

CARIMBO DA ITAIPU BINACIONAL			
x	APROVADO	RESPONSÁVEIS	
	APROVADO C/ COMENTÁRIOS	BARBADO	MGDM/KLEBER
	NÃO APROVADO		
	CANCELADO		
	INFORMATIVO		
	APTO PARA ASSINATURA	EM CASO DE DOCUMENTO DE CONTRATO, A APROVAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DA SUA COMPLETA RESPONSABILIDADE PELO CUMPRIMENTO DAS OBRIGAÇÕES CONTRATUAIS.	
DATA		27/06/2025	

	DOCUMENTO EMITIDO SOMENTE EM FORMATO DIGITAL CONFIRMAR AUTENTICIDADE PELO SISTEMA DO ARQUIVO TÉCNICO DA ITAIPU BINACIONAL
---	--

Nº	DESCRIÇÃO	REVISOR(ES)	APROVAÇÃO	DATA

REVISÕES



EMISSÃO INICIAL		CASA DE FORÇA ENGENHARIA ELÉTRICA TRANSFORMADORES PRINCIPAIS DAS UNIDADES GERADORAS RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA DE FALHA E INSPEÇÃO PRELIMINAR DO TRANSFORMADOR PRINCIPAL TU-15 FASE B			
ÁREA RESPONSÁVEL					
SMIE.DT					
Divisão de Engenharia de Manutenção Elétrica					
DIRETORIA TÉCNICA					
PROJETO/AUTORIA					
BARBADO					
VERIFICAÇÃO		RELATÓRIO TÉCNICO			
MGDM					
APROVAÇÃO					
KLEBER					
DATA	CONTROLE DO EMITENTE	FORMATO	CÓDIGO DE ITAIPU	PÁGINA	REVISÃO
27/06/2025	-	A4	6330-50-19653-P	1/41	R0

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVO	3
3	HISTÓRICO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	3
4	ANÁLISES REALIZADAS	4
4.1	ANÁLISE DO ENSAIOS CROMATOGRÁFICOS	4
4.1.1	Evolução dos gases combustíveis e comparação com transformadores da mesma família .	4
4.1.2	Método de Dornenburg	8
4.1.3	Método de Rogers	8
4.1.4	Triângulos de Duval	9
4.1.5	Método conforme IEEE.C57.104 (2019)	10
4.1.6	Método IEC 60599	13
4.1.7	Resumo das análises	14
4.2	ANÁLISE DOS DADOS DE MANUTENÇÃO	15
4.2.1	Dados de manutenção periódica	15
4.2.2	Dados de manutenção aperiódica	15
4.3	ANÁLISE DOS DADOS DE OPERAÇÃO DO TRANSFORMADOR	17
5	INSPEÇÃO INTERNA PRELIMINAR DO TRANSFORMADOR.....	20
5.1	DESCRIÇÃO	20
5.2	ANORMALIDADES IDENTIFICADAS	20
6	CONCLUSÃO.....	23
7	PROXIMAS AÇÕES	24
	REFERÊNCIAS.....	25
	ANEXOS	26

1 INTRODUÇÃO

O transformador principal TU, de fabricação BBC e número de série SP-15090, estava instalado na fase B da Unidade Geradora 15, com início de operação 10/03/2007 (após execução de reparo anterior). No dia 04/04/2025, a Engenharia de Manutenção (SMIE.DT) solicitou o desligamento e a substituição do equipamento por outro em caráter de reserva, após identificar um incremento anormal e progressivo dos gases dissolvidos no óleo. O equipamento foi substituído pela divisão SMMT.DT entre os dias 21/04/2025 e 09/05/2025, conforme a Instrução de Desmontagem e Montagem IDM.GE.0108.

Com base nas informações descritas anteriormente, este relatório técnico apresenta o levantamento dos dados do transformador, bem como a análise técnica realizada para embasar a decisão de retirá-lo de operação. Ademais, o documento mostra os resultados obtidos na atividade de inspeção interna preliminar do transformador, realizada entre os dias 05 e 06/06/2025.

2 OBJETIVO

O objetivo deste relatório é descrever a análise técnica realizada pela SMIE.DT com o intuito de subsidiar a tomada de decisão sobre a retirada de operação do transformador BBC com número de série SP-15090.

3 HISTÓRICO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O transformador de fabricação BBC e número de série SP-15090 entrou inicialmente em operação no dia 24/12/1986 na fase B da Unidade Geradora 15. Ele permaneceu nesta condição até setembro/2002, quando a Itaipu solicitou a presença do fabricante ABB para inspecionar a parte ativa, devido a verificação de incremento anormal de gases dissolvidos em óleo. Naquela ocasião, foram identificados blocos de enrolamentos com baixa pressão e elementos de pressão com flutuação (mal contato) em decorrência de falta de aperto, causando o incremento de gases reportado.

O transformador retornou a operar após a atividade, quando em 06/06/2003, a Engenharia de Manutenção SMIE.DT solicitou a substituição do equipamento por outro reserva, após novo incremento de gases, incluindo a presença de acetileno. Após sua retirada, o transformador passou por processo de reparo junto ao fabricante ABB, conforme contrato 7315/2004. Sua recuperação incluiu a substituição completa das chapas de aço silício e isolações do núcleo magnético.

Após o término do reparo mencionado, o transformador foi instalado e comissionado, entrando novamente em operação no dia 10/03/2007 na fase B do TU-15. Desde então, ele passou por plano de manutenção preventiva periódica e acompanhamento através de ensaios cromatográficos e físico-químicos. O transformador contou também com sistema de monitoramento contínuo, que acompanhava variáveis como temperatura, capacitância das buchas e gases dissolvidos em óleo.

No final de abril de 2024, a SMIE.DT emitiu a SSA 202504572 solicitando a instalação do sensor TRANSFIX no transformador, após a verificação de incremento de gases na análise cromatográfica 00179/2024 do dia 16/04/2024, e posteriormente confirmado na análise 00241/2024 do dia 02/05/2024. Ademais, o intervalo entre as análises cromatográficas também foi reduzido, buscando acompanhar a evolução dos gases de forma mais criteriosa durante o período.

Após quase um ano de acompanhamento, o transformador voltou a apresentar evolução anormal de gases dissolvidos, quando em abril de 2025 a SMIE.DT emitiu a SSA 202505272

solicitando a substituição do equipamento por outro em caráter de reserva. A atividade foi realizada entre os dias 21/04 e 09/05/2025, sendo instalado o transformador BBC com nº SP-15107.

4 ANÁLISES REALIZADAS

O presente capítulo descreve as análises técnicas realizadas pela Engenharia de Manutenção SMIE.DT, referentes ao histórico de ensaios em óleo isolante, dados de manutenção e operação do transformador, e que servem como base para a investigação da causa da falha do equipamento.

4.1 ANÁLISE DO ENSAIOS CROMATOGRÁFICOS

Os dados históricos de cromatografia do transformador BBC de número de série SP-15090 foram analisados utilizando as principais ferramentas de análise de DGA já consolidadas na literatura e são apresentadas nos tópicos a seguir. O histórico dos ensaios cromatográficos do transformador investigado encontra-se no Anexo A.

4.1.1 Evolução dos gases combustíveis e comparação com transformadores da mesma família

Para a análise comparativa da evolução dos gases dissolvidos em óleo, foram considerados os dados históricos de cromatografias dos transformadores da mesma família, instalados no TU-15 fases A e C. Eles pertencem ao mesmo fabricante, são de mesmo modelo e entraram em operação em conjunto com o transformador investigado. Para efeitos de comparação entre as análises, foram utilizadas as médias trimestrais dos gases ao longo da operação dos transformadores.

A análise comparativa entre os transformadores da mesma família considerou o período entre 2007 e 2025 e resultou na geração de gráficos para os seguintes parâmetros:

- Total de Gases Combustíveis (TDCG);
- Soma dos hidrocarbonetos CH₄, C₂H₂, C₂H₄ e C₂H₆;
- Evolução individual dos gases combustíveis H₂, CH₄, C₂H₆ e C₂H₄;
- Evolução individual de CO e CO₂.

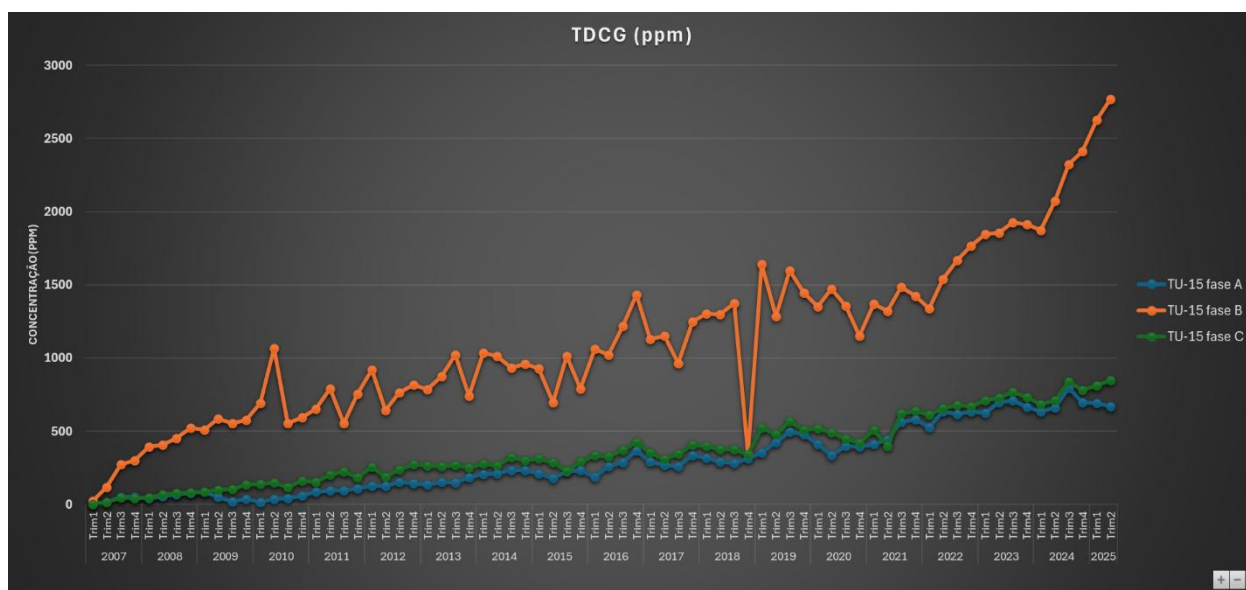


Figura 1 - Evolução do TDCG nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

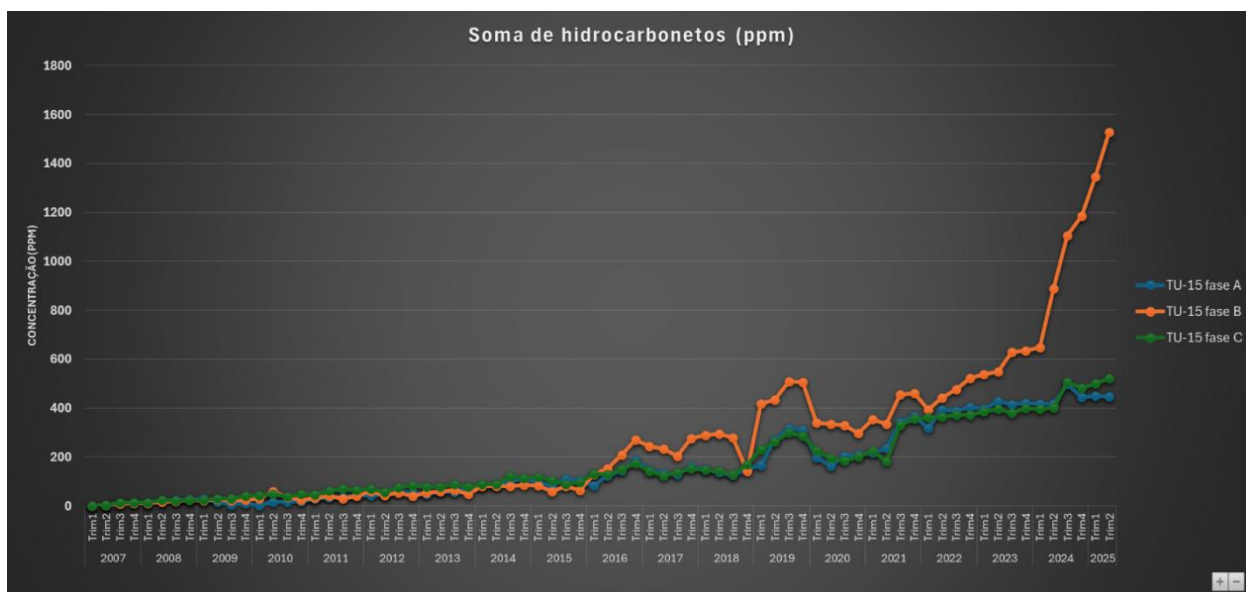


Figura 2 - Evolução do total de hidrocarbonetos nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

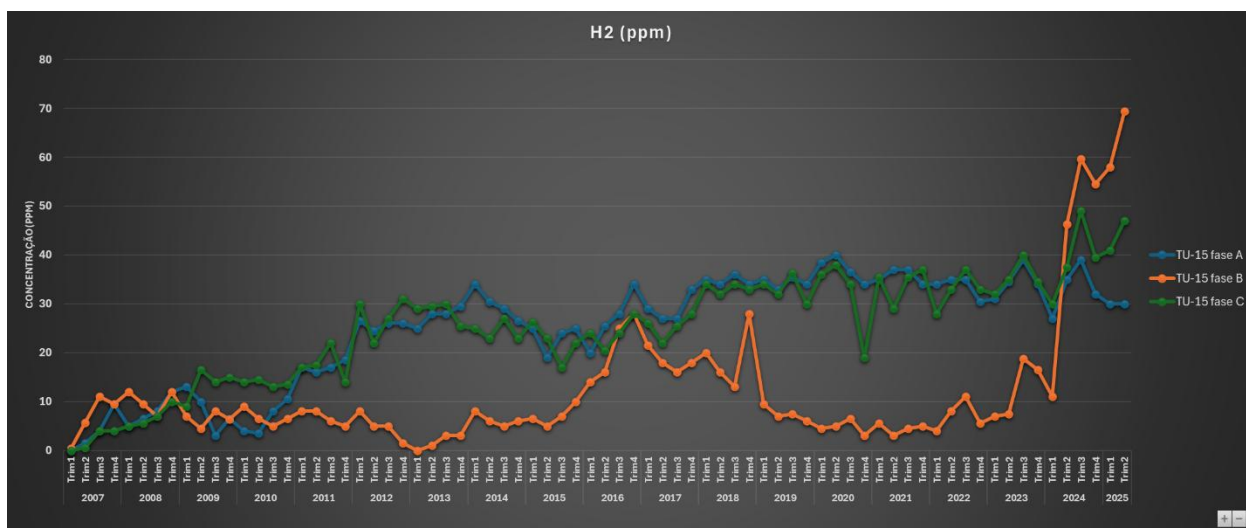


Figura 3 - Evolução do Hidrogênio nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

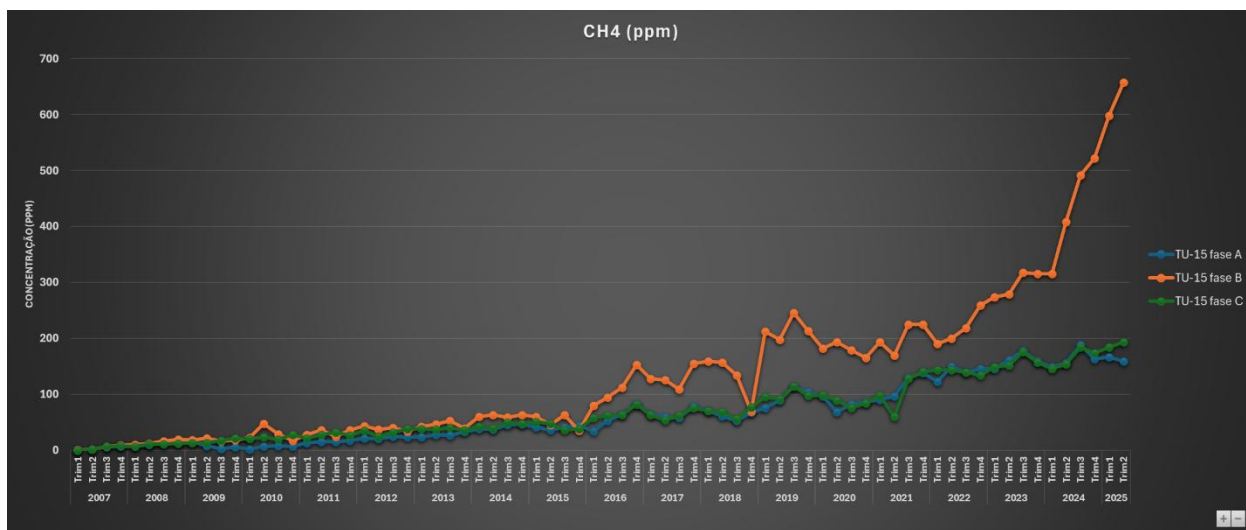


Figura 4 - Evolução do Metano nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

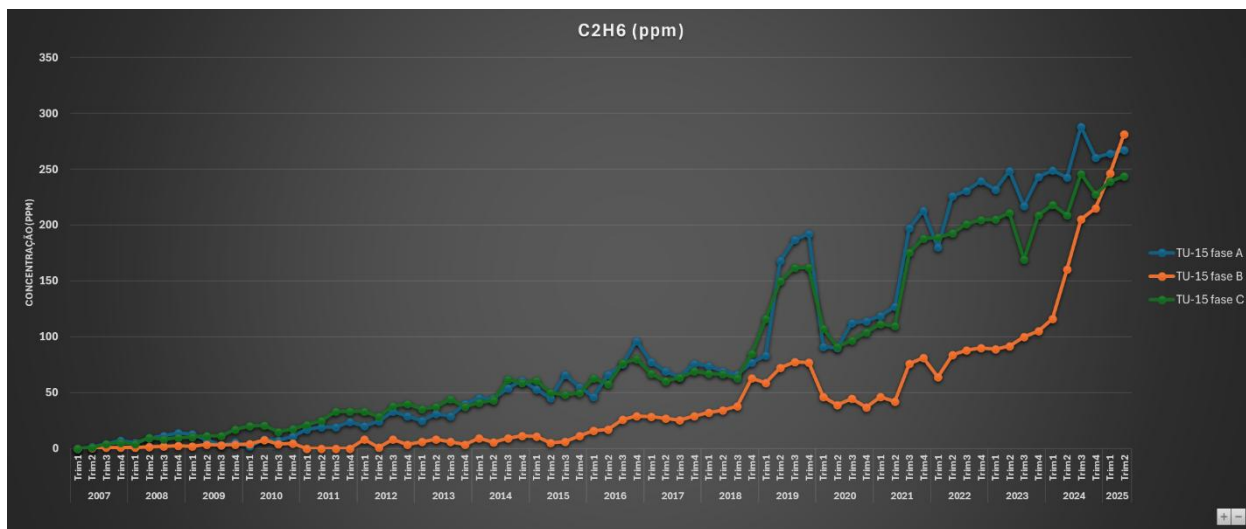


Figura 5 - Evolução do Etano nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

