bipm.org/cipm/mra/>.

O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e é válido apenas para o item acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.

Inmetro – Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias – RJ – Brasil – CEP: 25250-020



Certificado de Calibração

DIMCI 2502/2024

Número do Certificado

Características do Item

Resistência Nominal:1 Ω

Rastreabilidade

Os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI), por intermédio dos padrões metroológicos nacionais. As medições realizadas estão referenciadas ao padrão primário de resistência elétrica do Inmetro, baseado na constante de von Klitzing R_K (efeito Hall quântico) e estabelecido através das comparações chave BIPM-EM-K13.a e BIPM-EM-K13.b de 2022. Os padrões utilizados são relacionados na Tabela 1.

TABELA 1 – Padrões Utilizados

Descrição	Identificação	Certificado	
		Nº/Ano	Origem
Resistor Padrão	Lampe TR 654	DIMCI 0145/2024	Inmetro

Método de Medição

O resultado fornecido refere-se ao valor médio de seis séries de trinta medições pelo método de comparação de corrente na configuração de 04 (quatro) terminais. Utilizou-se uma ponte automática de resistência modelo 6010D.

Informações Pertinentes às Atividades Realizadas

Condições Ambientais:
Temperatura no banho de ar: (22,94 ± 0,11) °C
Umidade relativa: (53,0 ± 1,6) % ur

Resultados e Declaração da Incerteza de Medição

Os resultados da calibração estão contidos na Tabela 2, onde V_m é o valor medido. A incerteza de medição expandida (U) relatada foi declarada como a incerteza padrão combinada multiplicada pelo fator de abrangência k , que, para uma distribuição t , com um número efetivo de graus de liberdade ν_{eff} , corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95,45 %. A incerteza de medição expandida foi relatada de acordo com a publicação Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de medição – GUM 2008.

TABELA 2 – Resultados

Corrente Aplicada (mA)	V_m , (Ω)	U (μΩ/Ω)	k	ν_{eff}
30	1,000 055 12	0,25	2,00	∞

Inmetro – Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias – RJ – Brasil – CEP: 25250-020

Gean Marcos Geronymo (Inmetro - Brazil)

Python-based DCC Tools Development and Implementat

February 26th, 2025

20 / 38

JSON Version of the Calibration Certificate (Part 1)

```
1 {  
2     "nome_lab": "Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica",  
3     "sigla_lab": "Lampe",  
4     "nome_div": "Divisão de Metrologia Elétrica",  
5     "sigla_div": "Diele",  
6     "num_certif": "2502/2024",  
7     "num_processo": "0052600.005271/2024-53",  
8     "tipo_item": "Resistor Padrão",  
9     "fabricante": "Fluke",  
10    "modelo": "742A-1",  
11    "num_serie": "SN-2023-RES-001",  
12    "cod_identificacao": "RES-100-001",  
13    "valor_nominal": "1",  
14    "valnom_unit": "\\metre\\tothe{2}\\kilogram\\second\\tothe{-3}\\ampere\\tothe{2}",  
15    "data_calibracao" : "2024-12-10",  
16    "cmc" : true,  
17    "chefe_div" : "Edson Afonso",  
18    "chefe_lab" : "Gean Marcos Geronimo",  
19    "tecnico_executor" : "Márcio Cândido da Silva",  
20    "desc_tecnico_executor" : "Técnico Executor",  
21    "cliente": {  
22        "nome": "Indústria Brasileira de Componentes Eletrônicos (IBCE)",  
23        "email": "contato@ibce.com.br",  
24        "cidade": "Cidade Tecnológica",
```

Part 1 of the JSON representation of the calibration certificate.

JSON Version of the Calibration Certificate (Part 2)

```
25     "pais": "BR",
26     "cep": "12345-678",
27     "uf": "RJ",
28     "endereco": "Rua das Indústrias",
29     "numero": "1234"
30 },
31 "condicoes_ambientais": [
32     {
33         "name": "Temperatura no banho de ar",
34         "value": "22.94",
35         "unc": "0.11",
36         "unit": "\\degreecelsius"
37     },
38     {
39         "name": "Umidade relativa",
40         "value": "53.0",
41         "unc": "1.6",
42         "unit": "\\percent"
43     }
44 ],
45 "rastreadabilidade": [
46     {
47         "name": "Resistor Padrão",
48         "certificado": "DIMCI 0145/2024",
49         "cod_id": "TR 654"
```

Part 2 of the JSON representation of the calibration certificate.

