

ESTIMATIVA DO NÍVEL DE ÓLEO DE TRANSFORMADORES POR TERMOGRAFIA

Tema: Subestações de Distribuição

Autores: Vinícius Monteiro de Paula

Co-Autores: -

Empresa: Cemig Distribuição S.A.

Resumo

As Distribuidoras de Energia são as principais fontes do fornecimento de energia elétrica para todos os consumidores do país, sendo residenciais, comerciais, industriais e públicos. Dentre os diversos equipamentos que possibilitam a disponibilidade de energia elétrica aos consumidores, destacam-se os transformadores de Potência, que são caracteristicamente estruturados por um núcleo magnético, com enrolamento primário e secundário, envolvido totalmente por óleo isolante, que é contido por um tanque de aço, tendo um compensador de óleo adjacente, que permite a variações de dilatação do óleo, devido aquecimento e coletas de óleo para análise, visando manter suas condições de isolamento e resfriamento. Para tanto, são necessários indicadores de níveis nos tanques de compensação de óleo, que infelizmente, ainda são estruturalmente mecânicos, sujeitos a falhas, gerando desligamento destes importantes equipamentos, com todo o conjunto de consequências, como desligamentos prolongados de consumidores, multas por ineficiência de qualidade, riscos a terceiros, dentre outros. A princípio a solução mais lógica seria a implementação de indicadores de níveis mais eficientes e confiáveis, mas apesar de já termos tecnologias disponíveis, ainda são pouco utilizadas, diante do seu custo x benefício para substituição imediata. Neste cenário aparente da falta de opção viável, surge a opção de verificação do nível de óleo através da inspeção termográfica da carcaça dos tanques de compensação, agregada a rotina de inspeção de pontos quentes em conectores de subestação. Esta alternativa é muito viável, diante do seu custo irrisório de implementação, pois utiliza de uma estrutura e processo rotineiro já estabelecido. Para tanto, foi necessário o desenvolvimento deste projeto, que apesar do conhecimento do procedimento da rotina de termovisão, a inspeção de temperatura da carcaça dos tanques de compensação necessita de requisitos indispensável para garantir uma verificação confiável dos níveis, como descrito neste trabalho.

1. Introdução

As Distribuidoras de Energia são as principais fontes de fornecimento de energia elétrica para todos os consumidores do país, residenciais, comerciais, industriais e públicos. Dentre os diversos equipamentos que possibilitam a disponibilidade de energia elétrica aos consumidores, destacam-se os Transformadores de Potência, que são caracteristicamente estruturados por condutores de energia interno e são protegidos externamente por uma carcaça de aço de alta resistência mecânica, devido à pressão interna, a condições

climáticas e choques mecânicos, visando manter sua integridade, por sua grande importância no sistema elétrico de potência e adequado à norma técnica ABNT NBR 5356-1.

Bem sabedores, que não podemos permitir que a corrente elétrica passante nos condutores internos, tenha contato com a carcaça, devido à possibilidade de curto-circuito interno, riscos a terceiros, ao sistema elétrico e aos elementos próximos integridade dos equipamentos, faz-se necessária a introdução de um componente isolante entre a carcaça e os condutores de corrente internos, e que, sendo o mais utilizado atualmente, o óleo isolante, por seu viável custo-benefício, disponibilidade no mercado, domínio tecnológico e facilidades operacionais, bem como ao atendimento à norma técnica ABNT NBR 5356-1. Alguns equipamentos já disponíveis e outros em estudos têm apontado como futuro próspero, como os transformador a seco que vem sendo utilizado com sucesso até o nível de tensão de 52 kV, com elementos isolantes sólidos a base de epóxi. Mas os equipamentos de maiores tensões, ainda necessitam de mais estudos e desenvolvimento visando atingir os atrativos citados em relação ao óleo isolante. Diante da relevância citada do óleo isolante, mesmo sendo o elemento relativamente de menor custo, sua manutenção e monitoramento, necessariamente, é prioritária e contínua, para manutenção da confiabilidade dos equipamentos e consequentemente do sistema elétrico. O monitoramento da qualidade do óleo isolante é feito através das coletas amostrais de óleo e enviadas para exames laboratoriais, que indicam a sua qualidade e em caso de necessidade, a indicação de tratamento ou substituição do óleo, em concordância com a NBR 10576. Quanto ao monitoramento do nível do óleo, que é o ponto focal deste projeto, utilizam-se os indicadores de níveis de óleo de acordo com a NBR 5356-1, para garantir que o óleo isolante cubra totalmente os elementos internos condutores de energia, evitando a possibilidade de exposição de qualquer parte condutora e consequentemente permitindo o curto-circuito interno, que levaria fatalmente à queima do equipamento e não havendo redundância (equipamentos que absorvem a função desempenhada pelo equipamento em questão, sem comprometer totalmente os sistemas) indisponibilizaria total ou parcialmente a planta da instalação, gerando interrupções, com elevados custos para recuperação e/ou substituição do equipamento danificado.