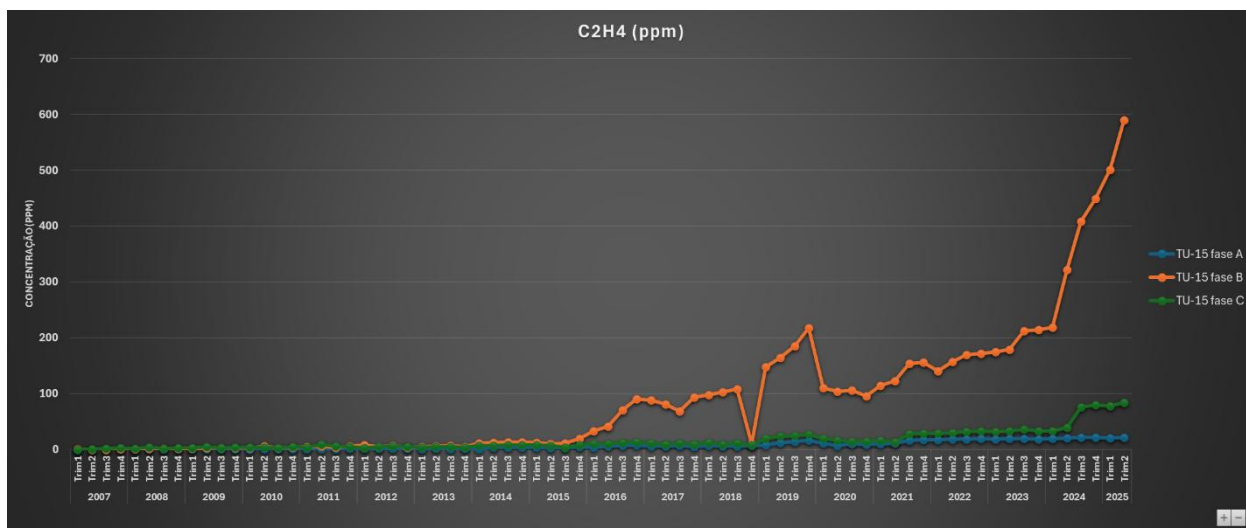


Figura 6 - Evolução do Etileno nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

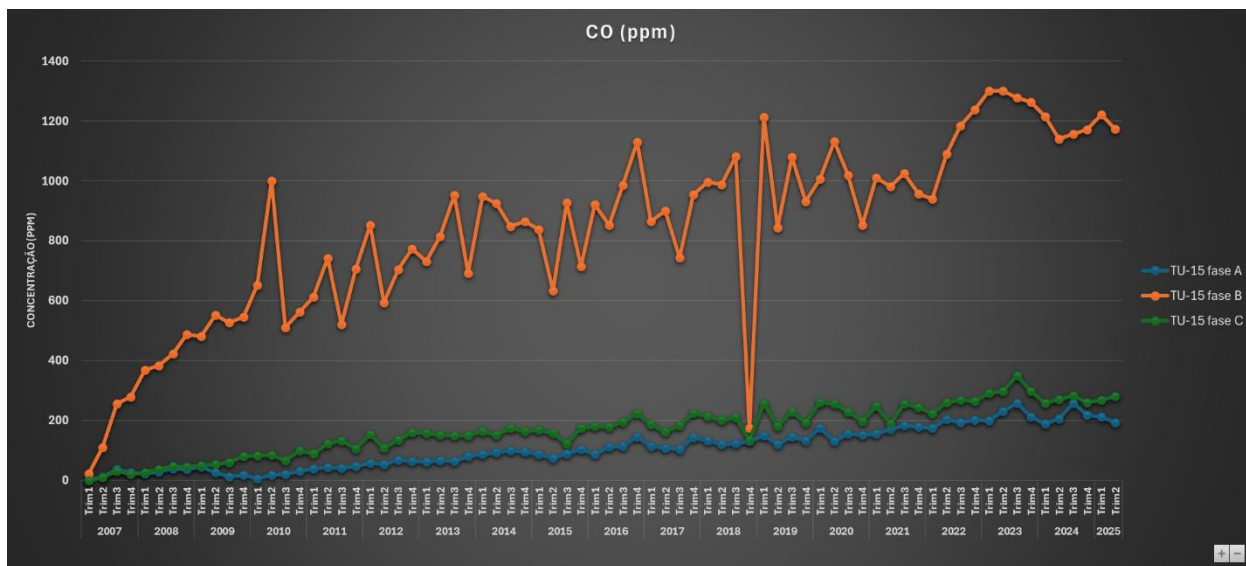


Figura 7 - Evolução do Monóxido de Carbono nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

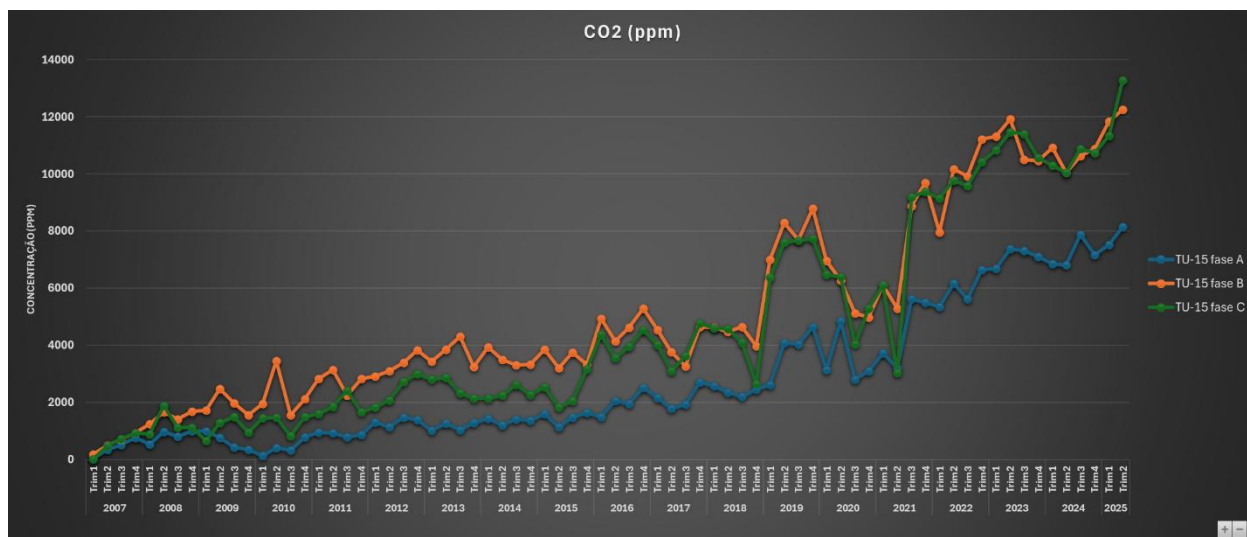


Figura 8 - Evolução do Dióxido de Carbono nos Transformadores Principais da UG-15 entre 2007 e 2025.

A análise dos gráficos das Figuras 1 a 8 permite realizar as seguintes inferências:

- As concentrações do Total de Gases Combustíveis (TDCG) do TU-15 fase B já apresentavam perfil de evolução diferente dos demais transformadores, tendo em vista o incremento de monóxido de carbono já no início de sua operação em 2007;
- As concentrações de hidrocarbonetos foram similares nos três transformadores até o 2º trimestre 2016. Após esse período, o TU-15 fase B começou a apresentar evolução maior, principalmente pelo incremento dos gases metano (CH_4) e etileno (C_2H_4);
- A concentração do gás hidrogênio (H_2) no TU-15 fase B foi menor em relação as outras fases na maior parte do período analisado. A partir do 2º trimestre de 2024 houve uma mudança no comportamento do gás e o TU-15 fase B passou a ter concentração maior que os outros dois transformadores;
- A concentração de Monóxido de Carbono (CO) apresentou comportamento diferente no TU-15 fase B em relação as outras fases, desde o início de sua operação. Verificou-se incremento maior e atípico neste transformador, quando comparados com os outros da mesma família;
- As concentrações de Dióxido de Carbono (CO_2) são crescentes ao longo do tempo para os 3 transformadores de mesma família. Quando comparados com os outros transformadores principais BBC de 60Hz, verifica-se que as concentrações absolutas são similares;

O gráfico do gás acetileno (C_2H_2) não está apresentado na análise, uma vez que todas as fases do TU-15 apresentaram apenas traços de concentração entre 0 e 1 ppm ao longo de sua operação, não sendo consideradas amostras representativas para a análise de evolução.

Verificou-se também que no 4º trimestre de 2018 as concentrações dos gases diminuíram. O histórico de manutenções corretivas e preventivas não apresentou intervenções, tratamentos ou drenagem de óleo do transformador TU-15 fase B neste período. Após consulta no Sistema de Supervisão e Diagnóstico, foi verificado que se tratou de medição de gases irregular por problema analítico (informado pela divisão SMIL.DT na amostra 00054/2019).

Concluída a etapa de avaliação da evolução dos gases dissolvidos, parte-se agora para a aplicação das metodologias e referências normativas nas últimas análises cromatográficas do transformador em investigação.

4.1.2 Método de Dornenburg

O Método de Dornenburg objetiva fornecer um diagnóstico sobre o tipo de falta no transformador em análise, utilizando as razões das concentrações dos gases combustíveis Hidrogênio, Metano, Etano, Etileno e Acetileno. A Tabela 1 abaixo apresenta os diagnósticos do método, baseado nas diversas razões entre os gases combustíveis.

Tabela 1 - Diagnóstico pelo Método de Dornenburg.

Diagnóstico da falta	CH ₄ / H ₂	C ₂ H ₂ / C ₂ H ₄	C ₂ H ₂ / CH ₄	C ₂ H ₆ / C ₂ H ₂
Decomposição térmica	> 1	< 0,75	< 0,3	> 0,4
Corona (DP de baixa intensidade)	< 0,1	-	< 0,3	> 0,4
Arco (DP de alta intensidade)	> 0,1 e < 1	> 0,75	> 0,3	< 0,4

Aplicando as razões nas últimas análises cromatográficas (14/04/2025) do transformador investigado, obtemos os seguintes valores:

- CH₄ / H₂ = 9,696
- C₂H₂ / C₂H₄ = 0,002
- C₂H₂ / CH₄ = 0,001
- C₂H₆ / C₂H₂ = 282

Comparando os resultados com as referências da Tabela 1, pode-se concluir que a falha manifestada no transformador possui característica essencialmente térmica.

4.1.3 Método de Rogers

O Método de Rogers também opera com diagnósticos sugeridos, baseado nas razões entre os principais gases combustíveis em óleo. A Tabela 2 a seguir ilustra os diagnósticos propostos pelo método.

Tabela 2 - Diagnóstico pelo Método de Rogers.

Caso	C ₂ H ₂ / C ₂ H ₄	CH ₄ / H ₂	C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆	Diagnóstico
0	< 0,1	0,1 a 1,0	< 1,0	Unidade normal
1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	Descargas de baixa energia
2	0,1 a 3,0	0,1 a 1,0	> 3,0	Arco – Descargas de alta energia
3	< 0,1	0,1 a 1,0	1,0 a 3,0	Falha térmica de baixa temperatura (até 300°C)
4	< 0,1	> 1,0	1,0 a 3,0	Falha térmica entre 300°C e 700°C
5	< 0,1	> 1,0	> 3,0	Falha térmica acima de 700°C

Aplicando as razões nas últimas análises cromatográficas (29/06/2023) do transformador investigado, obtemos os seguintes valores:

- C₂H₂ / C₂H₄ = 0,002
- CH₄ / H₂ = 9,696
- C₂H₄ / C₂H₆ = 2,103

Comparando os resultados com as referências da Tabela 2, pode-se concluir que o diagnóstico de Rogers sugere que a falha é de característica térmica, com temperatura entre 300 °C e 700 °C.

4.1.4 Triângulos de Duval

As Figuras 9, 10 e 11 a seguir mostram a aplicação dos Triângulos de Duval 1, 4, 5 para a análise cromatográfica mais recente do transformador. Como o Triângulo 1 resultou em diagnóstico T2, logo a aplicação dos Triângulos 4 e 5 é válida para obter diagnóstico complementar. Como é possível notar nos gráficos, ambos resultaram em diagnóstico tipo C (falha com carbonização do papel).

Triângulo de Duval 1

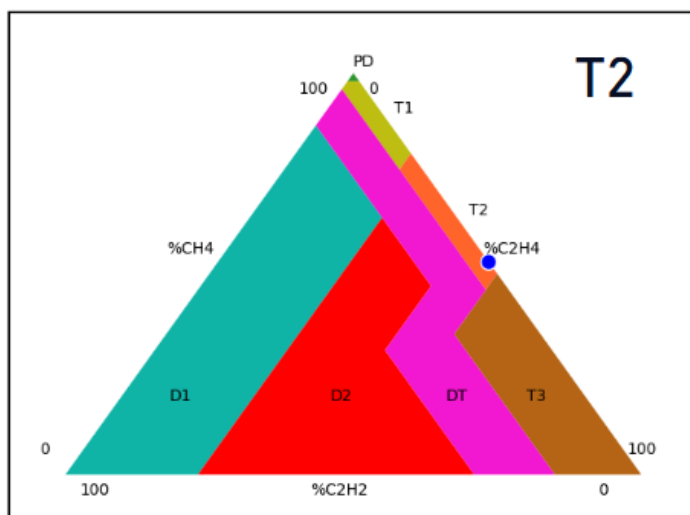


Figura 9 – Aplicação do Triângulo de Duval 1 (clássico).

Triângulo de Duval 4

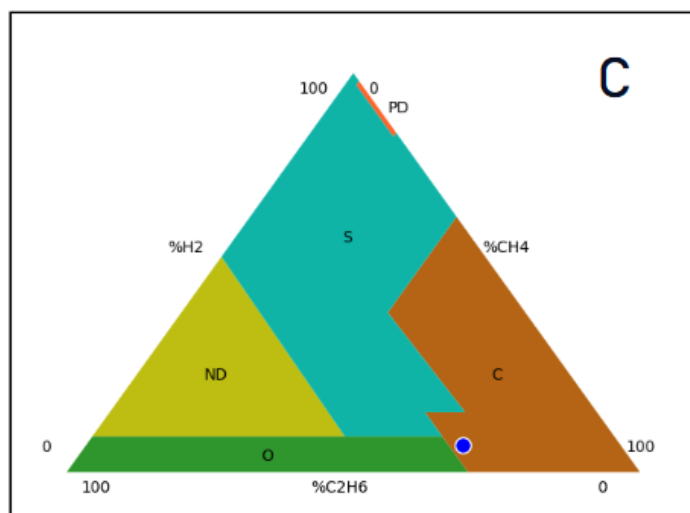


Figura 10 - Aplicação do Triângulo de Duval 4.

Triângulo de Duval 5

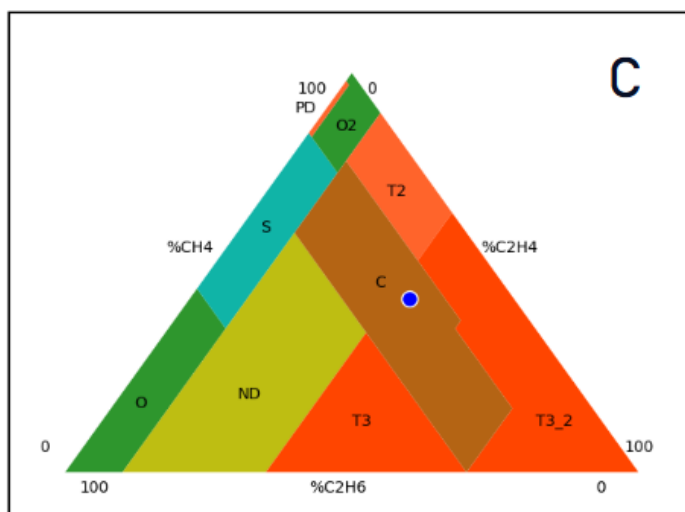


Figura 11 – Aplicação do Triângulo de Duval 5.

Os principais métodos como os triângulos e pentágonos de Duval permitem concluir que a provável falha é de característica essencialmente térmica (sobreaquecimento), envolvendo carbonização do papel isolante. Conforme a Brochura Técnica 771 (2019) do CIGRÉ, o principal gás combustível formado para esta condição é o etileno (C_2H_4). Para este caso, o estudo afirma que a falha térmica pode se manifestar em três regiões do transformador:

- Sobreaquecimento e carbonização nas conexões/cabos de saída dos enrolamentos do transformador;
- Sobreaquecimento e carbonização na camada externa dos enrolamentos do transformador;
- Sobreaquecimento e carbonização entre espiras dos enrolamentos.

A Brochura menciona também que faltas ou estresses do tipo T2 com $T > 300^\circ C$ podem produzir carbonização C do papel, resultando em perda de suas propriedades de isolamento elétrica, possivelmente causando ruptura dielétrica e falha. Ela recomenda também a análise do gás Monóxido de Carbono (CO) para complementar o diagnóstico.