JSON Version of the Calibration Certificate (Part 3)

```
50     }
51 ],
52 "resultados": [
53     {
54         "value": "1.00005512",
55         "unit": "\\metre\\tothe{2}\\kilogram\\second\\tothe{-3}\\ampere\\tothe{2}",
56         "unc": "0.25",
57         "unctype": "ppm",
58         "k": "2"
59     }
60 ],
61 "condicoes_resultados": [
62     {
63         "name": "Corrente Aplicada",
64         "value": "0.003",
65         "unit": "\\ampere"
66     }
67 ]
68
69
70 }
```

Part 3 of the JSON representation of the calibration certificate.

XML Version of the Calibration Certificate (Part 1)

```
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
2 <dcc:digitalCalibrationCertificate xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
   xmlns:dcc="https://ptb.de/dcc" xmlns:si="https://ptb.de/si" xsi:schemaLocation="https://ptb.de/dcc
   https://ptb.de/dcc/v3.2.0/dcc.xsd" schemaVersion="3.2.0">
3   <dcc:administrativeData>
4     <dcc:dccSoftware>
5       <dcc:software>
6         <dcc:name>
7           <dcc:content>dccGenerator</dcc:content>
8         </dcc:name>
9         <dcc:release>0.2</dcc:release>
10        </dcc:software>
11      </dcc:dccSoftware>
12      <dcc:coreData>
13        <dcc:countryCodeISO3166_1>BR</dcc:countryCodeISO3166_1>
14        <dcc:usedLangCodeISO639_1>pt</dcc:usedLangCodeISO639_1>
15        <dcc:mandatoryLangCodeISO639_1>pt</dcc:mandatoryLangCodeISO639_1>
16        <dcc:uniqueIdentifier>DIMCI 2502/2024</dcc:uniqueIdentifier>
17        <dcc:identifications>
18          <dcc:identification>
19            <dcc:issuer>calibrationLaboratory</dcc:issuer>
20            <dcc:value>0052600.005271/2024-53</dcc:value>
21            <dcc:name>
22              <dcc:content>Processo Inmetro</dcc:content>
23            </dcc:name>
24          </dcc:identification>
25        </dcc:identifications>
26        <dcc:beginPerformanceDate>2024-12-10</dcc:beginPerformanceDate>
27        <dcc:endPerformanceDate>2024-12-10</dcc:endPerformanceDate>
```


XML Version of the Calibration Certificate (Part 2)

```
28     <dcc:performanceLocation>laboratory</dcc:performanceLocation>
29 </dcc:coreData>
30 <dcc:items>
31   <dcc:item>
32     <dcc:name>
33       <dcc:content>Resistor Padrão</dcc:content>
34     </dcc:name>
35     <dcc:manufacturer>
36       <dcc:name>
37         <dcc:content>Fluke</dcc:content>
38       </dcc:name>
39     </dcc:manufacturer>
40     <dcc:model>742A-1</dcc:model>
41     <dcc:identifications>
42       <dcc:identification>
43         <dcc:issuer>manufacturer</dcc:issuer>
44         <dcc:value>SN-2023-RES-001</dcc:value>
45         <dcc:name>
46           <dcc:content>Número de Série</dcc:content>
47         </dcc:name>
48       </dcc:identification>
49       <dcc:identification>
50         <dcc:issuer>customer</dcc:issuer>
51         <dcc:value>RES-100-001</dcc:value>
52         <dcc:name>
53           <dcc:content>Código de Identificação</dcc:content>
54         </dcc:name>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 3)