O próprio nome já diz, que os indicadores de níveis, informam a quantidade de óleo presente no interior do equipamento, que necessariamente tem seus limites de níveis operacionais. Rotineiramente essa indicação é monitorada via telecontrole pelo centro de controle e inspeções de rotina dos técnicos de campo. Devido às suas estruturas mecânicas, que com o passar do tempo sofrem desgastes naturais, registram-se várias ocorrências de agarramento destes mecanismos, gerando informações erradas, permitindo a ocorrência de falhas dos equipamentos, com todas as suas consequências já mencionadas. A Figura 1, apresenta um medidor de nível de óleo isolante que funciona por princípios mecânicos: o ponteiro indicador de nível é movimentado por uma haste, que por sua vez é conectada a pequenas boias que se movimentam conforme o nível do óleo isolante no tanque principal, que pode ser melhor visualizado na Figura 2, que mostra a parte interna do mecanismo indicador, passível de agarramento. Alguns fabricantes já disponibilizam indicadores magnéticos com mostrador/tela eletrônico, eliminando as partes mecânicas passíveis de falhas, mas que também apresentam falhas, devido aos componentes de sua ligação elétrica e demanda maior acompanhamento de manutenção e calibração, onerando o processo. A substituição de imediato é inviável ou impossível, visto a complexidade de trocas ou disponibilidade de recurso pelas empresas operadoras das instalações.

A figura 3, é um esquemático simplificado do circuito de sinalização de mínimo e máximo do nível de óleo do tanque de compensação dos Transformadores de Potência, mas que usualmente nas distribuidoras de energia, são usados para sinalização de baixo nível de óleo e outro para proteção, acionando o desligamento automático do Transformador, quando atinge o nível abaixo do aceitável operativamente.



FIGURA 1: INDICADOR DE NÍVEL

Figura 1: modelo de indicador de nível de óleo disponível para comercialização, mostrado as boias internas que acompanha o nível e o indicador externo que é acionado pelas boias internas indicando o nível pelo ponteiro (Fonte: JPELUZO - 2016).