4.1.5 Método conforme IEEE.C57.104 (2019)

Outro método aplicado para interpretação dos dados de DGA do transformador foi o recomendado pela norma internacional IEEE.C57.104 (2019). Ela classifica os resultados em 3 grupos distintos, baseado em suas tabelas de referência e conforme fluxo de decisão definido no próprio documento e mostrado Figura 12 abaixo. Os grupos definidos pela norma são:

- **DGA Status 1** – Concentração de gases baixa e sem indicação de geração de gases (DGA normal)
- **DGA Status 2** – Concentração de gases intermediária e/ou possível geração de gases (DGA possivelmente suspeito)
- **DGA Status 3** – Concentração de gases alta e/ou provável geração ativa de gases (DGA provavelmente suspeito)

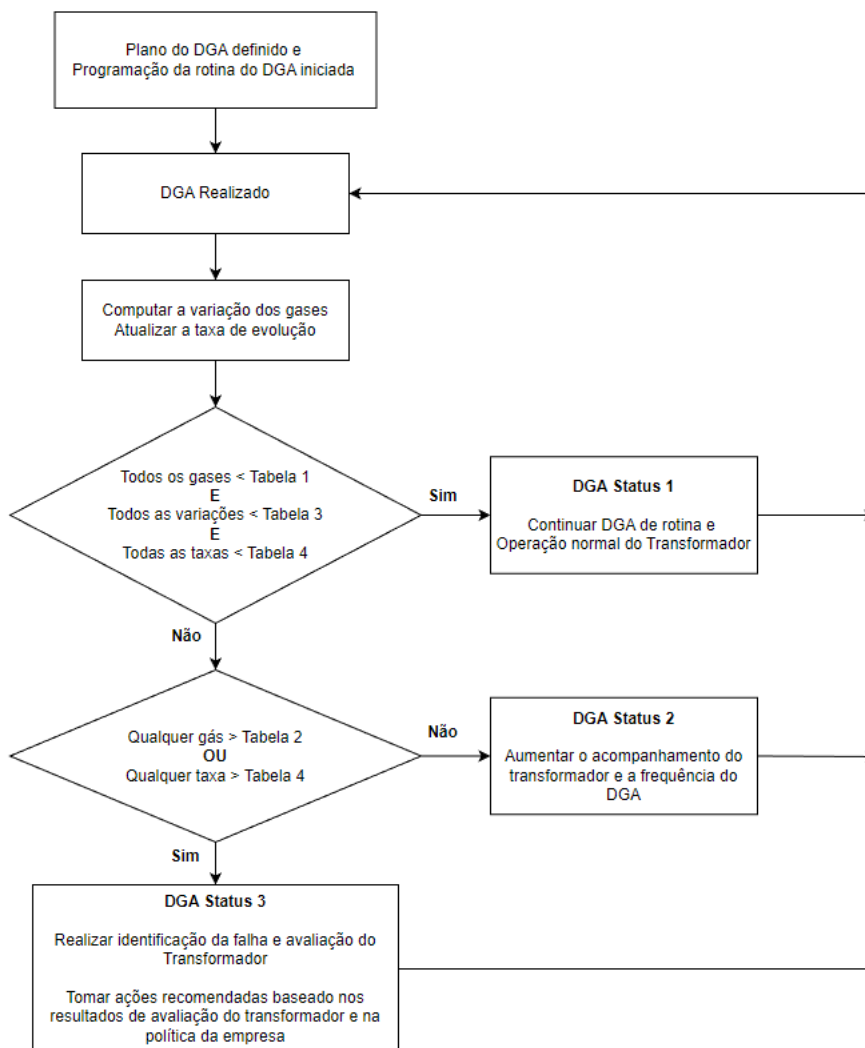


Figura 12 - Fluxo de avaliação e classificação do DGA, conforme norma IEEE.C57.104 (2019).

As tabelas de referência da norma para aplicação no fluxo de avaliação estão apresentadas nas Figuras 13, 14, 15 e 16 a seguir.

Table 1—90th percentile gas concentrations as a function of O₂/N₂ ratio and age in µL/L (ppm)

		O ₂ /N ₂ Ratio ≤ 0.2				O ₂ /N ₂ Ratio > 0.2			
		Transformer Age in Years				Transformer Age in Years			
		Unknown	1 – 9	10 – 30	>30	Unknown	1 – 9	10 – 30	>30
Gas	Hydrogen (H ₂)	80	75		100	40	40		
	Methane (CH ₄)	90	45	90	110	20	20		
	Ethane (C ₂ H ₆)	90	30	90	150	15	15		
	Ethylene (C ₂ H ₄)	50	20	50	90	50	25	60	
	Acetylene (C ₂ H ₂)	1	1			2	2		
	Carbon monoxide (CO)	900	900			500	500		
	Carbon dioxide (CO ₂)	9000	5000	10000		5000	3500	5500	

NOTE—During the data analysis, it was determined that voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit did not contribute in significant way to the determination of values provided in Table 1.

Figura 13 – Tabela de referência 1 da norma IEEE.C57.104 (2019).

Table 2—95th percentile gas concentrations as a function of O₂/N₂ and age in µL/L (ppm)

		O ₂ /N ₂ Ratio ≤ 0.2				O ₂ /N ₂ Ratio > 0.2			
		Transformer Age in Years				Transformer Age in Years			
		Unknown	1 – 9	10 – 30	>30	Unknown	1 – 9	10 – 30	>30
Gas	Hydrogen (H ₂)	200	200			90	90		
	Methane (CH ₄)	150	100	150	200	50	60		30
	Ethane (C ₂ H ₆)	175	70	175	250	40	30	40	
	Ethylene (C ₂ H ₄)	100	40	95	175	100	80	125	
	Acetylene (C ₂ H ₂)	2	2		4	7	7		
	Carbon monoxide (CO)	1100	1100			600	600		
	Carbon dioxide (CO ₂)	12500	7000	14000		7000	5000	8000	

NOTE—During the data analysis, it was determined that voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit did not contribute in significant way to the determination of values provided in Table 2

Figura 14 - Tabela de referência 2 da norma IEEE.C57.104 (2019).

Table 3— 95th percentile values for absolute level change between successive laboratory DGA samples in µL/L (ppm)

		Maximum µL/L (ppm) variation between consecutive laboratory DGA samples	
		O ₂ /N ₂ Ratio ≤ 0.2	O ₂ /N ₂ Ratio > 0.2
Gas	Hydrogen (H ₂)	40	25
	Methane (CH ₄)	30	10
	Ethane (C ₂ H ₆)	25	7
	Ethylene (C ₂ H ₄)	20	
	Acetylene (C ₂ H ₂)	Any Increase	
	Carbon monoxide (CO)	250	175
	Carbon dioxide (CO ₂)	2500	1750

NOTE—Contribution of voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit was not studied for Table 3 as they have not been retained for Table 1 and Table 2. Data was insufficient to study age influence.

Figura 15 - Tabela de referência 3 da norma IEEE.C57.104 (2019).

Table 4—95th percentile values from multi-points (3-6 points) rate analysis of laboratory DGA samples with all gas levels below Table 1 values, in $\mu\text{L/L/year}$ (ppm/year)

		Maximum $\mu\text{L/L/year}$ (ppm/year) rate in function of the period between first and last point of the laboratory DGA series (3 to 6 samples)			
		O_2/N_2 Ratio ≤ 0.2		O_2/N_2 Ratio > 0.2	
		Period between first and last point of the series			
		4-9 Months	10-24 Months	4-9 Months	10-24 Months
Gas	Hydrogen (H_2)	50	20	25	10
	Methane (CH_4)	15	10	4	3
	Ethane (C_2H_6)	15	9	3	2
	Ethylene (C_2H_4)	10	7	7	5
	Acetylene (C_2H_2)	Any increasing rate		Any increasing rate	
	Carbon monoxide (CO)	200	100	100	80
	Carbon dioxide (CO_2)	1750	1000	1000	800
NOTE—Contribution of voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit was not studied for Table 4 as they have not been retained for Table 1 and Table 2. Data was insufficient to study age influence.					

Figura 16 - Tabela de referência 4 da norma IEEE.C57.104 (2019).

Aplicando o fluxo de avaliação da norma IEEE.C57.104 nos últimos ensaios cromatográficos do transformador BBC com nº de série SP-15090, conclui-se que o equipamento se encontra no DGA Status 3. Neste caso, a norma recomenda uma investigação para identificação da falha e avaliação da condição do transformador, baseando-se também na política interna da empresa.

4.1.6 Método IEC 60599

A norma IEC 60599 (2022) apresenta como ferramenta de interpretação a realização de cálculos das razões entre as concentrações dos principais gases dissolvidos, de forma similar aos métodos de Dornenburg e Rogers. A Figura 17 apresenta a tabela de interpretação utilizada pela norma para avaliação das características de falha.

Aplicando as razões nas últimas análises cromatográficas (29/06/2023) do transformador investigado, obtemos os seguintes valores:

- $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4 = 0,002$
- $\text{CH}_4 / \text{H}_2 = 9,696$
- $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6 = 2,103$

Comparando os resultados com as referências da Tabela da norma IEC 60599, conclui-se que o diagnóstico é do tipo T2, indicando que a falha é de característica térmica, com temperatura entre 300 °C e 700 °C.

Case	Characteristic fault	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$
PD	Partial discharges (see Notes 3 and 4)	NS ^a	< 0,1	< 0,2
D1	Discharges of low energy	> 1	0,1 to 0,5	> 1
D2	Discharges of high energy	0,6 to 2,5	0,1 to 1	> 2
T1	Thermal fault $t < 300$ °C	NS ^a	> 1 but NS ^a	< 1
T2	Thermal fault 300 °C < $t < 700$ °C	< 0,1	> 1	1 to 4
T3	Thermal fault $t > 700$ °C	< 0,2 ^b	> 1	> 4

NOTE 1 In some countries, the ratio C_2H_2/C_2H_6 is used, rather than the ratio CH_4/H_2 . Also in some countries, slightly different ratio limits are used.

NOTE 2 Conditions for calculating gas ratios are indicated in 6.1 c).

NOTE 3 $CH_4/H_2 < 0,2$ for partial discharges in instrument transformers. $CH_4/H_2 < 0,07$ for partial discharges in bushings.

NOTE 4 Gas decomposition patterns similar to partial discharges have been reported as a result of stray gassing of oil (see 4.3).

^a NS = Non-significant whatever the value.

^b An increasing value of the amount of C_2H_2 can indicate that the hot spot temperature is higher than 1 000 °C.

Figura 17 - Tabela de interpretação da norma IEC 60599 (2022).

4.1.7 Resumo das análises

A Tabela 3 a seguir mostra um resumo dos principais métodos aplicados e os correspondentes diagnósticos gerados por cada um.

Tabela 3 – Métodos de Análise de DGA aplicados nos últimos dados de cromatografia do transformador.

Método aplicado	Resultado obtido	Diagnóstico
Dornenburg	T	Decomposição térmica
Rogers	T2	Falha térmica entre 300°C e 700°C
Triângulo de Duval 1	T2	Falha térmica entre 300°C e 700°C
Triângulo de Duval 4	C	Falha com carbonização de papel
Triângulo de Duval 5	C	Falha com carbonização de papel
IEEE.C57.104	DGA Status 3	Concentração de gases alta e/ou provável geração ativa de gases
IEC 60599 (2022)	T2	Falha térmica entre 300°C e 700°C

4.2 ANÁLISE DOS DADOS DE MANUTENÇÃO

Os dados de manutenção periódica e aperiódica do transformador TU-15 fase B foram extraídos dos sistemas SMP e SMA e serão analisados nos itens 4.2.1 e 4.2.2 a seguir.

4.2.1 Dados de manutenção periódica

As Tabelas 4 e 5 a seguir apresentam os últimos registros de manutenção periódica do transformador. Foram analisados os dados históricos dos principais ensaios no transformador e na bucha de alta tensão H1 (550kV).

Tabela 4 - Ensaios de Manutenção Preventiva do TU-15 fase B.

SSP		20154081A	20181004A	20210871A	20243034
Periodicidade		3A	3A	3A	3A
PIC		001EQ29	001EQ29	001EQ29	PIC.EQ.0265
Temperatura do óleo		25	35	30	34
Transformador	Fator de potência (%)	0,230	0,222	0,224	0,209
	Resistência de isolamento AT x (BT + Massa) (MΩ)	968000	59500	55000	34800
	Resistência ôhmica AT, corrigo a 75°C	0,345	0,325	0,332	0,328

Tabela 5 - Ensaios de Manutenção Preventiva da bucha H1 do TU-15 fase B.

SSP		20210871A	20215058A	20224180	20230265	20243034	20243035
Periodicidade		3A	9M	3S	9M	3A	9M
PIC		001EQ29	001EQ29	PIC.EQ.0265	PIC.EQ.0265	PIC.EQ.0265	PIC.EQ.0265
Temperatura do óleo		30	30	22	30	34	36
Bucha H1	Fator de potência (%)	0,32	0,31	0,380	0,369	0,302	0,311
	Cap C1 (pF)	400,48	400,79	398,43	398,93	401,61	400,50
	CapC2 (pF)	20399	20404,84	20297,23	20332,85	20449,12	20409,55
	Resistência de isolamento (MΩ)	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000

A partir da análise do histórico de manutenção e das referências técnicas do equipamento (planilha de comissionamento e manuais), não foram evidenciadas anormalidades durante todo o período de operação do transformador. Todos os ensaios elétricos apresentaram resultados satisfatórios.

4.2.2 Dados de manutenção aperiódica

O histórico de manutenções aperiódicas do transformador está apresentado no Anexo B deste documento. Os dados foram analisados, buscando relacionar com eventos onde as cromatografias do transformador apresentaram variação atípica, conforme apresentado no item 4.1.1 deste documento. Os principais eventos verificados são apresentados a seguir:

a) 3º trimestre de 2015

O transformador foi preenchido com 1500 litros de óleo isolante novo tratado, após indicação de baixo nível de óleo, conforme SSA 201506800A.

b) 3º trimestre de 2023

A SMIE.DT emitiu a SSA 202313900 para a realização de análises cromatográficas semanais durante 1 mês, tendo em vista os resultados dos últimos ensaios.

c) 2º trimestre de 2024

Após detecção de incremento dos gases dissolvidos nas análises cromatográficas, a SMIE.DT solicitou a instalação do equipamento TRANSFIX no transformador, através das SSA 202406494. Em paralelo, a SMIE.DT emitiu a SSA 202406582 para realização de análises cromatográficas semanais durante um período de 30 dias.

d) 3º trimestre de 2024

A SMIE.DT emitiu a SSA 202409416 solicitando a parametrização de alarmes do sensor TRANSFIX instalado no Transformador TU-15 fase B.

e) 4º trimestre de 2024

A SMIE.DT emitiu SSA 202418750 para a realização de coleta de dados do sensor TRANSFIX, após a atuação de alarme 1 (CAUTION) no equipamento. Foi verificado que o alarme foi acionado por incremento do gás metano (CH₄). Após a análise, foi emitida a SSA 202419095 para ajuste dos parâmetros de alarme 2 do equipamento TRANSFIX.

f) 1º trimestre de 2025

Tendo em vista a evolução de gases verificada nos ensaios, a SMIE.DT emitiu a SSA 202502350 solicitando a realização de análises cromatográficas quinzenais durante um período de 60 dias.

g) 2º trimestre de 2025

Considerando a análise dos últimos ensaios cromatográficos e aparecimento de traços de acetileno (C₂H₂), a SMIE.DT emitiu a SSA 202504878 solicitando análises cromatográficas diárias no transformador. Posteriormente foi emitida a SSA 202505269 solicitando a troca do equipamento por outro reserva.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS DE OPERAÇÃO DO TRANSFORMADOR

Os dados de operação do transformador TU-15 fase B foram extraídos do sistema PI Vision e do Sistema de Monitoramento de Transformadores (SMT). Foram considerados para a análise os parâmetros de temperatura do óleo e corrente de carga do transformador. Além disso, foi realizada análise comparativa com os dados de operação dos transformadores das fases A e C.

O gráfico da Figura 18 mostra o histórico das temperaturas de topo de óleo do transformador TU-15 fase B entre abril/2023 e abril/2025. É possível notar que o equipamento operava dentro dos critérios estabelecidos pelo fabricante, o qual estipula temperatura de alarme para o óleo em 90 °C.

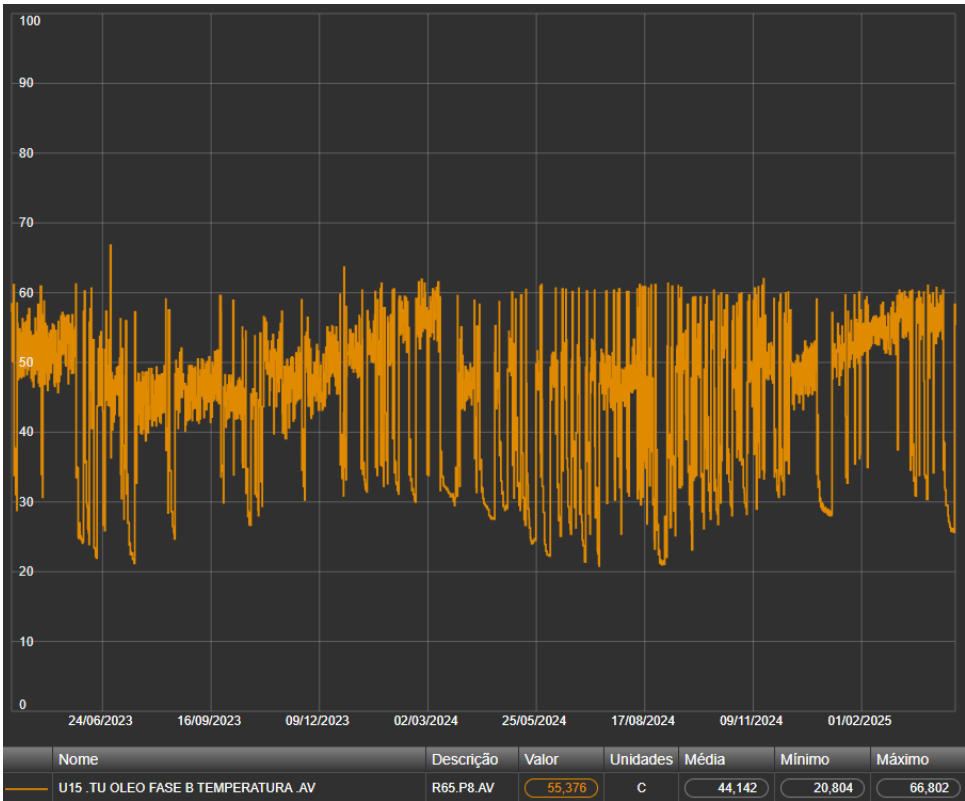


Figura 18 – Temperatura de topo de óleo do Transformador TU-15 fase B entre 2023 e 2025.

Para efeitos comparativos, foi gerado também o gráfico com as temperaturas de topo de óleo nas três fases do TU-15, conforme Figura 19 a seguir. É possível observar que o comportamento é similar em todos os transformadores, incluindo as temperaturas médias, mínimas e máximas no período analisado. O mesmo perfil foi observado nas temperaturas de enrolamento das três fases, conforme mostrado na Figuras 20.

Analisando o perfil de carregamento do TU-15 fase B, é possível verificar na Figura 21 que sua corrente de carga se sobrepõe as correntes dos transformadores das fases A e C. Além disso, verifica-se que a corrente máxima no período analisado permanece abaixo da corrente nominal de placa de 845 A no lado de alta tensão.

