

NOTA DE APLICAÇÃO

PADRONIZAÇÃO DOS NÍVEIS DOS
ALARMES DE H₂ E H₂O

Treetech





Padronização dos níveis dos alarmes de H₂ e H₂O

1. Introdução

O presente documento tem por objetivo apresentar os estudos realizados com base nas normas vigentes e suas edições relacionados aos valores de alarme de H₂ e H₂O no óleo mineral isolante, definindo e esclarecendo os valores recomendados pela Treotech e as devidas referências de tais valores.

2. Revisão Bibliográfica

As referências técnicas consideradas nessa nota de aplicação são:

- ABNT NBR 10576:2017 [1]
- ABNT NBR 10576:2012 [2]
- IEC 60422:2013 [3]
- IEC 60599:2015 [4]
- IEEE C57.104:2008 [5]
- IEEE C57.106:2015 [6]
- Artigo “Effective methods of assessment of insulation system conditions in power transformers: a view based on practical experience”, de Victor Sokolov [7].

É importante observar que as normas consideradas apresentam valores relacionados apenas ao óleo mineral isolante. Esses valores são **típicos** e deverão ser utilizados apenas na falta de dados mais representativos. A própria norma deixa claro que cada usuário deve possuir o conhecimento de seu ativo e, assim, parametrizar o valor que melhor expressa os limites reais de criticidade do equipamento. Como a própria ABNT NBR 10576:2017 ressalta:

“As orientações fornecidas nesta Norma, ao mesmo tempo que tecnicamente recomendáveis, são principalmente direcionadas a servir de base comum para a preparação de procedimentos mais específicos e completos pelos usuários em função das circunstâncias locais. Deve ser empregado um critério bem fundamentado de engenharia na busca do melhor compromisso entre os requisitos técnicos e os fatores econômicos.” (ABNT NBR 10576, 2017, página vii)

2.1. Valores limite de H₂O

Os valores de limite para H₂O apresentados nas normas são mostrados nas tabelas a seguir.

2.1.1. ABNT NBR 10576

Tabela 1 - Valores limite para H₂O de acordo com a norma ABNT NBR 10576:2017, para transformadores e reatores

	≤ 72,5 kV	> 72,5 kV ≤ 145 kV	> 145 kV
Valor limite para H ₂ O (ppm)	40	30	20



Tabela 2 - Valores limite para H₂O corrigido a 20 °C de acordo com a norma ABNT NBR 10576:2012, para transformadores e reatores

	≤ 69 kV	> 69 kV ≤ 230 kV	> 230 kV
Valor limite para H ₂ O corrigido a 20 °C (ppm)	10	8	6

A norma ABNT NBR 10576 de 2017 e de 2012 também apresentam limites de H₂O para comutadores. A tabela que mostra esses valores é a “Tabela 10” das normas.

Tabela 3 - Valores limite para H₂O de acordo com as normas ABNT NBR 10576 de 2017 e 2012, para comutadores

	Valor de H ₂ O (ppm)
Comutador de neutro	40
Comutador de linha	30

2.1.2. IEC 60422

Tabela 4 - Valores limite para H₂O de acordo com a norma IEC 60422:2013, para transformadores e reatores

Valores para H ₂ O (ppm)	≤ 72,5 kV	> 72,5 kV ≤ 170 kV	> 170 kV
Nível insatisfatório	30	20	15
Nível prejudicial	40	30	20

2.1.3. IEEE 57.106

Tabela 5 - Valores limite para H₂O de acordo com a norma IEEE 57.106:2015, para transformadores e reatores

	≤ 69 kV	> 69 kV < 230 kV	≥ 230 kV
Valor limite para H ₂ O (ppm)	35	25	20

Tabela 6 - Valores limite para H₂O de acordo com a norma IEEE 57.106:2015, para comutadores

Valor de H ₂ O (ppm)	≤ 69 kV	> 69 kV
Comutador de neutro	40	
Comutador de linha	30	25

2.1.4. Considerações para o cálculo de H₂O @20 °C



Algumas normas não definem limites para o H_2O corrigido à 20 °C, mas podem ser calculados a partir de fatores de correção. Os pré-requisitos teóricos para a realização dos cálculos de correção, segundo as normas ABNT NBR e IEC são:

1. Deve existir equilíbrio nos processos termoquímicos entre o óleo e o papel;
2. Não deve existir entrada anormal de água;
3. O equipamento deve ter isolamento celulósico;
4. Não pode haver presença de água livre no óleo.

Os critérios para o cálculo são os seguintes:

1. O cálculo não pode ser realizado caso a temperatura do fluxo de óleo no ponto de amostragem esteja abaixo de 20 °C;
2. De 20 °C até 40 °C o cálculo é pouco confiável;
3. De 40 °C até 70 °C o cálculo é razoavelmente confiável;
4. Acima de 70 °C o cálculo apresenta bons resultados.

As conversões de H_2O para 20 °C realizadas por qualquer equipamento podem apresentar imprecisões, tanto pela dificuldade de medir a temperatura no ponto de fluxo do óleo quanto pela temperatura do óleo quando abaixo de 70 °C. Sendo assim, para obter valores corrigidos à 20 °C a partir dos valores absolutos apresentados nas normas, é possível considerar uma temperatura típica de operação e realizar a correção seguindo os fatores propostos nas normas (“Anexo A” das normas ABNT NBR 10576:2017 e IEC 60422:2013).

2.1.5. Saturação Relativa

Com relação à saturação relativa, é apresentada uma tabela nas normas ABNT NBR 10576:2017 e IEC 60422:2013 que relaciona a saturação de água no óleo com a condição da isolamento celulósico do equipamento. A presença de água na isolamento celulósica acelera o envelhecimento dessa, reduzindo a vida útil do ativo.