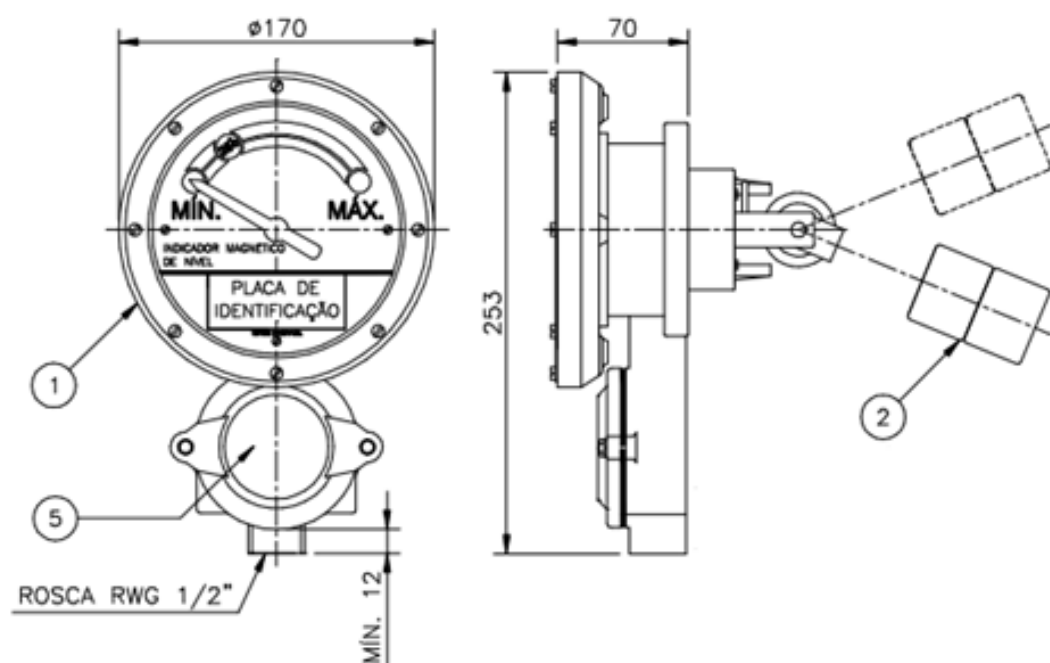


FIGURA 2: DESENHO DO MECANISMO DO INDICADOR: FONTE: TOSHIBA, 2003.

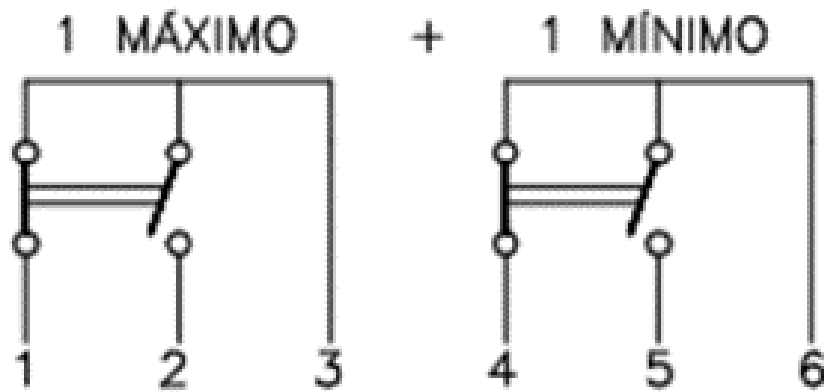


FIGURA 3: ESQUEMA DE LIGAÇÃO ELÉTRICA DE ALARME. FONTE: TOSHIBA, 2003.

Esta ideia surgiu após uma inspeção de rotina, quando o técnico realizava uma termografia na subestação, ao visualizar a superfície da carcaça dos transformadores, verificou diferenças de temperaturas detectáveis pelos termovisor. Essa experiência gerou expectativa para possibilitar a visualização do nível de óleo dos transformadores de potência com o termovisor, mas infelizmente novas tentativas indicaram que não seria bem assim, visto que alguns fatores interferem no resultado desta visualização, como exemplo, temperaturas ambientes, radiação refletidas dos ativos, ângulo de visualização e outros itens, que necessitam de certos cuidados para permitir este procedimento.

2.1 Objetivo Geral

Diante desse cenário, o projeto propõe como objetivo geral a “Elaboração de um protocolo para estimativa do nível de óleo do tanque de compensação de transformadores de potência por termografia vermelha”, agregado a rotina de termografia nas subestações de alta tensão da distribuição”.

Este protocolo trará confiabilidade ao monitoramento dos níveis de óleo dos tanques de compensação dos transformadores de potência, bem como uma uniformização dos procedimentos dos termografistas, para minimizar os riscos de erros de leituras, devido a requisitos não observados durante as inspeções ou dos preparativos deste procedimento, além de não acarretar elevação de custo, visto que será inserida na própria rotina de inspeções termográficas das subestações.

2.2 Objetivo Específicos

A partir do objetivo geral, o projeto estabelece os objetivos específicos, divididos em etapas, visando o seu desenvolvimento com detalhadas na sequência:

- Revisão Bibliográfica dos materiais de termografia em subestações de alta tensão da distribuição de energia visando atender a necessidade de leitura do nível de óleo em transformadores de potência, identificando situações adversas.
- Elabora um protocolo, constando um check-list, com os requisitos necessários para leitura do nível de óleo em transformadores, agregado a rotina de termovisão e considerando diferentes condições adversas, a fim de evitar viagens improdutivas.
- Avaliar a eficácia do protocolo desenvolvido através de testes em campo e simulações em laboratório.
- Propor diretrizes para a implementação dos novos protocolos nas práticas de manutenção de transformadores de potência.