Com bases nas análises realizadas, é possível concluir que, em questões operacionais, o transformador TU-15 fase B operou dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante, respeitando os critérios de temperatura e corrente máximos admissíveis.

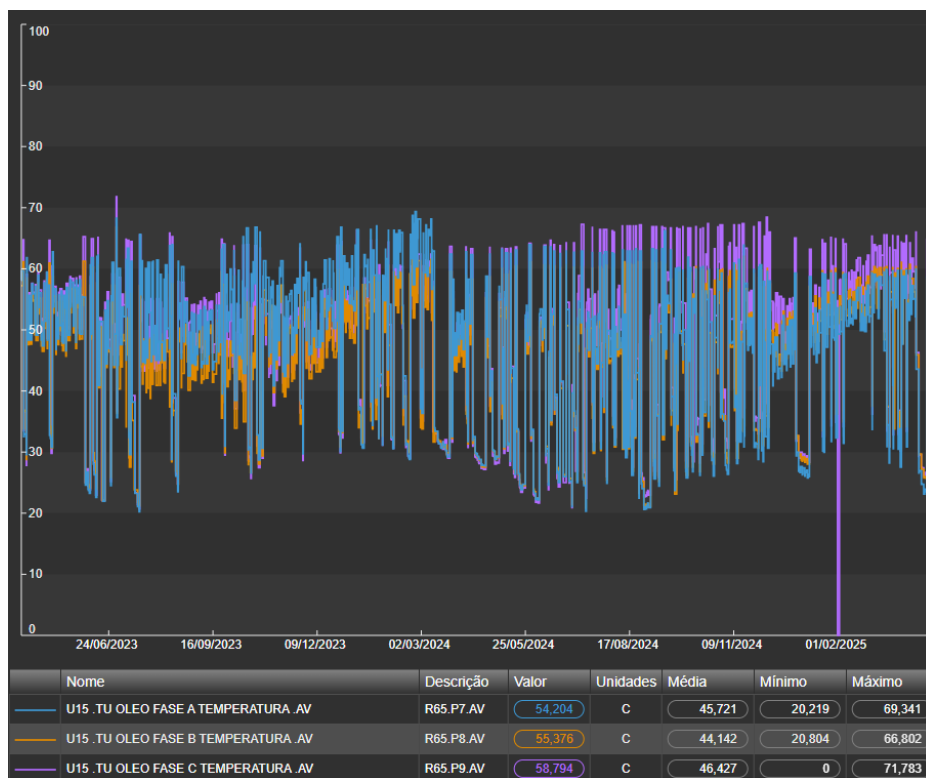


Figura 19 - Temperatura de topo de óleo das 3 fases do TU-15 entre 2023 e 2025.



Figura 20 - Temperatura de enrolamento das 3 fases do TU-15 entre 2023 e 2025.

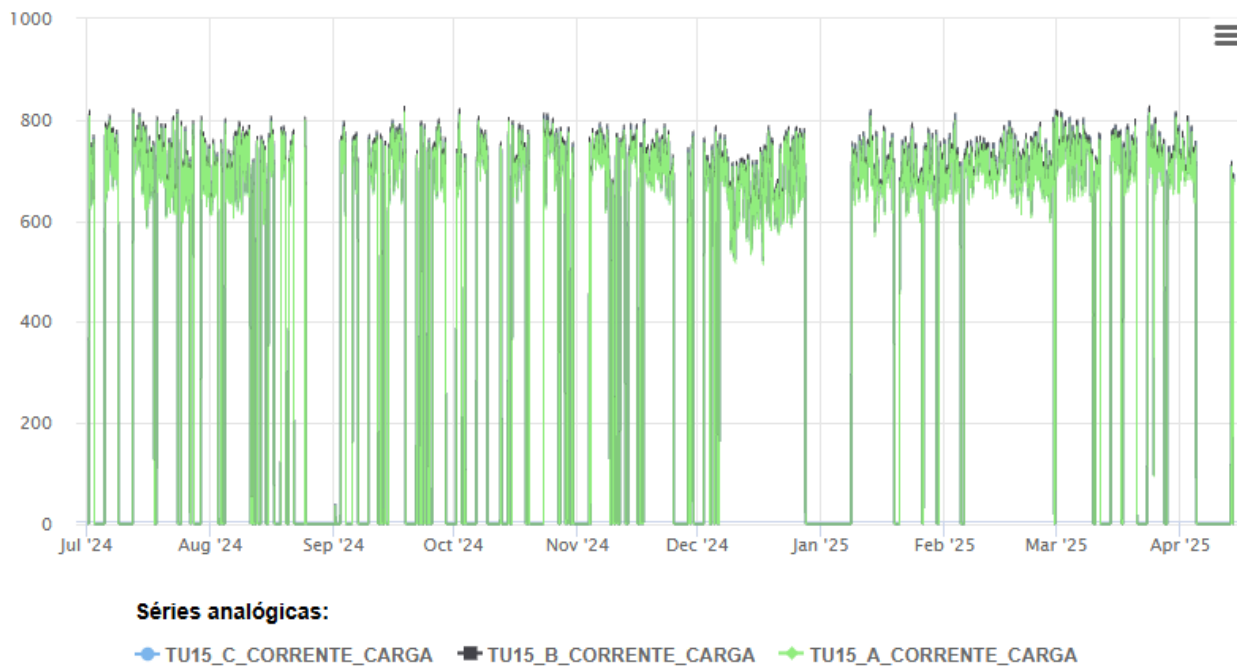


Figura 21 - Corrente de carga das 3 fases do TU-15 entre 2024 e 2025.

5 INSPEÇÃO INTERNA PRELIMINAR DO TRANSFORMADOR

5.1 DESCRIÇÃO

Após sua retirada do TU-15 fase B, o transformador BBC SP-15090 foi movimentado pela Galeria dos Transformadores até o poço de contenção próximo ao TU-01 fase R. A seguradora e o fabricante do equipamento foram informados por Itaipu sobre a ocorrência da troca, sendo agendada uma inspeção interna no transformador entre os dias 05 e 06/06/2025.

A atividade foi realizada pelo perito da seguradora e por empregados do fabricante (Hitachi Energy) na Galeria dos Transformadores. Além da inspeção visual dos componentes internos, foram executadas também as seguintes atividades:

- Retirada da bucha de alta tensão H1 para inspeção.
- Ensaio de isolamento CC entre núcleo, armadura e tanque.
- Ensaio de isolamento entre blindagens magnéticas de parede e o tanque principal.

Ao término das atividades, foi gerada a ata de reunião AR/SMI.DT/0038/2025. O transformador foi normalizado posteriormente para a conservação dos componentes internos até a execução do processo de reparo.

5.2 ANORMALIDADES IDENTIFICADAS

A inspeção interna preliminar resultou na identificação das seguintes anormalidades no transformador:

- a) Baixa isolamento (curto) entre as blindagens da parede lateral associada a bucha de X1.

Durante a execução dos ensaios de isolamento CC entre as blindagens magnéticas de parede e o tanque, verificou-se que a blindagem da parede lateral próxima a bucha de X1 estava em curto com tanque principal do transformador, indicando que os elementos que garantem sua isolamento elétrica estão comprometidos.



Figura 22 – Inspeção e realização de ensaio de isolamento nas blindagens de parede.

b) Deslocamento de cilindros isolantes externos dos enrolamentos de alta tensão

Durante a inspeção interna do transformador, foi observado o deslocamento de cilindros isolantes externos de presspan e dos espaçadores responsáveis pela fixação desses componentes. Além dessa movimentação, foram observados cortes e rasgos em alguns cilindros, conforme apresentado nas fotos da Figura 23 a seguir.



Figura 23 - Deslocamento de cilindros isolantes externos.

c) Deslocamento do cilindro direcionador de óleo e guias de óleo superiores do enrolamento de alta tensão (lado da bucha de X2).

Além dos cilindros externos, foi constatado também o deslocamento do cilindro interno responsável pelo direcionamento do óleo isolante nos enrolamentos e das guias superiores do enrolamento de alta tensão. Estes componentes são responsáveis pelo fluxo dirigido de óleo no processo de refrigeração do transformador.



Figura 24 - Deslocamento do cilindro direcionador e das guias de óleo.

d) Escurecimento de elementos de pressão das bobinas.

A inspeção identificou sinais de escurecimento em elementos de pressão das bobinas, conforme apresentado nas fotos da Figura 25 a seguir. Estes sinais refletem possível queima de óleo isolante nestes componentes, devido a mau contato/flutuação.



Figura 25 - Elementos de pressão das bobinas escurecidos.

e) Partículas metálicas no fundo do tanque

A inspeção identificou presença de particulado no fundo do tanque principal do transformador conforme apresentado na Figura 26. O material foi coletado e enviado para análise através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), com a finalidade de obter sua morfologia e composição (SSA 202508903). O relatório da análise encontra-se no Anexo C.



Figura 26 – Material particulado localizado no fundo do tanque do transformador.

6 CONCLUSÃO

Com base nas análises e informações apresentadas no presente parecer, e seguindo as referências técnicas normativas e na literatura sobre transformadores, conclui-se que o transformador BBC com nº de série SP-15090 retirado da fase B do TU-15 em 21 de abril de 2025 apresentou uma falha interna do tipo térmica, com temperatura de falha entre 300°C e 700°C e possível carbonização de papel isolante.

A avaliação dos dados de manutenções periódicas mostrou que todos os ensaios do transformador e da bucha de alta tensão apresentaram resultados satisfatórios durante toda a operação. No banco de dados das manutenções aperiódicas, foram relatados eventos pontuais referentes a evolução de gases, e que estiveram em investigação pela SMIE.DT.

A análise dos dados de operação do transformador revelou que o equipamento operou dentro dos critérios estabelecidos pelo fabricante durante toda a operação, não existindo evidências de sobrecarga ou outros esforços que pudessem comprometer sua vida útil.

A realização da inspeção interna permitiu identificar anormalidades relacionadas a prováveis falhas de montagem/mão de obra/transporte durante a etapa de fabricação do transformador. Tais anormalidades evidenciam a geração de gases verificadas nos seguintes aspectos:

- O deslocamento e desgastes identificados nos cilindros externos, no cilindro direcionador de óleo e nas guias resultaram na perda de eficiência no processo de refrigeração do transformador, gerando pontos de aquecimento internos que podem ter ocasionado a geração de gases metano, etileno e monóxido de carbono.
- O escurecimento identificado nos elementos de prensagem das bobinas pode estar relacionado a flutuação (mau contato) nestes componentes, ocasionando sobreaquecimentos pontuais e quebra de moléculas do óleo isolante, refletindo na geração dos gases metano, etano e etileno.
- A baixa isolamento entre a blindagem magnética de parede e o tanque principal acarreta formação de correntes induzidas nesses componentes (devido a estar conectados em dois pontos), com eventual aquecimento e geração de gases.

A análise do material particulado identificado no fundo do tanque revelou que o mesmo se trata de resíduo de processo de soldagem, provavelmente atrelado ao reparo anterior do transformador.

7 PROXIMAS AÇÕES

A Engenharia de Manutenção (SMIE.DT) irá elaborar a especificação técnica e iniciar processo de contratação para reparo do transformador, considerando como escopo mínimo os seguintes itens:

- Substituição de todos os cilindros externos e internos e materiais isolantes associados (direcionadores, suportes, espaçadores, entre outros).
- Revisão de todas as blindagens magnéticas localizadas nas paredes do tanque principal do transformador.
- Revisão dos elementos de pressão das bobinas de alta e baixa tensão.
- Revisão geral do transformador (troca de juntas de vedação, limpeza interna e revisão de componentes e acessórios).
- Secagem da parte ativa após o reparo.
- Ensaios elétricos após a montagem e durante o comissionamento do transformador.

O escopo descrito poderá ser incrementado em caso de identificação de outras anormalidades no processo de desmontagem do equipamento para reparo.

REFERÊNCIAS

IEC 60599-2022: Mineral oil-filled electrical equipment in service - Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis

IEEE C57.104: IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers

BT 443 (Cigré): DGA in Non-Mineral Oils and Load Tap Changers and Improved DGA Diagnosis Criteria

BT 771 (Cigré): Advances in DGA interpretation

ANEXOS

ANEXO A – HISTÓRICO DE CROMATOGRAFIAS DO TRANSFORMADOR BBC Nº DE SÉRIE SP-15090 (VALORES EM PPM).

Amostra	Dt.coleta	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	O2	N2
00079/2007	12/02/2007	0	0	0	0	0	1	39	3411	9402
00081/2007	16/02/2007	0	1	0	1	0	2	32	3522	11602
00145/2007	23/03/2007	0	0	0	0	0	15	110	3192	11970
00149/2007	26/03/2007	0	0	0	0	0	21	175	3041	10410
00150/2007	26/03/2007	0	0	0	0	0	24	167	2865	9973
00151/2007	26/03/2007	1	0	0	0	0	17	134	2265	7497
00152/2007	26/03/2007	0	0	0	0	0	21	167	2836	9924
00153/2007	27/03/2007	0	0	0	0	0	24	186	2907	9948
00155/2007	27/03/2007	1	1	0	0	0	38	277	2807	9927
00156/2007	28/03/2007	1	0	0	0	0	35	278	3196	10391
00157/2007	29/03/2007	1	1	0	0	0	40	324	4578	16292
00184/2007	09/04/2007	3	1	0	0	0	72	424	4178	17595
00197/2007	27/04/2007	5	2	0	0	0	96	422	3508	14834
00268/2007	29/05/2007	9	3	0	0	1	162	620	2838	14808
00375/2007	06/08/2007	11	7	0	0	1	255	700	3453	21513
00498/2007	16/10/2007	8	8	0	1	1	279	850	3190	19757
00613/2007	06/12/2007	11	9	0	1	1	276	992	50184	205121
00073/2008	08/02/2008	12	10	0	1	1	368	1246	2280	18075
00172/2008	03/04/2008	10	9	0	2	1	324	1200	1468	15736
00264/2008	28/05/2008	9	15	0	2	2	442	2128	2303	20810
00357/2008	31/07/2008	7	16	0	2	2	423	1417	2022	21380
00473/2008	14/10/2008	11	15	0	2	2	430	1232	1689	21116
00566/2008	11/12/2008	13	23	0	2	3	546	2123	2408	22395
00065/2009	04/02/2009	7	18	0	2	2	480	1718	2531	24315
00195/2009	02/04/2009	9	21	0	2	3	525	2596	1713	24770
00296/2009	28/05/2009	0	22	0	3	4	579	2335	1807	25882
00438/2009	04/08/2009	8	16	0	3	3	526	1980	2252	21433
00567/2009	21/10/2009	11	27	0	3	4	569	643	2433	27442
00623/2009	04/12/2009	3	0	0	2	3	535	2023	2274	24190
00681/2009	17/12/2009	5	28	0	2	4	535	1973	2665	27604
00076/2010	09/02/2010	9	22	0	3	4	652	1951	2406	23792
00175/2010	15/04/2010	8	64	0	7	11	1393	4716	5989	67249
00287/2010	30/06/2010	5	30	0	4	4	608	2210	2081	24903
00375/2010	16/08/2010	5	29	0	3	4	511	1555	2042	25037
00486/2010	03/11/2010	7	34	0	3	5	562	1991	2820	28906
00607/2010	17/12/2010	6	0	0	5	4	564	2239	2504	26272
00173/2011	23/02/2011	8	28	0	5	0	613	2818	1733	26177
00384/2011	05/05/2011	8	34	0	5	0	710	2859	1882	24449
00532/2011	20/06/2011	8	37	0	6	0	773	3414	2466	29560
00635/2011	05/08/2011	6	25	0	4	0	521	2251	3551	29652
00836/2011	24/10/2011	8	37	0	6	0	735	2794	2383	30405

00965/2011	12/12/2011	2	34	0	6	0	679	2862	1711	27207
00101/2012	17/02/2012	8	43	0	8	8	852	2920	1643	31477
00353/2012	04/06/2012	5	37	0	5	1	594	3091	5538	40004
00468/2012	30/07/2012	5	40	0	7	8	705	3380	1999	29842
00682/2012	17/10/2012	3	23	0	1	0	750	3860	2633	35745
00928/2012	15/12/2012	0	45	0	6	7	795	3813	1824	29718
00097/2013	19/02/2013	0	42	0	5	6	732	3437	2117	30523
00259/2013	04/04/2013	0	45	0	6	8	757	3566	2380	33753
00435/2013	05/06/2013	2	47	0	6	8	873	4148	2028	31944
00550/2013	29/07/2013	3	53	0	7	6	952	4302	3152	43633
00785/2013	06/11/2013	3	37	0	5	4	729	3650	2238	33134
00894/2013	12/12/2013	3	42	0	4	3	653	2847	2225	32701
00041/2014	12/02/2014	8	60	0	11	9	948	3942	1753	37289
00191/2014	15/04/2014	6	59	0	12	8	898	3589	1131	31890
00288/2014	10/06/2014	6	68	0	13	3	952	3383	3664	46510
00395/2014	30/07/2014	5	59	0	13	9	848	3302	1223	31456
00604/2014	16/10/2014	10	72	0	16	15	937	4078	8915	68276
00720/2014	17/12/2014	2	55	0	10	7	793	2577	2561	37945
00078/2015	04/02/2015	6	68	0	14	11	984	3332	1705	37561
00202/2015	31/03/2015	7	51	0	11	10	691	4351	1707	37564
00306/2015	12/06/2015	5	45	0	10	5	633	3201	1549	25408
00426/2015	11/08/2015	7	63	0	11	6	927	3740	3382	42311
00614/2015	10/12/2015	10	35	0	19	11	715	3327	2157	22011
00074/2016	16/02/2016	14	80	1	33	16	920	4927	6264	50818
00175/2016	08/04/2016	17	86	0	43	19	1006	4920	2807	44389
00283/2016	02/06/2016	15	103	0	39	15	700	3359	6385	44139
00368/2016	28/07/2016	26	111	0	68	25	1047	4927	2290	38266
00486/2016	19/09/2016	24	113	0	73	27	924	4322	2186	35665
00629/2016	07/12/2016	28	153	0	90	29	1130	5289	1744	40766
00054/2017	25/01/2017	21	99	0	68	22	719	3583	3427	34498
00179/2017	28/03/2017	22	156	0	108	35	1012	5479	2897	44109
00283/2017	26/05/2017	18	126	0	81	27	900	3761	1594	35027
00368/2017	28/07/2017	16	111	0	65	26	748	3670	1390	28279
00494/2017	18/09/2017	16	108	0	71	25	740	2864	1672	28831
00625/2017	13/12/2017	18	155	0	93	29	954	4641	14835	85812
00059/2018	25/01/2018	20	159	1	98	32	995	4623	2018	36202
00152/2018	04/04/2018	16	157	0	103	34	987	4479	1118	34584
00449/2018	18/09/2018	13	134	0	108	38	1081	4633	2401	45856
00584/2018	26/12/2018	28	69	0	10	63	174	3979	2499	26219
00054/2019	31/01/2019	8	171	0	109	40	1053	5078	1697	39196
00173/2019	29/03/2019	11	253	0	186	77	1372	8917	4382	51447
00289/2019	20/05/2019	7	198	0	164	72	843	8301	3777	35273
00385/2019	23/07/2019	7	271	0	181	80	1193	7451	3833	46761
00487/2019	16/09/2019	8	221	0	190	75	965	7927	1962	33615