```
55     </dcc:identification>
56   </dcc:identifications>
57 </dcc:item>
58 </dcc:items>
59 <dcc:calibrationLaboratory>
60   <dcc:contact>
61     <dcc:name>
62       <dcc:content>Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica(Lampe)</dcc:content>
63     </dcc:name>
64     <dcc:eMail>samci@inmetro.gov.br</dcc:eMail>
65     <dcc:phone>+55 21 2679 9077/9010</dcc:phone>
66     <dcc:location>
67       <dcc:city>Xerém - Duque de Caxias</dcc:city>
68       <dcc:countryCode>BR</dcc:countryCode>
69       <dcc:postCode>25250-020</dcc:postCode>
70       <dcc:state>RJ</dcc:state>
71       <dcc:street>Av. Nossa Senhora das Graças</dcc:street>
72       <dcc:streetNo>50</dcc:streetNo>
73     </dcc:location>
74   </dcc:contact>
75 </dcc:calibrationLaboratory>
76 <dcc:respPersons>
77   <dcc:respPerson>
78     <dcc:person>
79       <dcc:name>
80         <dcc:content>Edson Afonso</dcc:content>
81       </dcc:name>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 4)

```
82     </dcc:person>
83     <dcc:role>Chefe da Divisão de Metrologia Elétrica</dcc:role>
84     <dcc:mainSigner>true</dcc:mainSigner>
85 </dcc:respPerson>
86 <dcc:respPerson>
87     <dcc:person>
88         <dcc:name>
89             <dcc:content>Gean Marcos Geronymo</dcc:content>
90         </dcc:name>
91     </dcc:person>
92     <dcc:role>Chefe do Laboratório de Metrologia em Padronização Elétrica</dcc:role>
93 </dcc:respPerson>
94 <dcc:respPerson>
95     <dcc:person>
96         <dcc:name>
97             <dcc:content>Márcio Cândido da Silva</dcc:content>
98         </dcc:name>
99     </dcc:person>
100    <dcc:role>Técnico Executor</dcc:role>
101 </dcc:respPerson>
102 </dcc:respPersons>
103 <dcc:customer>
104     <dcc:name>
105         <dcc:content>Indústria Brasileira de Componentes Eletrônicos (IBCE)</dcc:content>
106     </dcc:name>
107     <dcc:eMail>contato@ibce.com.br</dcc:eMail>
108     <dcc:location>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 5)

```
109     <dcc:city>Cidade Tecnológica</dcc:city>
110     <dcc:countryCode>BR</dcc:countryCode>
111     <dcc:postCode>12345-678</dcc:postCode>
112     <dcc:state>RJ</dcc:state>
113     <dcc:street>Rua das Indústrias</dcc:street>
114     <dcc:streetNo>1234</dcc:streetNo>
115   </dcc:location>
116 </dcc:customer>
117 <dcc:statements>
118   <dcc:statement>
119     <dcc:declaration>
120       <dcc:content>Este certificado é consistente com as Capacidades de Medição e Calibração (CMCs) que
        estão incluídas no apêndice C do Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA) estabelecido pelo Comitê
        Internacional de Pesos e Medidas (CIPM). Conforme os termos do MRA, todos os institutos
        participantes reconhecem entre si a validade dos seus certificados de calibração e medição
        para cada uma das grandezas, faixas e incertezas de medição declaradas no Apêndice C (para
        maiores detalhes ver http://www.bipm.org).</dcc:content>
121     </dcc:declaration>
122   </dcc:statement>
123   <dcc:statement>
124     <dcc:norm>ABNT NBR ISO/IEC 17025</dcc:norm>
125     <dcc:declaration>
126       <dcc:content>O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC
        17025 e é válido apenas para o item acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer
        outros. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral.
        Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.</dcc:content>
127     </dcc:declaration>
128   </dcc:statement>
129   <dcc:statement>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 6)

```
130     <dcc:declaration>
131       <dcc:content>Características do Item</dcc:content>
132     </dcc:declaration>
133     <dcc:data>
134       <dcc:quantity>
135         <dcc:name>
136           <dcc:content>Valor Nominal</dcc:content>
137         </dcc:name>
138         <si:real>
139           <si:value>1</si:value>
140           <si:unit>\metre\tothe{2}\kilogram\second\tothe{-3}\ampere\tothe{2}</si:unit>
141         </si:real>
142       </dcc:quantity>
143     </dcc:data>
144   </dcc:statement>
145 </dcc:statements>
146 </dcc:administrativeData>
147 <dcc:measurementResults>
148   <dcc:measurementResult>
149     <dcc:name>
150       <dcc:content>Resultados e Declaração da Incerteza de Medição</dcc:content>
151     </dcc:name>
152     <dcc:usedMethods>
153       <dcc:usedMethod>
154         <dcc:name>
155           <dcc:content>Declaração da Incerteza de Medição</dcc:content>
156         </dcc:name>
157       <dcc:description>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 7)