A primeira etapa foi baseada em uma pesquisa de campo com os termografistas que utilizam deste procedimento de estimativa de nível e uma consulta bibliográfica. Antecipando a consulta bibliográfica não identificou materiais que tratassem especificamente desta proposta de estimativa por termovisão do nível de óleo do tanque de compensação dos transformadores de potência, para conferência da normalidade do seu indicador mecânico, agregado à rotina de termografia nas subestações de alta tensão da distribuição, mas verifica-se algumas pesquisas correlatas que serão descritas no item 3.1.

Para a segunda etapa de elaboração do protocolo, constando o check-list, serão necessárias algumas definições para sustentação do domínio técnico deste processo e desenvolvidas preliminarmente no projeto. Um levantamento de inspeções não satisfatórias, será analisado. Em seguida serão relacionados os motivos que impediram confirmação do nível pela termografia. Esta análise será disponibilizada para uma nova rodada de inspeção, atendendo as premissas estabelecidas pelas normas da ABNT, como a qualificação e avaliação pessoal da NBR ISO 18436-7: 2023, a terminologia da NBR 15424:2022, os princípios gerais da NBR 16969: 2021, os procedimentos das normas NBR 16818: 2020, 15572: 2013 e 15866: 2010, que neste momento serão realizadas com técnicos com maior domínio da tecnologia de termovisão e seguindo o mesmo procedimento realizado anteriormente, para validação do procedimento adotado. Na sequência, serão ajustados os requisitos e refeito a inspeção seguindo os procedimentos indicados na metodologia em estudo.

Na terceira etapa, após conclusão satisfatório da segunda etapa, será redigido uma análise comparativa para confirmação dos critérios e referências básicas e disponibilizado o protocolo do procedimento de estimativa do nível de óleo.

Para quarta etapa, o protocolo, será testado em campo pelos termografistas, visando verificar a facilidade de interpretação e execução do documento, garantindo que todas as empresas do setor elétrico possam utilizar deste protocolo.

Na quinta e última etapa, será emitido um relatório final deste projeto contendo o protocolo completo para a realização do procedimento, bem como, um descritivo para consulta, relacionando as interferências que influenciam negativamente no resultado das inspeções de forma a dar suporte aos operadores dos equipamentos de termovisão, quando necessário.

Esta metodologia terá um enfoque generalista, atendendo aos quesitos básicos de equipamentos, que estão presente na maioria das empresas de Distribuição de Energia, cabendo aos interessados fazerem as adequações necessárias caso necessite, levando em conta tipificações de equipamentos termovisores, fontes adicionais de luzes e radiações, dentre outros itens.

2. Desenvolvimento

Como já mencionado, este projeto surgiu ocasionalmente, quando um técnico realizava uma rotina de inspeção termográfica em uma subestação e visualizou uma diferença de coloração na parede de um tanque de compensação de óleo do transformador, entendendo que seria a indicação do nível de óleo. A partir de então essa técnica tem sido experimentada, mas nem sempre tem tido resultados satisfatórios, devido as influências de clima, carregamento do transformador, incidência solar, parâmetros de ajustes do aparelho de termovisão, dentre outros, trazendo insegurança para os operadores dos termovisores, principalmente os iniciantes, que diante de algumas inspeções sem sucesso, ficaram desestimulados por esse procedimento.

Para este projeto utilizaremos a metodologia de “Pesquisa de Campo”, associado a experimentos e análises documentais, visto que esta proposta tem como base algumas experiências ocorridas nas atividades de

rotinas dos técnicos de campo das empresas de distribuição de energia que necessita de embasamento para um melhor controle do procedimento, visando evitar erros na execução.