00637/2019	05/12/2019	6	213	0	217	77	932	8789	2184	32656
00018/2020	15/01/2020	4	187	0	115	45	1024	6928	6306	49044
00164/2020	24/03/2020	5	178	0	106	47	989	6966	5399	50660
00282/2020	25/05/2020	5	193	0	104	39	1132	6259	2414	50764
00366/2020	09/07/2020	7	186	0	109	39	1001	5711	1319	45026
00472/2020	08/09/2020	6	171	0	103	50	1037	4538	2481	43189
00654/2020	15/12/2020	3	165	0	95	37	852	4969	10357	70263
00076/2021	05/02/2021	3	196	0	121	48	1002	6993	5064	50624
00162/2021	24/03/2021	8	192	0	108	44	1018	5203	2499	39041
00337/2021	11/06/2021	3	170	0	123	42	982	5293	1453	33509
00399/2021	15/07/2021	5	253	0	160	78	1172	8230	6482	55772
00546/2021	22/09/2021	4	196	0	148	74	878	9506	1843	34041
00685/2021	09/12/2021	5	225	0	156	81	957	9684	1721	34018
00050/2022	18/01/2022	4	190	0	140	64	940	7952	1702	30982
00163/2022	12/04/2022	6	211	0	151	84	1158	9888	5936	52691
00266/2022	10/06/2022	10	189	0	164	83	1023	10459	2920	41590
00352/2022	03/08/2022	11	218	0	170	88	1183	9915	919	43086
00484/2022	10/10/2022	5	252	0	163	89	1221	11386	5623	50722
00652/2022	14/12/2022	6	267	0	180	91	1255	11041	3860	45843
00093/2023	02/03/2023	7	274	0	175	89	1300	11322	6924	66085
00185/2023	11/04/2023	9	285	0	180	92	1358	12301	6933	71764
00345/2023	14/06/2023	6	273	0	177	91	1244	11551	7000	66243
00440/2023	14/08/2023	18	312	0	211	97	1256	9822	9121	72052
00471/2023	24/08/2023	20	316	0	214	100	1274	10610	12776	83004
00475/2023	30/08/2023	20	316	0	214	100	1274	10610	12776	83004
00487/2023	06/09/2023	17	326	0	212	97	1291	10604	10778	78989
00515/2023	14/09/2023	17	321	0	213	102	1300	10649	9722	76424
00537/2023	20/09/2023	21	313	0	211	102	1272	10698	9133	73142
00595/2023	19/10/2023	17	321	0	208	103	1269	9996	11066	78692
00686/2023	12/12/2023	16	311	0	220	107	1256	10927	4258	58681
00068/2024	08/02/2024	11	315	0	218	116	1215	10916	8798	71991
00179/2024	16/04/2024	42	384	0	296	142	1165	10235	5265	59484
00241/2024	02/05/2024	42	371	0	278	142	1135	10105	3950	52460
00262/2024	09/05/2024	37	379	0	285	145	1064	10102	2301	42904
00274/2024	16/05/2024	46	368	0	287	148	1094	9357	1772	43028
00298/2024	23/05/2024	41	409	0	289	147	1156	9092	2938	48160
00314/2024	29/05/2024	39	398	0	330	162	1087	10362	1966	44618
00332/2024	04/06/2024	52	428	0	338	168	1232	9444	4482	60133
00349/2024	13/06/2024	49	439	0	351	175	1151	10734	3006	51355
00353/2024	19/06/2024	54	432	0	359	181	1112	10086	1914	46541
00362/2024	26/06/2024	61	474	0	400	195	1196	10896	3206	54542
00371/2024	03/07/2024	63	478	0	400	203	1154	10706	5054	58527
00408/2024	15/07/2024	57	468	0	405	207	1087	10846	1266	42762
00415/2024	31/07/2024	57	448	0	379	201	1057	10375	3347	48757

00460/2024	14/08/2024	58	476	0	384	203	1127	10310	945	42815
00461/2024	19/08/2024	55	467	0	399	207	1085	10659	1046	41183
00477/2024	28/08/2024	63	505	0	411	209	1194	10039	1531	46491
00488/2024	05/09/2024	61	513	0	428	208	1192	10539	1098	45308
00536/2024	12/09/2024	61	525	0	419	199	1266	10888	7383	69913
00540/2024	19/09/2024	56	496	0	424	204	1118	10650	857	41646
00548/2024	26/09/2024	66	543	0	439	213	1286	11220	1394	49106
00552/2024	03/10/2024	57	506	0	445	210	1129	10680	991	43465
00553/2024	11/10/2024	48	496	0	427	208	1108	10391	1140	41466
00574/2024	17/10/2024	58	509	0	455	210	1154	11179	906	42344
00591/2024	24/10/2024	57	516	0	446	210	1188	10952	1379	44908
00614/2024	31/10/2024	53	524	0	432	214	1139	10649	2714	48262
00643/2024	14/11/2024	54	514	0	444	215	1100	10787	2713	46062
00651/2024	26/11/2024	56	543	0	465	223	1195	11015	1392	45583
00684/2024	04/12/2024	57	555	0	454	221	1281	11075	1211	47060
00701/2024	20/12/2024	51	539	0	472	223	1240	11115	1821	46734
00020/2025	08/01/2025	53	572	1	454	231	1240	10554	5189	58538
00041/2025	22/01/2025	63	587	0	460	233	1258	11984	5954	63452
00065/2025	06/02/2025	53	576	0	468	237	1294	11895	2237	52677
00178/2025	27/02/2025	50	563	0	473	238	1170	11792	940	42065
00202/2025	13/03/2025	60	634	0	559	262	1180	12173	3351	53366
00262/2025	27/03/2025	69	659	1	593	277	1182	12584	1118	45708
00282/2025	01/04/2025	74	664	1	595	282	1184	12954	2637	49893
00291/2025	02/04/2025	70	656	1	593	282	1172	12526	1247	45513
00294/2025	03/04/2025	69	654	1	592	282	1165	12817	1462	45742
00301/2025	04/04/2025	67	648	1	586	282	1163	12658	1259	45330
00302/2025	07/04/2025	67	633	1	574	275	1117	11519	1597	44762
00317/2025	10/04/2025	70	676	1	596	283	1214	11539	1842	49052
00321/2025	14/04/2025	69	669	1	593	282	1197	11745	3700	54821

ANEXO B – Histórico de manutenções corretivas no transformador BBC com N° de série SP-15090

Número SSA	Setor emissor	Setor executor	Data de emissão	Situação	Descrição na emissão	Semana de conclusão	Descrição da execução
200702447A	IEQ3	MET1	08/03/2007 00:00:00	STE	EFETUAR SUBSTITUIÇÃO DO TU, RETORNANDO COM O TU SP-15090 APÓS SERVIÇOS DE REPARO EXECUTADOS PELO FABRICANTE.	200711	SUBSTITUÍDO O TU NS SP15107 N SOM 0142028-3 POR OUTRO NS SP15090 (B32D19)N SOM 0142002-0 QUE RETORNOU A CHI APOS SERVICOS DE REPARO EXECUTADOS PE-LO FABRICANTE. AT2007/01781
200702709A	IEQ3	MET1	16/03/2007 00:00:00	STE	ENERGIZAR TRANSFORMADOR Nº SERIE SP 15090(REPARADO 1)EN VACIO 2) EN CARGA, CONFORME IM.EQ 0359.	200712	ENERGIZADO TRAFU TU15 FASE "B" CON 200MW Y RETIRADA MUESTRA DE ACEITE, LUEGO ELEVADO CARGA CON 500MW Y RETIRADA NUEVA MUESTRA DE ACEITE P/ CROMATOGRAFIA CON RESULTADOS NORMALES, LUEGO LIBERADO PARA CARGA PLENA 726MW. RESULTADOS: H=1PPM; O=2265PPM; N=7497PPM; CO=17PPM; CO2=134PPM; OTROS GA-SES=ND. AT2007/02002
200702996A	MET1	ILA4	23/03/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE DEL TANQUE PRINCIPAL Y REALIZAR ANALISIS FISICOQUIMICO Y CROMATOGRAFICO. ITEM: ANTES D ELA PRIMERA ENERGIZACION, LUEGO DE LA REPARACION DEL TRAFU SP-15090 (MUESTRA RETIRADA 23-03-07)	200712	CO= 15PPM; H2= ND; CH4= ND; C2H4= ND; C2H6= ND; C2H2= ND; O2= 3192PPM; N2= 11970PPM / CO2= 110PPM; RIGIDEZ DIELETRICA= 93KV; TENSAO INTERFACIAL= 44,5 DINAS/CM; ACIDEZ= <0,01MG/G; TG DELTA= 0,09%; COR= <0,5; DENSIDADE= 0,8728G/CM3.VALORES SATISFATORIOS.
200702997A	MET1	ILA4	23/03/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE DEL TANQUE PRINCIPAL Y REALIZAR ANALISIS CROMATOGRAFICO. ITEM: 5 MINUTOS DESPUES DE PERMANECER CON 100% DE TENSION NOMINAL (DIA PREVISTO: 26-03-07) TRAFU Nº DE SERIE SP-15090	200712	CO= 21PPM; H2= ND; CH4= TRACOS; C2H4= TRACOS; C2H6= ND; C2H2= ND; O2= 3041PPM; N2= 10410PPM; CO2= 175PPM.VALORES SATISFATORIOS.
200702998A	MET1	ILA4	23/03/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE DEL TANQUE PRINCIPAL Y REALIZAR ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL TRAFU Nº SERIE SP-15090. ITEM TRANSFORMADOR CON CARGA DE 200MVA	200712	CO= 24PPM; H2= ND; CH4= TRACOS; C2H4= ND; C2H6= ND; C2H2= ND; O2= 2865PPM; N2= 9973PPM; CO2= 167PPM.VALORES SATISFATORIOS.
200702999A	MET1	ILA4	23/03/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE Y REALIZAR ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL TRAFU Nº DE SERIE SP-15090 ITEM: 5 MINUTOS DESPUES DE QUE EL TRAFU ESTE CON 500MVA. SE DEBE ESPERAR RESULTADOS ANTES D EPASAR A OTRO RETAMAR	200712	CO= 17PPM; H2= 1PPM; CH4= ND; C2H4= ND; C2H6= ND; C2H2= ND; O2= 2265PPM; N2= 7497PPM; CO2= 134PPM.VALORES SATISFATORIOS.
200703000A	MET1	ILA4	23/03/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE Y REALIZAR ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL TRAFU Nº DE SERIE SP-15090 ITEM: AL ALCANZAR POTENCIA NOMINAL; 01 HORA; 12 HORAS 24 HORAS, 48 HORAS, 15 DIAS, 30 DIAS DE ENERGIZADO, ATENDIENDO ITEM EQ359	200715	REALIZADO ACOMPANHAMENTO CONFORME SOLICITACAO.RESULTADOS ATUAIS: CO= 72PPM; H2= 3PPM; CH4= 1PPM; C2H4= ND; C2H6= <1PPM; C2H2= ND; O2= 4178PPM; N2= 17595PPM; CO2= 424PPM. VALORES SATISFATORIOS.

200703785A	MET1	ILA4	12/04/2007 00:00:00	STE	RETIRAR AMOSTRA DE OLEO ISOLANTE E REALIZAR ANALISE CROMATOGRÁFICA DO TRAFOS SP-15090 APOS 30 DIAS DE SUA ENERGIZAÇÃO. DATA 02/MAIO/2007.REF. SSA200703000A.	200717	CO= 96PPM; H2= 5PPM; CH4= 2PPM; C2H4= TRACOS; C2H6= TRACOS; C2H2= ND; O2= 3508PPM; N2= 14834PPM; CO2= 422PPM. VALORES SATISFATORIOS.
200703809A	MET1	MET1	12/04/2007 00:00:00	STE	IDENTIFICAR E SANAR CAUSA DO VAZAMENTO DE OLEO ISOLANTE PELA BUCHA X2.	200715	REALIZADO INSPECCION Y DETECTADA LA FALLA, A CAUSA DE FALTA DE APRIETO SOBRE LA CASTANA QUE FIJA LA BUCHA EN LA PARED DEL TRANSFORMADOR. PARA SANARLA FALLA FUE REALIZADO REAPRIETE EN TODOS LOS TORNILLOS DE FIJACION ELIMINANDO DE ESTA MANERA LA PERDIDA DE ACEITE (SERVICIO REALIZADO POR ABB).AT2007/02832
200704220A	MET1	MET1	20/04/2007 00:00:00	STE	RETIRAR SENSOR DE GAS HYDRAN NS: 0409410991 DEL TU15 FASE B PARA REPAROPOR IMAO. EL MISMO SE ENCONTRA CON LA INDICACION "REPLAIE SENS NOW". INS-TALAR NUEVO HYDRAN CUANDO HAYA DISPONIBILIDAD.	200807	FOI RETIRADO O SENSOR HYDRAN. AGUARDANDO OUTRO PARA COLOCAR SUBSTITUI-LOAT200707894 DM200015730EM 2008/07 COLOCADO NUEVO SENSOR DE GASES HYDRAN NS 0211408137 Y AJUSTA- DOS ALARMAS H EN 250PPM Y HH EN 500PPM. LA INDICACION DEL MISMO ES DE66PP. AT200801010 SM64739
200705671A	OUO0	MET1	29/05/2007 00:00:00	STE	VERIFICAR E SOLUCIONAR A CAUSA DE ALARME TEMPERATURA BOBINADO BT CON INDICACION DE 100 GRADOS EN EL SCADA (UTR 615.1 - PUNTO 5).	200722	FOI MEDIDO A RESISTENCIA NOS PONTOS X2B 142 E X2B 144 E ENCONTRA-SE NORMAL COM 123 OHMS.AT200704028
200712490A	MET1	ILA4	16/10/2007 00:00:00	STE	RETIRAR MUESTRA DE ACEITE DEL TANQUE PRINCIPAL, REGISTRO INFERIOR Y, REALIZAR ANALISIS CROMATOGRÁFICO. OBS: ESTO SE DEBE A QUE DURANTE MP6M FUE DETECTADO VESTIGIOS DE ACEITE EN LAS DOS VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION.	200742	CO= 280PPM; H2= 8PPM; CH4= 8PPM; C2H4= 1PPM; C2H6= 1PPM; C2H2= ND; O2= 3190PPM; N2= 19757PPM; CO2= 850PPM. VALORES SATISFATORIOS.
200713585A	ILA4	ILA4	12/11/2007 00:00:00	STE	COLETA DE OLEO ISOLANTE PARA ANALISE DE TEOR DE DBDS.OBS: AMOSTRA SERA ENVIADA PARA ELETRONORTE.	200746	AMOSTRA RETIRADA E ENVIADA A ELETRONORTE PARA ENSAIO DE TEOR DE DBDS-DIBENZIL DISSULFETO.
200713620A	IEQ3	MET1	12/11/2007 00:00:00	STE	INSTALAR SENSOR DE UMIDADE NO TU15 FASE R	200807	INSTALADO SENSOR DE UMIDADE AQUAOIL EN EL REGISTRO SUPERIOR QUE SE ENCUEN-TRA SOBRE EL PANEL INDIVIDUAL, N SERIE 080606, EL MISMO ESTA CON EL PANELSMT-15=2,819% AT200801010 SM64279
200713629A	IEQ3	MET1	12/11/2007 00:00:00	STE	HYDRAN DA FASE S ESTA SEM INFORMACAO_NO VISRO DO EQUIPAMENTO E SEM REPORTAR INFORMACAO NO PAINEL SMT	200807	SOLUCIONADO CON SSA2007/13982AAT200801010
200713982A	IEQ3	MET1	21/11/2007 00:00:00	STE	INSTALAR SENSOR DE GASES ON-LINE HYDRAN. ANOTAR NS DO SENSOR INSTALADO	200807	INSTALADO SENSOR DE GASES HYDRAN N SERIE 0211408137AT200801010 SM64739

200713985A	IEQ3	MET1	21/11/2007 00:00:00	STE	INSTALAR SENSOR DE TEMPERATURA AMBIENTE NA CELA FASE B DO TU15 E CONECTA-LO AO PAINEL SMT	200807	INSTALADO SENSOR DE TEMP. AMBIENTE EN LA CELDA AL LADO IZQUIERDO DEL PA-NEL INDIVIDUAL Y CONECTADO AL PANEL SMT-15, EL MISMO ESTA MARCANDO EN EL PANEL MST-15 TEMPERATURA ERRADA Y SERA SOLUCIONADO CON SSA/13627A AT2008/01010 SM64356
200713988A	IEQ3	MET1	21/11/2007 00:00:00	STE	INSTALAR SENSOR DE UMIDADE NO OLEO ISOLANTE, AQUAOIL, ANOTAR NS DO SENSOR INSTALADO. CONECTA-LO AO PAINEL SMT15	200807	EJECUTADO CON SSA2007/13620A.AT2008/01010
200801687A	MET1	MET1	14/02/2008 00:00:00	STE	DURANTE INSPECCION MP1A, FUE DETECTADO QUE EL SOLENOIDE TRABA ELECTRICADEL CONMUTADOR SIN CARGA ESTA INOPERANTE.	200807	A FIN DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA DEL SOLENOIDE QUE ESTA CON EL ENTREHIERROTRABADO, FUE SUSTITUIDO EL SOLENOIDE POR OTRO CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS, QUE FUE RETIRADO DE ALMACENES, QUEDANDO EN CONDICION NORMAL DE OPERA CION. OBS. CONSULT. OFF. MECANICA - MMU3, EL SOLENOIDE SUSTITUIDO FUE EN-TREGADO COMO SUCATA. AT2008/01282 SM65273 DM200019499
200805578A	MET1	MET1	26/05/2008 00:00:00	STE	DURANTE MP6M POR CONJUNTO VERIFICADO SILICA GEL SATURADA EN UNO 70%.	200832	SUBSTITUIDO SILICAGEL APROXIM. 6KG RECUPERADA EN ESTUFA DE LA COTA 108,00AT200805910
200809548A	MET1	MET1	25/08/2008 00:00:00	STE	SUSTITUIR JUNTA DE EXPANCION DE GOMA DEL BARRAMENTO BLINDADO X1. CODIGO -DEL ALMOXARIFADO 618047 .-	200917	FUE SUSTITUIDO LA JUNTA DE EXPANSIÓN CORRESPONDIENTE A X1 DEL TRAF0.OBS: PREVIA A LA PERFORACION LA JUNTA FUE MARCADO EN SU POSICION FINAL
200809549A	MET1	MET1	25/08/2008 00:00:00	STE	SUSTITUIR JUNTA DE EXPANCION DE GOMA DEL BARRAMENTO BLINDADO X2. CODIGO -DEL ALMOXARIFADO 618047 .-	200917	FUE SUSTITUIDO LA JUNTA DE EXPANSIÓN CORRESPONDIENTE A X2 DEL TRAF0.OBS: PREVIA A LA PERFORACION LA JUNTA FUE MARCADO EN SU POSICION FINAL.
200814352D	IEQ1	MET1	29/12/2008 00:00:00	STE	SOLICITAMOS DESCONECTAR LINK'S(BT) DAS 3 FASES DO TU PARA POSSIBILITAR ENSAIOS DE R.ISOLAÇÃO E TG DELTA NO ENROL.ESTATORICO P/ILA1,AFIM DE SUBSIDIAR ESTUDOS ENGENHARIA.APOS CONCLUSAO NORMALIZAR LINK'S.OBS:DURANTE PD4A.	200918	FUE DESCONECTADO LOS LINKS X1-X2 DEL TRAF0 (LADO 18KV), PARA POSIBILITARLA REALIZACION DE ENSAYOS EN EL GENERADOR, POSTERIOR AL ENSAYO LOSMISMOS FUERON RECONECTADOS.
200912646A	IEQ3	ILA4	03/12/2009 00:00:00	STE	COLETA DE ÓLEO ISOLANTE DO REGISTRO INFERIOR DO TANQUE DO TRANSFORMADOR PARA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DISSOLVIDA NO ÓLEO ISOLANTE. "VALOR DE 75PPMNO EQUIPAMENTO HIDRAN, LIDO EM 30/11/09"	200950	RESULTADO DA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA SATISFATÓRIO. RESULTADO REGISTRADO NO SSD FOLHA DE MEDIÇÃO 623/2009
201005864A	IEQ3	ILA4	08/06/2010 00:00:00	STE	COLETA DE OLEO ISOLNATE PARA ANALISE CROMATOGRAFICA DE GASESDISSOLVIDOS, MOTIVO: INCREMENTO DE HIDROCARBONETOS E CO2	201027	RESULTADOS SATISFATÓRIOS, O RESULTADO DA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA ENCONTRA-SE NO SSD NR. FOLHA DE MEDIÇÃO 287/2010.