```
158      <dcc:content>As incertezas expandidas de medição (U) relatadas são declaradas como a incerteza
      padrão combinada multiplicada pelo fator de abrangência k, que, para uma distribuição t, com
      um número efetivo de graus de liberdade  $\nu_{eff}$ , o qual corresponde a uma probabilidade de
      abrangência de 95,45 %. A incerteza de medição expandida foi relatada de acordo com a
      publicação Avaliação de Dados de Medição - Guia para a Expressão de Incerteza de medição -
      GUM 2008.</dcc:content>
159    </dcc:description>
160  </dcc:usedMethod>
161  <dcc:usedMethod>
162    <dcc:name>
163      <dcc:content>Método de Medição</dcc:content>
164    </dcc:name>
165    <dcc:description>
166      <dcc:content>O resultado fornecido refere-se ao valor médio de seis séries de trinta medições
      pelo método de comparação de corrente na configuração 04 (quatro) terminais. Utilizou-se uma
      Ponte Automática de Resistência modelo 6010D.</dcc:content>
167    </dcc:description>
168  </dcc:usedMethod>
169 </dcc:usedMethods>
170 <dcc:measuringEquipments>
171   <dcc:name>
172     <dcc:content>Os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI),
      por intermédio dos padrões metrológicos nacionais. As medições realizadas estão referenciadas
      aos padrões relacionados.</dcc:content>
173   </dcc:name>
174   <dcc:measuringEquipment>
175     <dcc:name>
176       <dcc:content>Resistor Padrão</dcc:content>
177     </dcc:name>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 8)

```
178     <dcc:certificate>
179       <dcc:referral>
180         <dcc:content>DIMCI 0145/2024</dcc:content>
181       </dcc:referral>
182       <dcc:referralID>TR 654</dcc:referralID>
183       <dcc:procedure>analog</dcc:procedure>
184       <dcc:value>analog</dcc:value>
185     </dcc:certificate>
186   </dcc:measuringEquipment>
187 </dcc:measuringEquipments>
188 <dcc:influenceConditions>
189   <dcc:influenceCondition>
190     <dcc:name>
191       <dcc:content>Temperatura no banho de ar</dcc:content>
192     </dcc:name>
193     <dcc:data>
194       <dcc:quantity>
195         <si:real>
196           <si:value>22.94</si:value>
197           <si:unit>\degreecelsius</si:unit>
198           <si:expandedUnc>
199             <si:uncertainty>0.11</si:uncertainty>
200             <si:coverageFactor>2</si:coverageFactor>
201             <si:coverageProbability>0.9545</si:coverageProbability>
202           </si:expandedUnc>
203         </si:real>
204       </dcc:quantity>
205     </dcc:data>
206   </dcc:influenceCondition>
```

XML Version of the Calibration Certificate (Part 9)

```
207 <dcc:influenceCondition>
208   <dcc:name>
209     <dcc:content>Umidade relativa</dcc:content>
210   </dcc:name>
211   <dcc:data>
212     <dcc:quantity>
213       <si:real>
214         <si:value>53.0</si:value>
215         <si:unit>\percent</si:unit>
216         <si:expandedUnc>
217           <si:uncertainty>1.6</si:uncertainty>
218           <si:coverageFactor>2</si:coverageFactor>
219           <si:coverageProbability>0.9545</si:coverageProbability>
220         </si:expandedUnc>
221       </si:real>
222     </dcc:quantity>
223   </dcc:data>
224 </dcc:influenceCondition>
225 </dcc:influenceConditions>
226 <dcc:results>
227   <dcc:result>
228     <dcc:name>
229       <dcc:content>Resultados</dcc:content>
230     </dcc:name>
231     <dcc:data>
232       <dcc:quantity>
233         <si:real>
234           <si:value>1.00005512</si:value>
```


XML Version of the Calibration Certificate (Part 10)

```
235     <si:unit>\metre\tothe{2}\kilogram\second\tothe{-3}\ampere\tothe{2}</si:unit>
236     <si:expandedUnc>
237       <si:uncertainty>2.50E-07</si:uncertainty>
238       <si:coverageFactor>2</si:coverageFactor>
239       <si:coverageProbability>0.9545</si:coverageProbability>
240     </si:expandedUnc>
241   </si:real>
242   <dcc:influenceConditions>
243     <dcc:influenceCondition>
244       <dcc:name>
245         <dcc:content>Corrente Aplicada</dcc:content>
246       </dcc:name>
247       <dcc:data>
248         <dcc:quantity>
249           <si:real>
250             <si:value>0.003</si:value>
251             <si:unit>\ampere</si:unit>
252           </si:real>
253         </dcc:quantity>
254       </dcc:data>
255     </dcc:influenceCondition>
256   </dcc:influenceConditions>
257 </dcc:quantity>
258 </dcc:data>
259 </dcc:result>
260 </dcc:results>
261 </dcc:measurementResult>
262 </dcc:measurementResults>
263 </dcc:digitalCalibrationCertificate>
```