O projeto foi planejado por etapas iniciando com uma pesquisa de campo, por consulta ao termografistas para identificar a quantidade de técnicos que utilizavam de forma rotineira o procedimento de verificação de nível de óleo nos compensadores dos transformadores de potência, quais os procedimentos que cada um adotava durante as inspeções, quais as dificuldades encontradas e quais os requisitos que entendiam ser prudentes nesta atividade.

Na sequência é executado um teste experimental com protótipo em ambiente controlado para uma primeira tentativa de avaliação de eficiência e requisitos para estabelecimento do procedimento e base do protocolo. Os dados do levantamento inicial de pesquisa de campo e revisão bibliográfica, acrescidos do teste experimental, serão analisados e fornecidos para elaboração do protocolo.

Com o protocolo estruturado, será realizado um novo teste em campo, com inspeção em cerca de 3 transformadores, sendo em 3 subestações distintas, com horários e maior variações climáticas e incidências solares possíveis, para identificação das influências e limites de cada requisito estabelecido. Os resultados obtidos serão novamente analisados para ajuste do protocolo inicial estabelecendo a versão final.

Por último será posto o protocolo final para a validação final de todos os termografistas, finalizando o projeto com emissão do procedimento.

ANDAMENTO DO PROJETO

1 Levantamento de variáveis

O ponto de partida foi a pesquisa de campo com os termografistas e a revisão bibliográfica citada para identificação das variáveis de interferência na execução deste procedimento e estabelecer os requisitos para execução deste procedimento. Variáveis como condição atmosférica, temperatura ambiente, incidência solar, ângulo de visada, carregamento e emissividade foram estabelecidos como parâmetros necessários de controle e descritos no item 3, para um primeiro teste em ambiente controlado, conforme item 2 e posterior teste de confirmação em campo.

2 Ensaio experimental

A agregação ao procedimento de rotina da termovisão em subestação, que já bem estruturado e conhecido do setor elétrico, introduzindo o novo procedimento de verificação dos níveis de óleo dos equipamentos com óleo isolante. Para desenvolver este procedimento, inicialmente utilizamos de um protótipo simulado de um equipamento com óleo isolante, utilizando a seguinte estrutura:

- Sala climatizada – Ares-condicionados ajustados em 23 °C.

O ajuste de temperatura e iluminação foi mantido em todo período de teste, visando evitar influência nos resultados. O posicionamento do protótipo também foi posicionado distante da janela, visando evitar a incidência no protótipo.

- Equipamentos

- *Panela de Alumínio, modelo caldeirão hotel 26 C/TP – Volume: 12.200 ml e peso: 1,297 kg, Registro INMETRO;*
 - a) *A panela simula o tanque de um transformador, visto a similaridade de material, que será comparado com os testes em campo;*
- Ebulidor 220V/1000W, marca: IMC, modelo: 104;
 - a) O Ebulidor simula o enrolamento do transformador, sendo a principal fonte de calor do tanque do transformador;
- *10 litros de óleo lubrificante mineral, marca: Panther Advance 20W/50 API SL;*
 - a) *O óleo utilizado é comercializado com finalidade automotiva e será avaliado o desempenho nos ensaios do protótipo com o real em campo para comprovação do comportamento no simulado;*

- Tinta spray multiuso preto fosco, secagem rápida, marca: Open;
 - a) visando a melhoria da emissividade, a faixa pintada no protótipo, foi do mesmo padrão para os testes em campo, diante a comprovada eficiência mediante as tabelas utilizadas pelos fornecedores (Contemp, 2022);
- *Par de luvas de vaqueta, CA:21026;*
 - a) *item de segurança, devido a necessidade de elevação de temperatura durante os testes em simulador;*
- Fita isolante 3M;
 - a) item acessório de apoio na montagem do simulador;
- *Termovisor Flir, modelo: E60.*
 - a) *equipamento bem consolidado no mercado de termovisão, sendo referência no setor de distribuição de energia;*
 - b) *principal elemento para viabilizar o procedimento.*
- Termômetro;
 - a) equipamento essencial no simulador, visto que a temperatura é determinante para variação da intensidade da diferença de temperatura que permite a visualização do nível.