201012450A	IEQ3	MET1	10/12/2010 00:00:00	STE	VERIFICAR CONEXÃO DOS TCS COM O PAINEL SMT CONFORME DESENHO DO PAINEL	201305	CONSTATADO QUE A CONEXÃO DOS TC S ESTÃO DE ACORDO COM O DESENHO DOPAINEL.
201112779A	IEQ3	MET1	02/11/2011 00:00:00	STE	REALIZAR CONEXIÓN CONFORME DISEÑO EN EL PANEL INDIVIDUAL BORNES X7-15 YX7-16 CABO 3 Y 4 DEL MASO 4 CORRESPONDIENTE A INFORMACION DE TC SISTEMADE MONITOREO DE TRAFOS	201305	CONSTATADO QUE A CONEXÃO DOS TC S ESTÃO DE ACORDO COM O DESENHO DOPAINEL.
201214173A	OUO6	MET1	07/11/2012 00:00:00	STE	VERIFICAR Y SOLUCIONAR MOTIVO DE ACCIONAMIENTO EN EL SCADA DE LAALARMA "U15 TU ENROLAMIENTO BT FASE B TEMPERATURA 100 GRADOS >LIMITE SUP6". SIN ACEPTAR REARME. (SCADA FASE A:74, B: 100, C: 64)(KT FASE B: 62)	201246	VERIFICADO QUE A TEMPERATURA NO KT ESTÁ 52°C NO TRAF0 49°C, A RESTENCIAMEDIDA ESTÁ 120 OHM O QUE EQUIVALE A 51,6°C, PORTANTO ESTÁ TUDO CERTO,FOI EMITIDO A SSA 2012/14426A PARA A MEL 4 VERIFICAR O QUE PODE ESTAR OCORRENDO.
201215961A	MET1	MET1	02/01/2013 00:00:00	STE	RETIRAR SENSOR DE GAS HYDRAN DEL TANQUE PRINCIPAL DEL TRAF0 Y ENVIARLOA LAB. PARA REPARO POR ENCONTRARSE CON DEFECTO. REFERENCIA SSA:2012/15769A.	201305	RETIRADO SENSOR DE GASES S/N 0211408137 QUE APRESENTOU FALHA, O MESMOFOI MANDADO PARA REPARO NA ILA2, SSA 201301291A, E INSTALADO UM NOVOSENSOR DE GASES COM S/N 1206419016 E INDICAÇÃO DE 167PPM DE GASES.
201301457A	MET1	MET1	06/02/2013 00:00:00	STE	SUBSTITUIR TERMOMETRO DE TEMPERATURA DE BAIXA TENSÃO F16, QUE NÃO ACEITACALIBRAÇÃO.	201305	SUBSTITUIDO TERMOMETRO F16, FEITO AJUSTE DE IMAGEM TÉRMICA, AJUSTE DEALARME 110°C, TRIP 120°C, ENTRADA DE TROCADOR SUPLEMENTAR 90°C ERETENÇÃO 80°C.
201502611A	OUO6	MET1	17/03/2015 00:00:00	STE	VERIFICAR Y SOLUCIONAR MOTIVO POR EL CUAL EN EL PROCESO DE PARADADISPARO EL INT. Q41 DE LA FASE B (VALV. MARIPOSA TROCADOR N1).OBS: ABIERTO EL INT. PARA PERMITIR REARME.	201512	EXECUTADAS MEDIÇÕES DE ISOLAMENTO NA SAÍDA DO DISJUNTOR Q41,SEMALTERAÇÃO. ACIONADO O DISJUNTOR Q41, MEDIDAS AS CORRENTES NAS 03 FASES(0,55A; 0,53A; 0,54A). FORAM DESACOPLADOS E LIMPOS OS CONTACTORES DA VÁLVULA BORBOLETA, E TESTADO O SISTEMA 04 VEZES, COM FUNCIONAMENTONORMALIZADO, SENDO SANADO O PROBLEMA ANTES OCORRIDO.
201505182N	MEG1	MET1	02/06/2015 00:00:00	STE	SOLICITAMOS DESCONECTAR LINK S (BT)DE LAS 3 FASES(A;B;C)DEL TU DESPUÉSDEL SECADO DEL GENERADOR Y RECONECTAR LAS 3 FASES (A;B;C)POSTERIOR ALENSAYO DE TENSIÓN APLICADA EN EL BOBINADO DE LA U15.	201528	REALIZADO DESCONEXION DEL LINK BT(X1-X2) DE LA FASE B DEL TU. LUEGO DELOS ENSAYOS FUE RECONECTADO.
201506285A	MET1	ILA4	25/06/2015 00:00:00	STE	REALIZAR COLECTA DE ACEITE MINERAL AISLANTE DEL TANQUE DE TRATAMIENTOPARA ANALISIS CROMATOGRAFICO,RIGIDEZ DIELECTRICA Y PPM DE AGUA,ANTESDE COMPLETAR NIVEL EN EL TRAF0 TU-15 FASE ?B? Y C .SSP: 2015/4081A.	201526	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y CROMATOGRAFICO DE ACEITE EN TRATAMIENTO,MICAFIL, LOS VALORES SON SATISFACTORIOS Y SE ENCUENTRAN EN ANEXO.VALOR CROMATOGRAFIA EN SSD NRO. 326/15.

201506800A	MET1	MET1	08/07/2015 00:00:00	STE	INDICACIÓN BAJO NIVEL DE ACEITE EN EL TANQUE DE EXPANSIÓN.	201525	COMPLETADO NÍVEL CON 1500L DE ACEITE, REALIZADO AJUSTE DEL INDICADOR DENÍVEL Y ENSAYO DEL MISMO, CONSTATADO SU FUNCIONAMIENTO.
201507579D	MEG1	MET1	08/09/2016 00:00:00	STE	SOLICITAMOS DESCONECTAR LINK S (BT)DE LAS 3 FASES(A,B;C)DEL TU PARAREALIZACIÓN DE ENSAYO DE RESISTENCIA DE AISLACIÓN AL GENERADOR.NORMALIZAR POSTERIOR AL ENSAYO	201637	REALIZADA DESCONEXÃO E POSTERIOR CONEXÃO DOS LINK S DE BT CONFORMESOLICITADO.
201601502A	MET1	MET1	25/02/2016 00:00:00	STE	INSPECCIONAR MEMBRANA DO CONSERVADOR DE ÓLEO POIS A MESMA APRESENTASINAIS EXTERNOS DE REAÇÃO AO ÓLEO ISOLANTE. PROBLEMA DETECTADO EMCUMPRIMENTO DE MP6M.	201622	INSPECCIONADO INTERNAMENTE Y EXTERNAMENTE MEMBRANA DEL CONSERVADOR DEOLEO SIN ENCONTRAR NINGUNA ANORMALIDAD.
201700641A	IEQ3	MET1	23/01/2017 00:00:00	STE	DEBIDO AL DISPARO DE ALGUNOS RELÉS BUCHHOLZ ANTE EVENTOS DE CORTO EN LAGIS, SUSTITUIR EL RELÉ DEL TANQUE PRINCIPAL POR OTRO MODELO CON FLUJOINVERSO AJUSTABLE, PREVIAMENTE AJUSTAR EL FLUJO INVERSO A 2 M/S.	201939	LOS RELÉS ESTÁN EN PROCESO DE COMPRA A TRAVÉS DE LA CI/SMIE.DT/088/2016Y CON REQC 10048127. FOI SUBSTITUIDO O RELÉ DE GÁS NA MP3S.
201707035A	ILA4	ILA4	23/06/2017 00:00:00	STE	COLETA E ANÁLISE DE ÓLEO ISOLANTE DO TRANSFORMADOR TU 15 FASE B PARAANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DE PRESENÇA DE PCB.	201725	FOI REALIZADO COLETA E ANÁLISE DE PCB COM KIT DEXSIL 50 PPM NO TU15 FASEB. NÃO APRESENTOU PCB COM ESSA METODOLOGIA.
201800885A	MET1	MET1	24/01/2018 00:00:00	STE	CONFORME PARECER TÉCNICO DA SMIE.DT NA SSA 2018/00058A, APLICAR TRAVAQUÍMICA NOS PARAFUSOS DOS LINKS ENTRE O BUS DUCT E AS BUCHAS X1 E X2 DOTRANSFORMADOR.	201815	APLICADO TRAVA QUÍMICA EM TODOS OS PARAFUSOS DO LINK E REALIZADO OREAPERTO.
201904187A	MET1	MET1	05/04/2019 00:00:00	STE	LANÇAR CABO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE O PAINEL CXT DO TRANSFORMADOR E OPAINEL SMT, A FIM DE PREVER FUTURA INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO TRANSFIX NOTU.	201939	REALIZADO LANÇAMENTO DE FIBRA ÓPTICA ENTRA OS PAINÉIS CXT DO TRAFÓ ATÉ OSMT. A FIBRA ESTÁ LOCALIZADA NA CANALETA AO LADO DO SMT E O KT.
202006382A	MET1	MET1	17/06/2020 00:00:00	STE	SENSOR HYDRAN CON N/S: 1206419016 CON ALARMA "REPLACE SENSNOW 0.00"DETECTADO DURANTE MP9M 2020/2300A. RETIRADO Y ENVIADO PARA REPARO A IMA0.	202110	INSTALADO SENSOR N/S 1206419022, RECONECTADOS PONTOS DE ALARMES, EEXECUTADOS TESTES NO PAINEL SMT. SENSOR RETIRADO CON NS: 1206419016ENCAMINHADO PARA REPARO SSA 202006384A.
202006384C	ILA2	ILA4	21/05/2021 00:00:00	STE	REALIZAR ENSAYOS EN HYDRAN SN 1206119016 CON CUATRO MUESTRAS DE ACEITE AA DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HIDRÓGENO, CON LA PRIMERA MUESTRA MAYORA 50PPM Y COMPARAR CON DGA.	202120	RESULTADOS EN ANEXO.-

202218407	IEQ3	MET1	25/08/2022 16:09:22	STE	Desconectar y separar un lado de la junta de expansión que interconecta el bus-duct X1/X2 con el tanque principal y coordinar con MEG1 para medición de resistencia de aislación del bus-duct. Evaluar el reemplazo de la junta de expansión por otra nueva.	202413	Realizada desconexão das juntas de expansão para ensaio de isolamento conforme solicitado. Através dos resultados obtidos, foi definida a substituição das juntas de X1 e X2. A substituição das juntas foi executada conforme previsto . As juntas instaladas foram ensaiadas por ILA1 SSA 202404291, com resultados satisfatórios.
202218535	MET1	MET1	29/08/2022 10:20:03	STE	Realizar inspeção da bobina de bloqueio do comutador de taps do TU-15-B. Durante as inspeções da SSP 20224441, foi observado que a bobina não realiza o desbloqueio do comutador.	202235	Substituída bobina que encontrava-se avariada, realizados testes funcionais e liberado equipamento. Emitida SSA 202218812 para ILA2 reparar a bobina. Obs.: Trabalho executado com AT 202207415 durante MP3S.
202218538	MET1	MMU3	29/08/2022 14:58:32	STE	Realizar solda dos pontos de fixação da caixa do comutador de taps do TU15-B. Caixa entregue ao senhor Cristiano.	202239	foi trago a oficina uma caixa de alumínio do comutador de taps do TU15-B com um ponto de fixação quebrado e outros dois com rachaduras quase fraturadas, foi feita a limpeza das peças tirando toda a tinta e em seguida o processo de soldagem seguindo todos os procedimentos.
202313900	IEQ3	ILA4	22/08/2023 11:57:53	STE	Tendo em vista os resultados dos últimos ensaios no TU-15 fase B, solicito coletar amostra de óleo do transformador uma vez por semana durante o período de 1 mês e realizar novas análises cromatográficas.	202334	Se efectuaron los ensayos de cromatografía para hacer un seguimiento durante un mes debido al aumento de Hidrógeno e hidrocarburos. Posteriormente, el trafo presentó condiciones estables con relación al histórico. Resultados registrados en SSD, bajo los números 475, 487, 515 y 537/2023.
202406494	IEQ3	MET1	23/04/2024 08:33:22	STE	Desinstalar os equipamentos Hydran e Aquaoil do transformador e instalar o equipamento TRANSFIX para monitoramento contínuo dos gases dissolvidos em óleo. Realizar as conexões elétricas e de comunicação conforme esquema em anexo. Configurar o equipamento para medição a cada 8 horas para posterior definição e ajuste de alarmes. Se possível, programar o serviço para o dia 26/04/2024.	202419	Foi instalado o sensor Transfix conforme descrição da SSA, foram realizados testes funcionais e liberado equipamento para operação. Os sensores retirados foram encaminhados para calibração SSA's 202406753 e 202406754.
202406538	MET1	MMU3	23/04/2024 15:05:25	STE	Solicitamos apoio para a confecção de 2 flanges, conforme imagens em anexo, a serem utilizadas dia 26/04/24. Ever ciente. Dúvidas entrar em contato com Carlos Eduardo (4939 ou 2418).	202425	Realizado corte circular em chapa de aço SAE 1020 para confecção de dois flanges e realizado acabamento em torno obedecendo dimensões do solicitante, realizada furação e rosca de 1/2 NPT no centro de cada flange. Confeccionado a partir de barra sextavada de 5/8" de material inox conexão com rosca macho de 1/4 NPT em uma extremidade e rosca macho 1/4 BSP e ponta cônica num ângulo de 20° na outra extremidade.