Example - embedded PDF

```
252         </dcc:quantity>
253     </dcc:data>
254 </dcc:influenceCondition>
255 </dcc:influenceConditions>
256 </dcc:quantity>
257 </dcc:data>
258 </dcc:result>
259 </dcc:results>
260 </dcc:measurementResult>[]
261 </dcc:measurementResults>
262 <dcc:document><dcc:fileName>CC_DIMCI_2502_2024.pdf</dcc:fileName><dcc:mimeType>application/pdf</dc
c:mimeType><dcc:base64>JVBERi0xLjcKJc0kw7zDtsOfCjIgmCBvYmoKPDwvTGvUz3RoIDMgMCBSL0ZpbHRlci9GbGF\
0ZURlY29kZT4+CnN0cmVhbQp4nM0byYr1RvJeXyHwzVBvYkZmSoLiWVtnbPDB44Y5mDk03k23PW5s/PsTW6ZSUuq9avBhaKpaS\
8aSSuEkyvXQ/fX02fHdHz//8PbbP7rTl+en3zvXud75sYtT7P0QuzFAPyboPnz/909Pu1+frrSqAUP/Pvz4dHrz5KPvfeyGYej\
DOHVvvus+u0E3dm9++ObFwSG800/w4F9ccPHwTP8nN7iRH0xye3Qnd5areMAXd5G3z3R1VdibwD+HF3C07j9vvni6vnn6asUEp\
KLHYiKNvV8zAXAw50CVBUAI9AyiIlbCmezN2IMKTHlA+vGHxBSyJFPbCgWHWeEFnRtAMQj0xJfA7B+NnEpBAR2IBGQ9HIU8IeN\
NRl12WTL1VWKGlg3kSTWk0RP/AsGTeL9TWq/7ohtSn0h0cerdRnQTI/R5A8q7i05C/z0bg3R71V0VtgnGmayE8ZvsgJkBFZkjh\
KXPqhWYw0M43ik1V9viJw4LRp0Nz7K5kNC3KcV5mGay8nQfqArcldIQeohdYlmhCc13wZuVs0pYH45sBohJFoubxLQneneiFaM\
7My/AqiVtuStbxh61AGOPXQrj7FLYQcg+BS9KUC+iehT9ngR/kusFbhDc0C3xfvv+CfrQ/WWk//WPJ9c9e1rwvgM39IpevOu+3\
uMPh9lksJuUvdMhvrCyAu9UfJjvFQH4NwmJNq4WRT8REj+fWx0UubMLUu4gC2kDEla16T7TEUsUoDs9DEBSaxJvUZ+w1G5HHcuk\
uYk/DDDKSH64QsEnjInyY47eoiTMPviBzgPUK8kgxSh9mlzGbrhe04jclQPUed8uu72Pnt19wMprnL1znVGLpBla9Q1mD+fI87\
4S8lMElScPl6lBFN5aTe1HvcPhicLe1ME7esmSDx0JHmDcpBNnyBep5aEpCC2a/Gcvg1r1Sawh0x+1iSl1rGhdDv/ml6ahqioi\
```

Cryptographic Signatures

Digital Signatures in DCC

- DCC XML can be digitally signed
- Ensures trust between institute and customer

Common Practice

- Adding digital signatures to XML is common
- Various free tools available

Assinador Serpro

- Free tool by a federal state-owned company in Brazil
- URL: <https://www.serpro.gov.br/links-fixos-superiores/assinador-digital/assinador-serpro>
- Requires a valid digital certificate from a certification authority

Conclusion

Pragmatic Solution

- Efficient DCC handling via cloud-based serverless application
- Tools offer potential for enhancement and customization

Productivity Gains

- Adoption of DCCs eliminates manual transcription tasks
- Improves productivity and reduces errors

Digitalization Benefits

- Seamless integration into calibration workflows
- Supports genuine digitalization of processes

Thank You!

Thank You for Your Attention!

Contact:

G M Geronymo

`gmgeronymo@inmetro.gov.br`



INMETRO