Sequência dos ensaios:

A panela de alumínio é sequencialmente preenchida com óleo automotivo 20W/50 em etapas de 2, 4, 6, 8 e 10 litros. Em cada etapa é medido a temperatura induzida pelo aquecimento de um ebulidor imerso no óleo, com elevação da temperatura em patamares de 30, 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente em cada etapa e consequentemente registrado a termovisão correspondente a cada patamar de temperatura, bem como a temperatura mensurada no registro pelo termovisor.

Na sequência os valores são tabulados para análises, visando alimentar os estudos. A Figura 4, apresenta o esquema montado na sala de energia do IFES, durante os ensaios com o simulador de forma a possibilitar análises que podem influenciar o resultado dos testes.

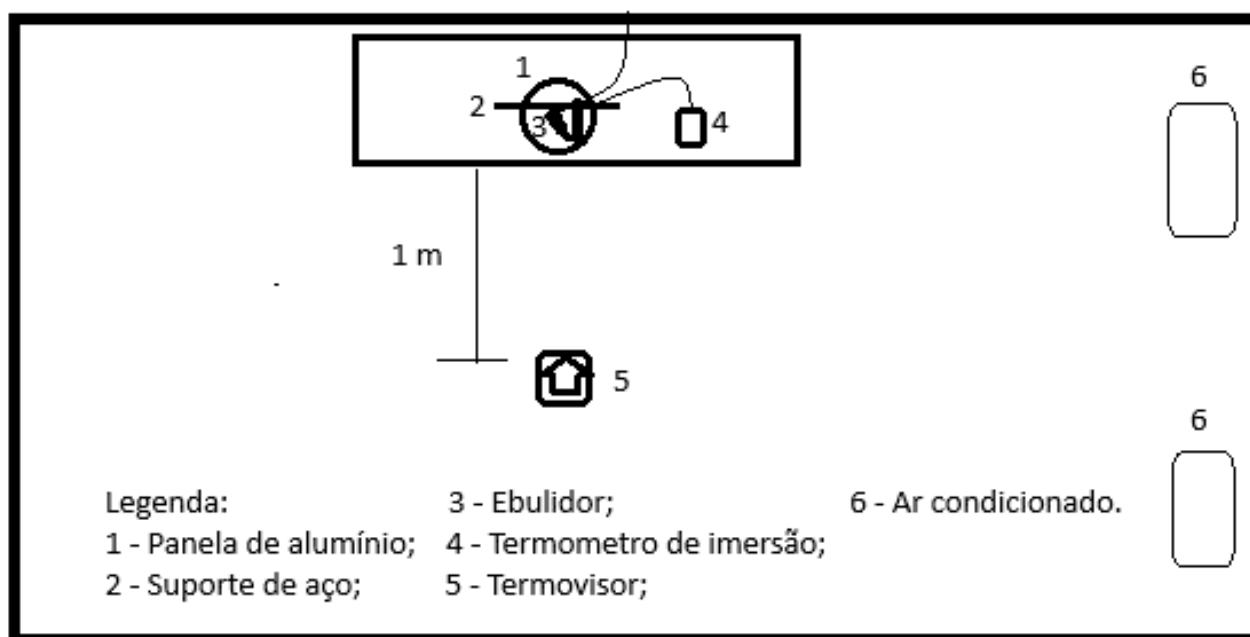


FIGURA 4: ESQUEMA DA SALA DE ENSAIO

3 RESULTADOS PARCIAIS

3.1 Resultado do ensaio experimental

Sequindo o planejamento, realizado os testes com um protótipo simulador o tanque de compensação do Transformador de Potência e gerado um conjunto de registro termográficos para análise e percebe-se como demonstrado na Figura 5, as fotos B, C e D, uma faixa retangular vertical central da panela, bem distinta das áreas laterais, que o realce de brilho se encontra bem definido, proveniente de uma pintura intencional com tinta preta fosca, sugerida pelo orientador do projeto, devido suas características de baixa refletividade e alta emissividade da panela utilizada, que será avaliado na pintura dos tanques de compensação, que com base em referências de mercado, como por exemplo a tabela da Contemp (2022), registrando emissividade no valor de 0.99 frente ao 0.95 médio (digo médio, por falta de referências documentais formais e utilizo as similares da mesma tabela) da tinta cinza a base de epóxi, geralmente usados nos equipamentos atuais no mercado.