202406582	IEQ3	ILA4	24/04/2024 09:15:27	STE	Coletar amostra de óleo no equipamento TRANSFIX e realizar análise cromatográfica semanal durante um período de 30 dias. A instalação do TRANSFIX no TU-15 fase B está prevista para o dia 26/04.	202417	Fueron realizados los análisis y las colectadas solicitadas. Resultados y comentarios registrados en el SSD con N° 241/2024, 262/2024, 274/2024, 298/2024 y 314/2024.
202408659	IEQ3	ILA4	04/06/2024 15:11:52	STE	Tendo em vista os resultados das análises cromatográficas das amostras 298/2024 e 314/2024 no SSD, solicito prosseguir com as análises cromatográficas semanais durante mais um período de 30 dias, a fim de avaliar a evolução dos gases dissolvidos em óleo.	202423	Servicio ejecutado. Resultados y comentarios en los siguientes SSDs 332/2024 349/2024 353/2024 362/2024 371/2024
202408660	IEQ3	MET1	04/06/2024 15:11:41	STE	Realizar coleta dos dados de medição do equipamento TRANSFIX instalado no TU-15 fase B.	202424	Realizada coleta dos dados do equipamento TRANSFIX. Os arquivos, com registros até a data de 12/06/2024, encontram-se em Anexos.
202409407	IEQ3	MET1	17/06/2024 15:03:44	STE	Prestar apoio ao fabricante GE na desinstalação/instalação do sensor de O2 do sensor TRANSFIX instalado no TU, para testes nos equipamentos DGA-900, conforme contrato 4500073490. Atividade prevista para os dias 02 e 03/07/2024.	202427	Prestado apoio ao fabricante GE nos testes de aplicação do sensor de O2 dos dispositivos TRANSFIX e DGA-900. Foi instalado momentaneamente o sensor de oxigênio do sensor DGA-900 no TRANSFIX, e após um período de medições e extração de logs pelo fabricante, o sensor TRANSFIX foi restituído as suas condições normais de operação.
202409416	IEQ3	MET1	17/06/2024 15:00:38	STE	Realizar a parametrização de alarmes do equipamento TRANSFIX, conforme arquivo em anexo.	202426	Realizada ativação e parametrização dos alarmes conforme solicitado. Executados testes funcionais e liberado equipamento para operação.
202410708	IEQ3	ILA4	08/07/2024 10:58:41	STE	Após análise das amostras 00362/2024 e 00371/2024 no sistema SSD, solicito realizar nova coleta de amostra de óleo do transformador e análise cromatográfica para análise de gases dissolvidos. Programar a atividade para o dia 11/07/2024.	202428	Realizado coleta e análise cromatografica em óleo isolante. Resultado se encontra na folha 00408/2024 do sistema SSD
202411240	IEQ3	ILA4	17/07/2024 15:37:57	STE	Após análise das amostras 00408/2024, 00371/2024 e 00362/2024 no SSD, solicito prosseguir com a coleta de amostras e análises cromatográficas do óleo do transformador TU-15 fase B quinzenalmente por um período de 60 dias.	202431	Realizado análise cromatografica de óleo isolante. resultados e discussão no sistema SSD 00415/2024; 00440/2024; 00460/2024; 00461/2024; 00477/2024; 00488/2024; 00536/2024; 00540/2024 y 00548/2024. El TU-15 fase B seguirá en acompañamiento con colectas y análisis cromatográficos según la SSA 202415747.
202413241	IEQ3	MET1	20/08/2024 14:29:31	STE	Realizar a coleta de dados históricos de medições do TRANSFIX instalado no transformador.	202437	Foi realizada a coleta dos dados do Transfix instalado no TU15 Fase B. Dados em anexo

202415747	IEQ3	ILA4	30/09/2024 17:17:22	STE	Após análise das amostras 00548/2024, 00540/2024, 00536/2024 e 00488/2024 no SSD, solicito prosseguir com a coleta de amostras e análises cromatográficas do óleo do transformador TU-15 fase B semanalmente por um período de 60 dias.	202440	Fueron realizados los ensayos conforme solicitado. Comentarios y Resultados en SSD N° 00552/2024, 00553/2024, 00574/2024, 00591/2024, 00614/2024, 00643/2024, 00651/2024.
202418750	MET1	MET1	25/11/2024 15:53:07	STE	Baixar dados do sensor de gases Transfix após identificação do acionamento do led de alerta "CAUTION".	202448	Realizada coleta dos dados do equipamento TRANSFIX. Os arquivos, com registros até a data de 26/11/2024, encontram-se em Anexos.
202419095	IEQ3	MET1	02/12/2024 14:15:44	STE	Após análise dos dados de cromatografia e medições de gases online, solicito o ajuste do alarme 2 do TRANSFIX instalado no TU-15 fase B conforme arquivo em anexo.	202450	Servicio ejecutado, realizado ajuste de alarma 2 del Transfix , conforme documento en anexo. Dejando en condiciones normales.
202419845	IEQ3	ILA4	16/12/2024 07:34:45	STE	Após análise das amostras 00684/2024, 00651/2024 e 00643/2024 no SSD, solicito coleta de amostra de óleo no TU-15 fase B e realização de análises cromatográficas a cada 15 dias durante um período de 60 dias.	202452	Análisis de gases en aceite aislante por cromatografía (DGA) Resultados están dispuesto en el SSDs 701/2024, 020/2025, 041/2025, 065/2025, 178/2025
202501546	IEQ3	MET1	03/02/2025 14:38:39	STE	Verificar funcionamento e ajuste do conversor de mídia (associado ao TRANSFIX) localizado no quadro CXT do TU-15 fase B. Solicitar apoio da MEL4 para testes de comunicação.	202522	Verificado circuito, durante inspección, no se encontraba el conversor de mídia instalado en el CXT fase B, fue retirado durante sustitución del transformador(SSA 202505272) e instalado hydran y Aquaoil.
202502350	IEQ3	ILA4	14/02/2025 11:12:08	STE	Después de un análisis de las muestras N° 0020/2025, 0041/2025 e 0065/2025 en la SSD se percibe aun una leve tendencia progresiva por lo que se solicita seguir recolectando muestras de aceite del TU-15 fase B y realización de análisis cromatográficos cada 15 días durante un período de 60 días.g	202510	Fueron realizados los análisis cromatográficos de las muestras provenientes del TU-15 fase B. Resultados y comentarios disponibles en SSD. - 00178/2025 - 00202/2025 - 00262/2025
202503488	IEQ3	MET1	11/03/2025 09:45:54	STE	Realizar a coleta de dados históricos do TRANSFIX instalado no TU-15 fase B.	202513	Realizada coleta dos dados do equipamento TRANSFIX. Os arquivos, com registros até a data de 17/03/2025, encontram-se em Anexo.
202504572	IEQ3	MET1	26/03/2025 16:45:41	STE	Realizar coletas de dados periódicas no TRANSFIX instalado no TU-15 fase B, durante 60 dias.	202515	Servicio ejecutado, realizado la colecta de datos del Transfix instalado en el transformador principal TU-15 fase B, en anexo los resultados obtenidos conforme solicitado.

202504878	IEQ3	ILA4	31/03/2025 17:05:20	STE	Considerando que las mediciones arrojan a la situación del transformador en cuestión; en Condición 3 según descripción de la norma; que la evolución de los gases combustibles tiene tendencia progresiva y que se detectan indicios de Acetileno en los ensayos cromatográficos, se solicita extracción de muestras y ensayos cromatográficos con frecuencia diaria para el monitoreo continuo.	202514	Colecta de aceite aislante del TU 15 fase B. Análisis cromatografico DGA. Los resultados se encuentran registrados en el SSD. Muestras: 282/2025 ; 291/2025 ; 294/2025 ; 301/2025.
202505269	IEQ3	ILA4	04/04/2025 09:23:44	STE	Após análise dos últimos resultados dos ensaios cromatográficos do TU-15 fase B no sistema SSD, solicito novo acompanhamento com coletas para análise cromatográfica duas vezes por semana (segunda e quinta) até o dia 21/04.	202515	Colecta de aceite aislante TU 15 fase B. Análisis cromatográfico DGA. Los resultados se encuentran registrados en el SSD. N° muestras: 302/2025; 317/2025; 321/2025; 346/2025.
202505272	IEQ3	MET1	04/04/2025 10:11:02	STE	Tendo em vista a evolução progressiva e níveis consideráveis de gases dissolvidos em óleo isolante, solicito a substituição do TU-15 fase B pelo Transformador Reserva 02 60Hz (fabricação BBC). Programar a atividade para início no dia 21/04/2025. Equipamento em acompanhamento pelo sensor TRANSFIX e por ensaios cromatográficos da SMIL.DT.	202517	Conforme solicitado, substituido transformador marca: ABB, S/N: SP-15090, instalado transformador marca: BBC, S/N: SP-15107(Reserva02), realizado ensayos de: interconexión CXT - KT, dispositivos primarios relé buchholz, termómetros de AT, BT y aceite, TC's, indicador de nivel de aceite del tanque de expansión, resistencia ohmica: 0.281ohm a 24Grados., ensayo de factor de potencia y capacitancia de la bucha H1(S/N: M6173978): 0.350%, 398.39pF.
202505414	MET1	MET1	07/04/2025 09:16:17	STE	Realizar los Ajustes y Configuraciones en el Sistema de Monitoreo de los Aisladores Pasantes en el SMT, con el Banco de Transformadores energizado en Vacio.	202520	Con apoyo de ILA3, realizado ajuste de tensión en el SMT-15, luego de la sustitución del transformador fase B. Constatado correcta señalización en el local y SMT-WEB.

Anexo C – Relatório de análise de material particulado por Microscopia Eletrônica de Varredura
(MEV)

IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)

ENSAYO: Análisis de partículas

LOCAL DE COLECTA:

FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025

TIPO DE ACEITE: -

Nº MUESTRA: 0473/025

RELATORIO DE MATERIAL TRAZIDO DO TRANSFORMADOR BBC SP-15090 (RETIRADO DE 15 FASE B)

Foi trazido às dependências da SMIL.DT, no dia 10/06, uma amostra de material aparentemente metálico, coletada no fundo do tanque do transformador 15 fase B. O material trazido apresentava morfologia distinta, sendo parte de natureza esférica e de diversos diâmetros, e outra parte amorfo possuindo ângulos retos e de diversos formatos. O material também apresentava uma granulometria variada, sendo parte dele entre 0,5mm à 2,0mm e outra parte menores à 0,5mm.

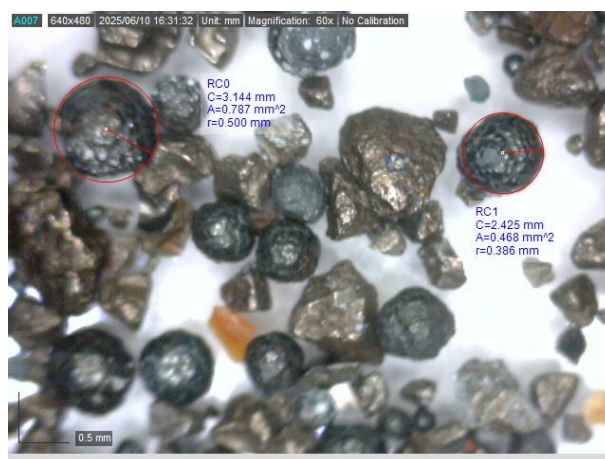
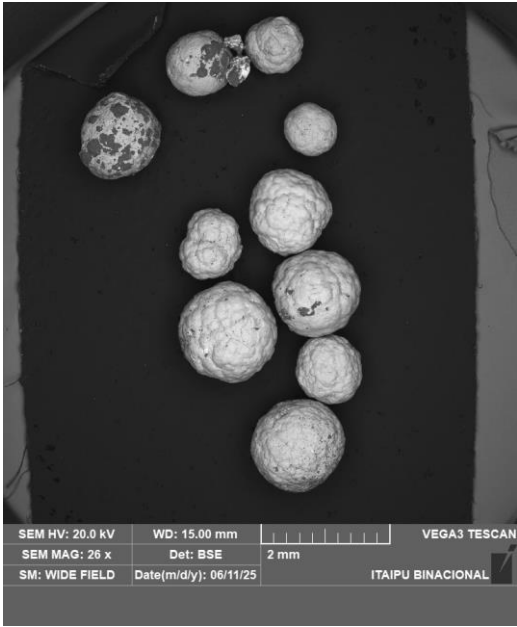
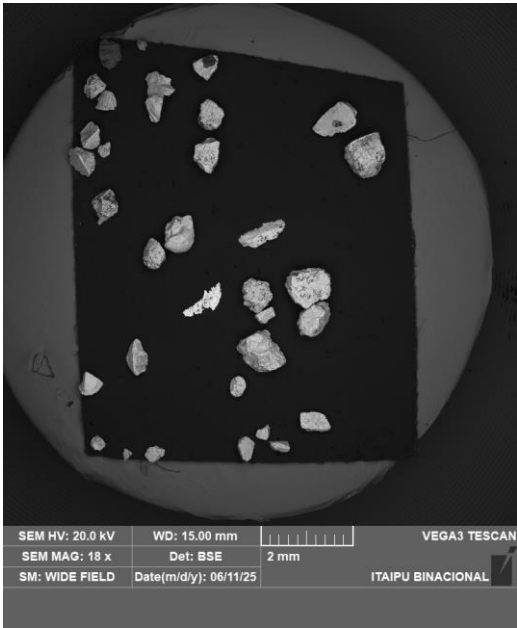


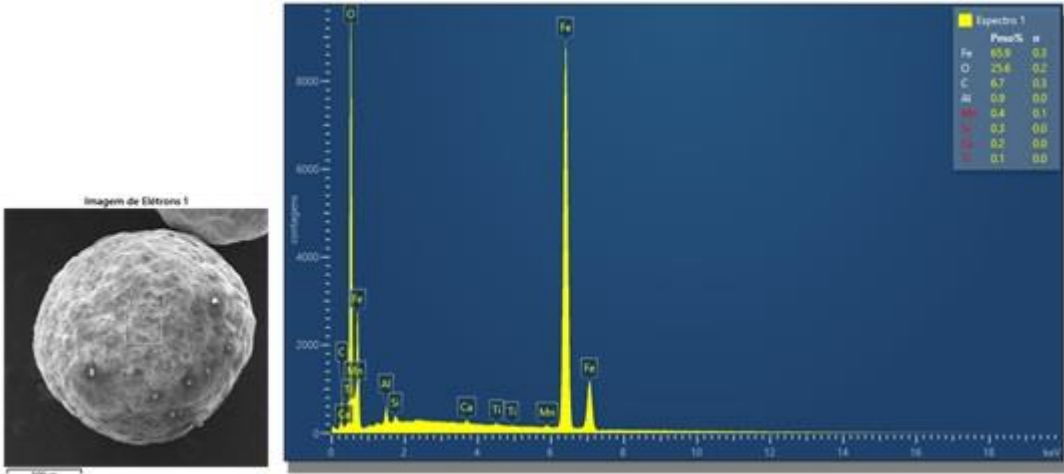
Figura 1: Material retirado do fundo do tanque. Imagem aumentada em 60 vezes.

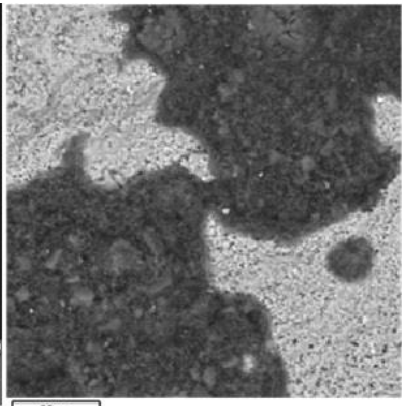
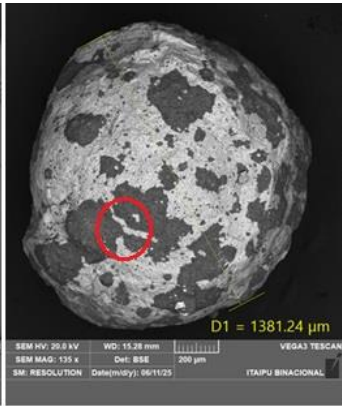
Elaborado por: Daniel Rotelok

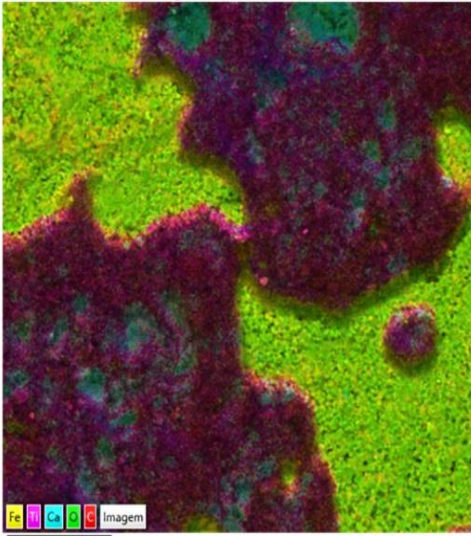
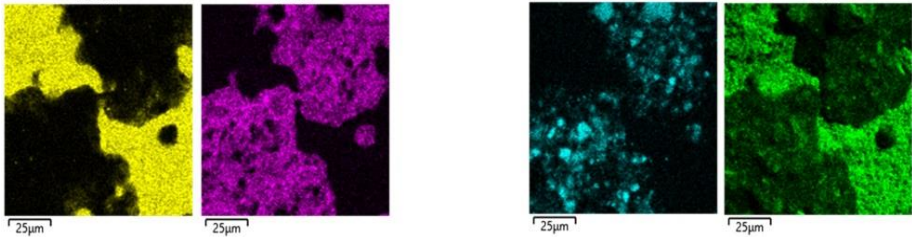
Revisado por: Cesar Andres P.F

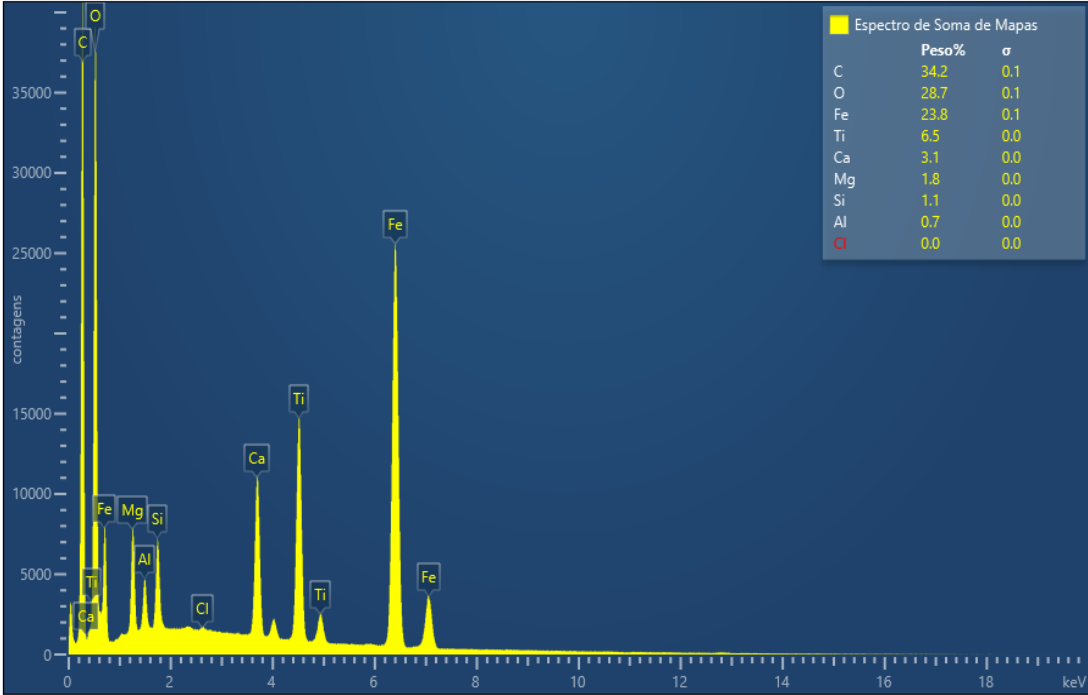
	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA N° 202508903 ANO/SEMANA 2025/24	FL.HJ - ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:	FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025		
TIPO DE ACEITE: -	N° MUESTRA: 0473/025		
O material foi lavado com solventes de diversas polaridades e secado para posterior processamento. Para a análise pelo MEV, o material foi separado por granulometria, sendo usado apenas a agitação mecânica para a separação das partículas. Sendo assim temos dois grupos de material particulado analisado, um formado por material esférico e outro formado por material amorfo. 			
Elaborado por: Daniel Rotelok Revisado por: Cesar Andres P.F			