Para os alarmes de saturação relativa, foram consideradas as recomendações da norma ABNT NBR 10576:2017, presentes na “Tabela B.1” do anexo B da norma. Esta tabela também está presente na norma IEC 60422:2013 no anexo A (“Tabela A.1”). Outros artigos relacionam a saturação relativa com a rigidez dielétrica [7], e desses podemos retirar outros valores consideráveis.

Tabela 7 - Tabela de saturação relativa de água no óleo vs. condição da isolamento celulósica

Saturação de água no óleo (%)	Condição da isolamento celulósica
< 5	Isolação seca
> 5 e < 20	Isolação moderadamente úmida
> 20 e < 30	Isolação úmida
> 30	Isolação extremamente úmida

2.2. Valores de alarme para H_2

Devido ao fato de o H_2 ser um gás formado em processos de decomposição natural do óleo, a definição de um valor de alarme pode ser mais complexa. As normas IEC e IEEE



apresentam vários métodos de análise de gases no óleo mineral isolante e dentre eles, menciona valores de concentração típica de H₂ no óleo. Essas concentrações, entretanto, são valores típicos que podem variar para cada fabricante, modelo e tipo de transformador. As normas, então, deixam claro que cada usuário deve conhecer bem cada um de seus ativos, podendo assim ajustar qual o melhor limite de alarme para cada equipamento e obter um monitoramento otimizado de seus equipamentos.

A tabela a seguir mostra o valor típico de H₂ apresentado por cada norma e para cada equipamento, dependendo do tipo de aplicação.

2.2.1. IEEE C57.104

Tabela 8 - Valores recomendados para H₂ de acordo com a norma IEEE C57.104:2008

	H ₂ (ppm)
Valor típico	100

2.2.2. IEC 60599

Tabela 9 - Valores recomendados para H₂ de acordo com a norma IEC 60599:2015

Valor típico de H ₂ (ppm)	Transformador				Transformador de instrumentos		Buchas
	Potência	Forno	Distribuição	Submersível	TC	TP	
	50 – 150	200	100	86	6 – 300	70 – 1000	

3. Definições dos valores de alarme

Uma vez apresentada a revisão bibliográfica do item 2, o usuário fica livre para definir os limites de alarme recomendados pela norma de sua escolha, podendo até mesmo escolher limites de normas distintas, para a melhor adequação à situação do seu ativo, especialmente nos pontos em que a norma não estipula um valor limite, mas sim um típico comumente observado em outros equipamentos em operação.

A tabela abaixo propõe um ajuste padrão mínimo para que o ativo não fique completamente sem proteção na ausência de dados que balizem a definição dos alarmes. Vale salientar que esses valores foram definidos pensando no cenário brasileiro e considerando a norma ABNT NBR 10576 como base. O usuário deve interpretar se tais valores são aplicáveis dadas as políticas da própria empresa e do gerenciamento do seu ativo, realizando as correções que julgar necessárias.

Tabela 10 - Valores padrão mínimo para aplicação em equipamentos de monitoração de gás e umidade, baseados na ABNT NBR 10576 de 2017 e 2012

	≤ 69 kV	> 69 kV ≤ 72,5 kV	> 72,5 kV ≤ 145 kV	> 145 kV ≤ 230 kV	> 230 kV
Valor para alarme de H₂O alto (ppm)¹	30	30	20	15	15
Valor para alarme de H₂O muito alto (ppm)²	40	40	30	20	20
Valor para alarme de H₂O corrigido a 20 °C alto (ppm)³	8	6	6	6	4
Valor para alarme de H₂O corrigido a 20 °C muito alto (ppm)⁴	10	8	8	8	6
Valor para alarme por saturação relativa alta (%)⁵	30				
Valor para alarme por saturação relativa muito alta (%)⁶	50				
Valor para alarme de H₂ alto (ppm)⁷	100				
Valor para alarme de H₂ muito alto (ppm)⁸	150				

¹ Valores definidos pela condição “Fair” da norma IEC 60422:2013

² Valores definidos pelos limites da ABNT NBR 10576:2017

³ Valores definidos pelos limites da ABNT NBR 10576:2012 subtraídos de 2 pmm

⁴ Valores definidos pelos limites da ABNT NBR 10576:2012

⁵ Valor definido pela condição de isolamento extremamente úmida da ABNT NBR 10576:2017

⁶ Valor definido a partir dos estudos do artigo [7], que definem este valor como sendo o ponto crítico para a rigidez dielétrica do óleo

⁷ Valor definido pelo valor típico da IEEE C57.106:2008

⁸ Valor definido pelo valor superior da faixa típica da IEC 60599:2015

4. Referências Bibliográficas

[1] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 10576: Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção”, quarta edição, Rio de Janeiro, 2017.

[2] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 10576: Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção”, terceira edição, Rio de Janeiro, 2012.

[3] International Standard, “IEC 60422 – Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance”, ed. 4.0, 2013.

[4] International Standard, “IEC 60599 – Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis”, ed. 3.0, 2015.

[5] International Standard, “C57.104 - IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers”, 2008.

[6] International Standard, “C57.106 - IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Mineral Oil in Electrical Equipment”, 2015.

[7] V. Sokolov, Z. Berler, V. Rashkes, “Effective methods of assessment of insulation system conditions in power transformers: a view based on practical experience”, *Proceedings in Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing and Coil Winding Conferenc*, 28-28 Oct. 1999, Cincinnati, OH.