Esse direcionamento trouxe um ganho significativo nos resultados do experimento, pois traz muito mais clareza para a visualização, gerando mais confiança ao operador. Claro que como mencionado, a maior parte dos equipamentos atuais, são pintados em cores cinza a base de epóxi e será testado a pintura de faixa preta fosca nos tanques de compensação dos transformadores de potência para avaliar possíveis ganhos de qualidade da inspeção em operação real. Devido a facilidade e o baixo custo desta pintura, esta pintura será realizada aproveitando uma programação de intervenção necessária do sistema de potência. Como já dito, a Figura 5 é uma amostra da sequência de registros dos termovisores durante os ensaios experimental de termovisão para simulação em laboratório de um tanque de compensação do transformador de potência e na faixa central pintada de preto fosco é bem nítido uma graduação horizontal apresentada no registro de termovisão da parede externa da panela, e é quase uma linha, alusiva ao nível de óleo, que por sua vez, correspondente a uma estimativa do nível interno real do líquido, conforme apresentando nas sequências de fotos acompanhando o volume correspondente de cada etapa dos testes.

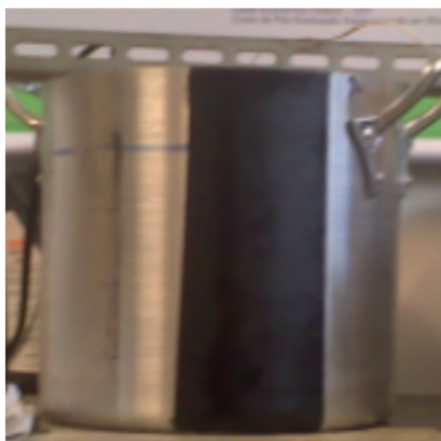


FOTO A: FOTO DO PROTÓTIPO

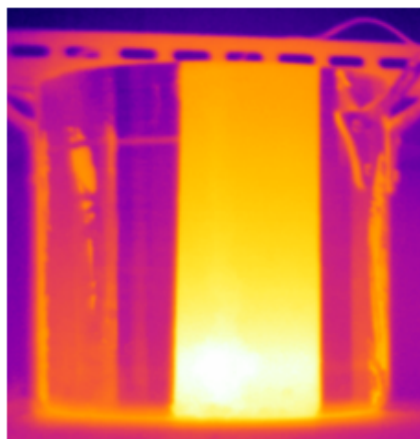


FOTO B: TERMOVISÃO PROTÓTIPO COM 2 L

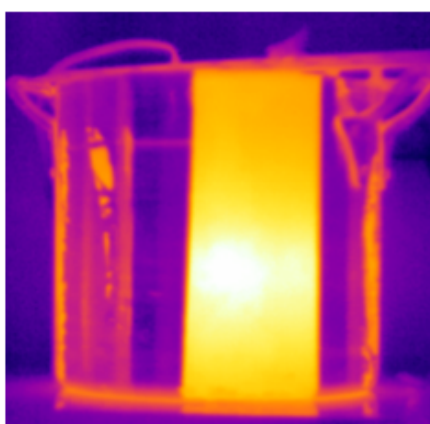


FOTO C: TERMOVISÃO PROTÓTIPO COM 6 L

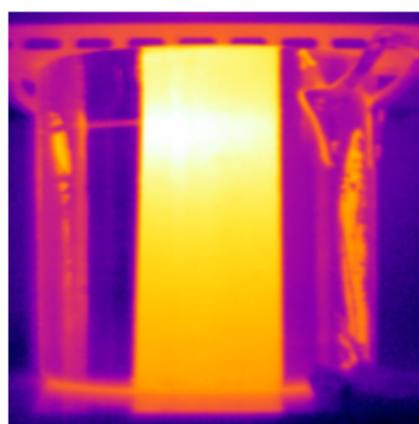


FOTO D: TERMOVISÃO PROTÓTIPO COM 10 L

FIGURA 5: SEQUÊNCIA DE FOTOS DO PROTÓTIPO DE SIMULAÇÃO. FONTE: AUTOR

A Tabela 1, demonstra os valores registrado pelo termovisor no ensaio do protótipo na sala de energia da IFES, na coluna volume, consta a quantidade de litros do óleo mineral automotivo usado e a linha de temperatura, são os valores controlados do termômetro imerso no óleo mineral automotivo, sendo estes valores obtidos, base de comparação dos valores a serem obtidos nos ensaios de campo, utilizando um transformador de potência em operação real.