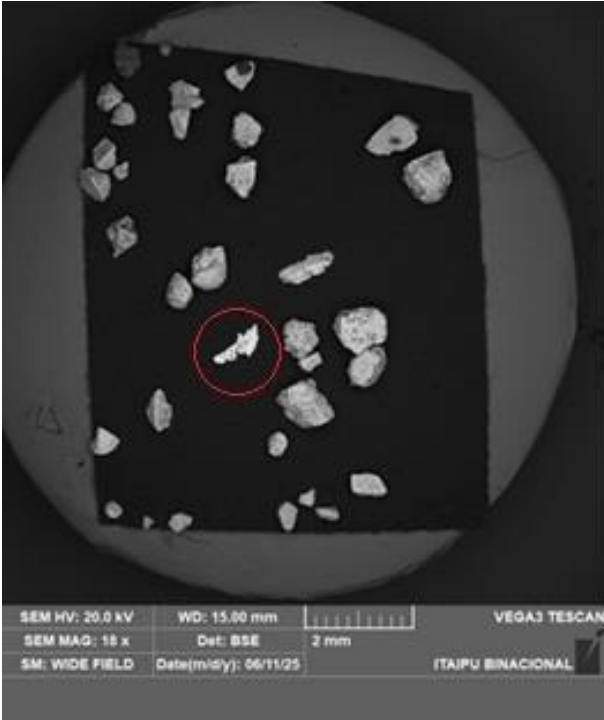
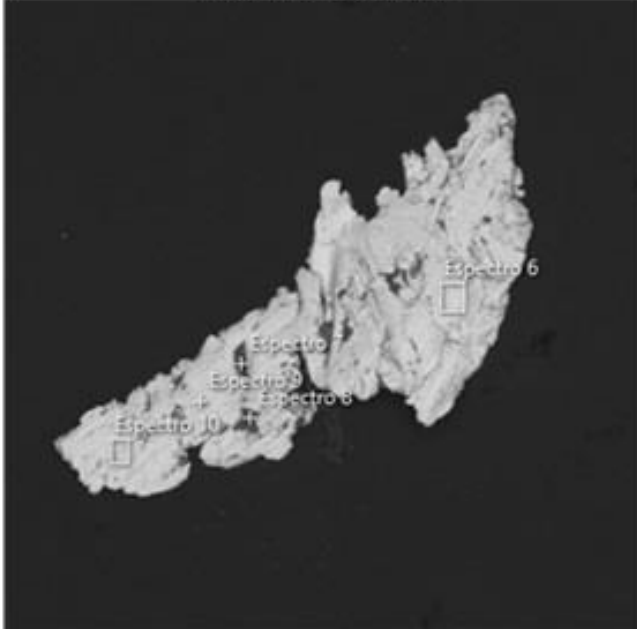
	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA Nº 202508903	FL.HJ -
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025	
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025	
			
Figura 3: Material amorfo separado por agitação. O detector usado para a criação das imagens foi e BSE (<i>backscattered electron detector</i>) e tem como objetivo identificar materiais de diferentes composições. Na Figura 2, podemos verificar que as esferas possuem uma coloração clara peculiar e igual em todas as partículas analisadas para esse caso. Apenas algumas partículas apresentam “manchas” escuras que são claramente formadas por um material diferente da composição do restante das partículas mostradas na imagem. Elaborado por: Daniel Rotelok Revisado por: Cesar Andres P.F			

	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA Nº 202508903	FL.HJ -								
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4								
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)											
ENSAYO: Análisis de partículas											
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025									
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025									
Para a identificação do material apresentado na Figura 2 foi usado o detector EDS (<i>Energy Dispersive X-ray Spectrometer</i>) onde os materiais que apresentam composição distintas foram analisados. Para tanto uma partícula relativamente uniforme foi escolhida para a análise sendo sua composição apresentada abaixo.  Figura 4: Partícula analisada pelo EDS e sua composição relativa. <table><thead><tr><th>Elemento</th><th>Peso%</th></tr></thead><tbody><tr><td>C</td><td>6.66</td></tr><tr><td>O</td><td>25.63</td></tr><tr><td>Fe</td><td>65.86</td></tr></tbody></table> Tabela 1: Composição relativa da partícula da Fig. 4 determinada por EDS.				Elemento	Peso%	C	6.66	O	25.63	Fe	65.86
Elemento	Peso%										
C	6.66										
O	25.63										
Fe	65.86										
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F									

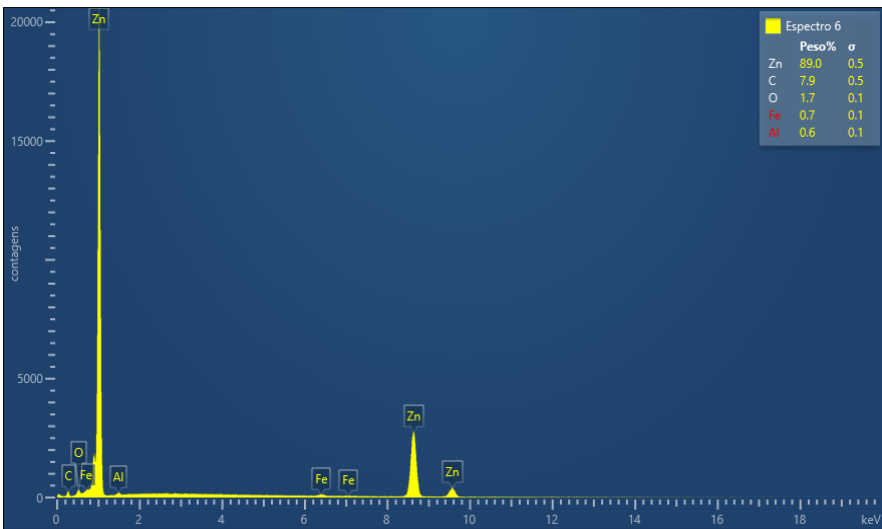
	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA Nº 202508903	FL.HJ -
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025	
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025	
Podemos concluir que a partícula analisada é uma partícula metálica de óxido de ferro e de acordo com a imagem obtida pelo detector BSE podemos concluir que as partículas analisadas nessa primeira amostragem possuem a mesma composição. Para a composição da área mais escura encontrada em algumas partículas dessa amostragem usamos novamente o detector EDS. Foi escolhida uma partícula no canto superior do suporte conforme imagem abaixo. 			
Figura 5: Partícula escolhida para análise em EDS. A partícula em questão foi escolhida por apresentar claramente uma distinção de materiais na sua composição. A coloração diferenciada quando analisada com o detector BSE revela que a composição dos materiais observados é diferente entre eles e quando analisada com o EDS podemos de fato confirmar essa diferença.			
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F	

	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA N° 202508903	FL.HJ -
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025	
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025	
Imagem em Camadas EDS 1  Fe Kα1 Ti Kα1 Ca Kα1 O Kα1 			
Figura 6: Análise da partícula evidenciada na Fig. 5. As figuras menores correspondem ao local onde cada elemento se encontra em maior abundância sendo eles Ferro, Titânio, Cálcio e Oxigênio respectivamente.			
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F	

	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA N° 202508903	FL.HJ -																														
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4																														
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)																																	
ENSAYO: Análisis de partículas																																	
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025																															
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025																															
<table><thead><tr><th></th><th>Peso%</th><th>σ</th></tr></thead><tbody><tr><td>C</td><td>34.2</td><td>0.1</td></tr><tr><td>O</td><td>28.7</td><td>0.1</td></tr><tr><td>Fe</td><td>23.8</td><td>0.1</td></tr><tr><td>Ti</td><td>6.5</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Ca</td><td>3.1</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Mg</td><td>1.8</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Si</td><td>1.1</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Al</td><td>0.7</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Cl</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>					Peso%	σ	C	34.2	0.1	O	28.7	0.1	Fe	23.8	0.1	Ti	6.5	0.0	Ca	3.1	0.0	Mg	1.8	0.0	Si	1.1	0.0	Al	0.7	0.0	Cl	0.0	0.0
	Peso%	σ																															
C	34.2	0.1																															
O	28.7	0.1																															
Fe	23.8	0.1																															
Ti	6.5	0.0																															
Ca	3.1	0.0																															
Mg	1.8	0.0																															
Si	1.1	0.0																															
Al	0.7	0.0																															
Cl	0.0	0.0																															
Figura 7: Composição relativa do material mais escuro evidenciado na Fig.5. Para os materiais de menor granulometria foram usadas as mesmas técnicas usadas anteriormente. Primeiramente uma imagem usando o detector EDS foi realizada para evidenciar quais os diferentes materiais encontrados na amostragem assim como possíveis pontos de interesse. A figura 3 apresenta um panorama geral da amostra e é possível verifica no centro da imagem uma partícula que se destaca das outras pelo seu brilho, sendo claramente possível distingui-la das demais partículas. O resultado do espectro obtido para essa partícula se encontra abaixo.																																	
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F																															

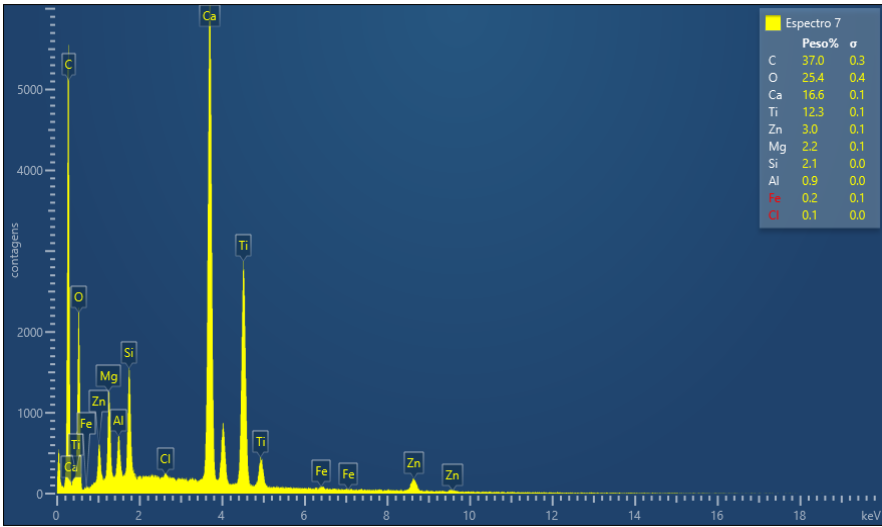
	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA Nº 202508903	FL.HJ -
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025	
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025	
 SEM HV: 20.0 kV WD: 15.00 mm VEGA3 TESCAN SEM MAG: 18 x Det: BSE 2 mm SM: WIDE FIELD Date(m/d/y): 06/11/25 ITAIPU BINACIONAL Imagem de Elétrons 6  250µm			
Figura 8: Partícula escolhida para determinação de composição. É possível ver que além da coloração diferenciada das demais, a partícula possui uma morfologia particular. A análise de EDS foi realizada de maneira pontual nos locais mais claros (espectro 6) e escuros (espectro 7) da partícula. Os resultados encontram-se abaixo.			
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F	

	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA N° 202508903 ANO/SEMANA 2025/24	FL.HJ - ORG. ILA4
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)			
ENSAYO: Análisis de partículas			
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025	
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025	



	Peso%	σ
Zn	89.0	0.5
C	7.9	0.5
O	1.7	0.1
Fe	0.7	0.1
Al	0.6	0.1

Figura 9: Composição elementar da partícula evidenciada na Fig.8. O espectro trata-se da parte mais clara da partícula.



	Peso%	σ
C	37.0	0.3
O	25.4	0.4
Ca	16.6	0.1
Ti	12.3	0.1
Zn	3.0	0.1
Mg	2.2	0.1
Si	2.1	0.0
Al	0.9	0.0
Fe	0.2	0.1
Cl	0.1	0.0

Figura 10: Composição elementar da partícula evidenciada na Fig.8. O espectro trata-se da parte mais escura da partícula.

Elaborado por: Daniel Rotelok

Revisado por: Cesar Andres P.F

IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)

ENSAYO: Análisis de partículas

LOCAL DE COLECTA:

FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025

TIPO DE ACEITE: -

Nº MUESTRA: 0473/025

A análise de EDS confirma que se trata de uma partícula diferente das demais e sua composição é predominante zinco. Analisando as partes mais escuras da partícula podemos ver que sua composição é muito similar ao material encontrado na seção mais escura da partícula evidenciada na Fig.5. Nenhuma outra partícula composta de zinco foi encontrada na amostra fornecida.

As demais partículas apresentam composição semelhante as demais encontradas, formadas predominantemente de ferro sendo seus pontos mais escuros formados de uma mistura de um material formado por titânio, cálcio e magnésio e carbono. Suas morfologias são apresentadas nas imagens abaixo e suas composições nas tabelas a seguir.

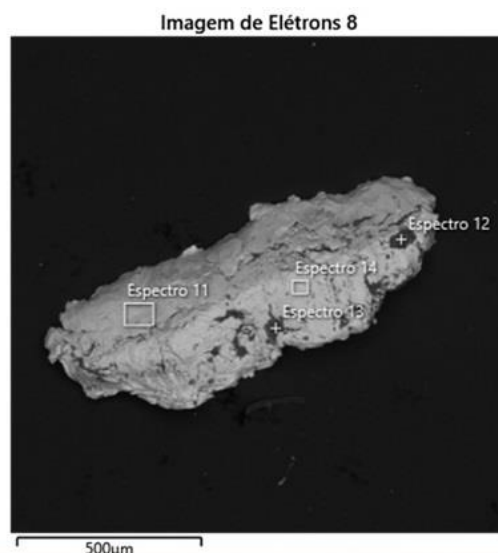
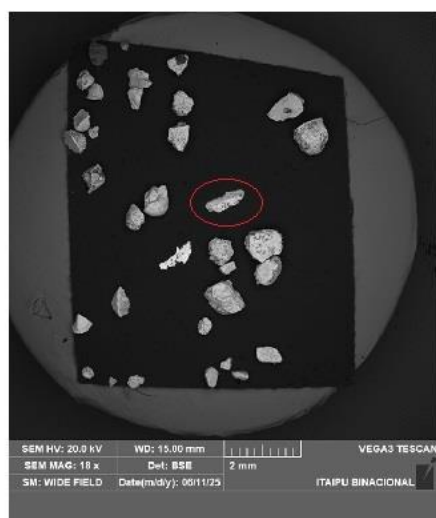


Figura 11: Partícula escolhida para análise de EDS. Foram analisados a composição dos pontos denominados espectro 11 e espectro 12 respectivamente.

Elaborado por: Daniel Rotelok

Revisado por: Cesar Andres P.F

IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)

ENSAYO: Análisis de partículas

LOCAL DE COLECTA:

FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025

TIPO DE ACEITE: -

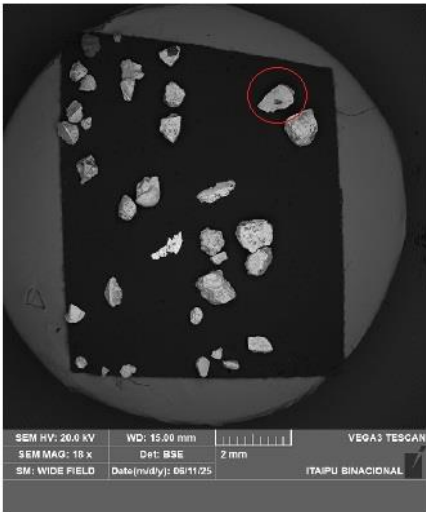
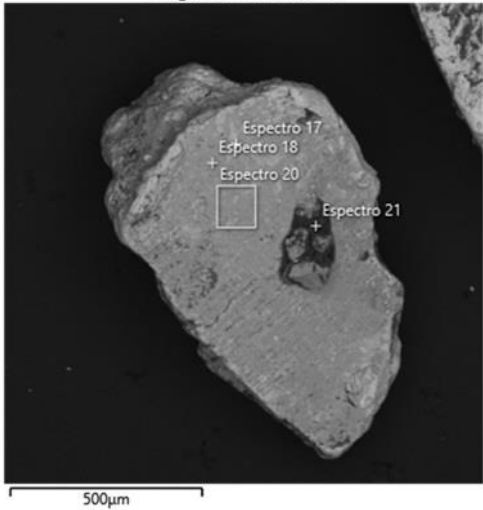
N° MUESTRA: 0473/025

Elemento	Peso%
C	12.79
Fe	85.14

Tabela 2:Concentração aparente do espectro 11

Elemento	Peso%
C	53.36
O	23.80
Mg	0.67
Al	0.82
Si	2.46
S	0.60
Ca	4.15
Ti	4.90
Fe	6.73
Ba	2.39

Tabela 3: Concentração aparente do espectro 12

	 DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC	SSA N° 202508903	FL.HJ -														
		ANO/SEMANA 2025/24	ORG. ILA4														
IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)																	
ENSAYO: Análisis de partículas																	
LOCAL DE COLECTA:		FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025															
TIPO DE ACEITE: -		Nº MUESTRA: 0473/025															
 SEM HV: 20.0 kV WD: 15.00 mm VEGA3 TESCAN SEM MAG: 18 x Det: BSE 2 mm SM: WIDE FIELD Data (m/day): 05/11/25 ITAIPU BINACIONAL Imagem de Elétrons 12  Espectro 17 Espectro 18 Espectro 20 Espectro 21 500µm																	
Figura 12: Partícula escolhida para análise de EDS. Foram analisados a composição dos pontos denominados espectro 20 e espectro 21 respectivamente. <table><tr><th>Elemento</th><th>Peso%</th></tr><tr><td>C</td><td>6.88</td></tr><tr><td>O</td><td>18.68</td></tr><tr><td>Si</td><td>1.15</td></tr><tr><td>Ca</td><td>0.12</td></tr><tr><td>Mn</td><td>1.48</td></tr><tr><td>Fe</td><td>71.33</td></tr></table>				Elemento	Peso%	C	6.88	O	18.68	Si	1.15	Ca	0.12	Mn	1.48	Fe	71.33
Elemento	Peso%																
C	6.88																
O	18.68																
Si	1.15																
Ca	0.12																
Mn	1.48																
Fe	71.33																
Tabela 4: Concentração aparente do espectro 20																	
Elaborado por: Daniel Rotelok		Revisado por: Cesar Andres P.F															



SOM
DOCUMENTO COMPLEMENTAR - DOC

SSA N°
202508903

FL.HJ
-

ANO/SEMANA
2025/24

ORG.
ILA4

IDENTIFICACIÓN: 0142.002-0 - TRANSFORMADOR PRINCIPAL 60 HZ DA UNIDADE (TU)

ENSAYO: Análisis de partículas

LOCAL DE COLECTA:

FECHA DE RECEPCIÓN/COLECTA: 10/06/2025

TIPO DE ACEITE: -

N° MUESTRA: 0473/025

Elemento	Peso%
C	71.97
O	18.07
Al	0.26
Si	1.01
Ca	5.69
Ti	1.63
Fe	0.80
Cu	0.13
Zn	0.44

Tabela 5: Concentração aparente do espectro 21

Elaborado por: Daniel Rotelok

Revisado por: Cesar Andres P.F