<u>Vol\Tem</u>	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
2L	29	34	38	48	58
4L	28	33	38	49	55
6L	29	36	46	50	58
8L	24	32	37	46	54
10L	30	35	44	52	59

TABELA 1: VALORES REGISTRADOS PELO TERMOVISOR NO ENSAIO NA IFES

2 Requisitos iniciais para análise

Os ensaios com o protótipo, indicaram que o processo é possível, mas é necessário o teste em ambiente real para estabelecer os requisitos de forma mais confiável. Apesar disso, podemos estabelecer um conjunto de requisitos de referência para direcionar os próximos experimentos para uma inspeção satisfatória por todos os operadores de termovisão mesmo com habilitação de nível 1, sendo que a falta de implementação de um ou alguns dos requisitos, não impede a verificação, mas pode gerar redução da qualidade do registro e neste caso o operador terá que ter maior habilidade para ajuste dos parâmetros do termovisor para melhor resultado de confirmação do nível.

Pontuo os principais requisitos:

1 – condições climáticas.

Logicamente não é aconselhável utilizar o termovisor em tempo chuvoso e sem vento (Laerte 2006), muito pela questão de precaução quanto ao aparelho, por suas partes elétricas, bem como a umidade pode alterar a temperatura da parede do equipamento a ser inspecionado;

2 – calor extremo

Transformadores com carregamento abaixo de 50%, característicos de regiões predominantemente residenciais, tem grande probabilidade em situações de temperaturas excessivas, acima de 40°, diminuir a diferença de temperatura da parte da parede do equipamento que está em contato com o óleo, com o da parte que está em contato apenas com o ar, de forma a dificultar a visualização pelo operador.

3 – incidência solar refletida

A reflexão de radiação solar para o visor do termovisor, pode gerar ao aparelho uma indicação de alta temperatura, principalmente de superfícies lisas, comprometendo a visualização. Neste caso o operador poderá utilizar de algumas as interferências, como em horários de menor incidência, principalmente no período noturno, direcionar a visada de forma a eliminar a incidência e como já mencionado um procedimento muito eficaz seria a pintura da faixa preta fosca, que reduz significativamente a interferência da incidência e ainda melhora a emissividade.

4 – distância entre o operador ao objeto a ser visualizado

A radiação emitida pelos equipamentos inspecionados, sofre perdas por influência do ambiente prejudicando a leitura do aparelho, por tanto, esta distância é limitada para uma melhor leitura, visto que temos estudos indicando que distâncias menores de 10 m (Muniz, 2014), praticamente não temos atenuação da emissividade e no ambiente das subestações de distribuição de energia essa distância é disponível e havendo caso de necessidade de maiores distância, podem ser avaliados especificamente.

5 – ângulo de visada

O operador deverá priorizar o menor ângulo de visada, limitando-se a 45 °, visto que dentro da faixa de 0 a 45 °, os erros de medições são desprezíveis (Muniz, 2014).

6 – carregamento do equipamento

A temperatura do óleo é diretamente influenciada pelo carregamento do transformador, somado a condição de temperatura ambientes excessivas, um carregamento elevado da potência tende a melhorar a visualização.

7 – pintura de faixa preferencial preta fosca

A tinta preta fosca tem como característica a emissividade aproximada de 0,97, conforme tabela da Contemp (2012), foi essencial para uma melhor visualização durante os testes experimentais. A grande maioria dos equipamentos usuais no setor elétrico utilizam a pintura em cinza, tendo como um dos componentes e com maior concentração a base epóxi, podemos citar a “Nota Padrão Macorin (NT-30-002 de 2003)” para pinturas de transformadores de potência, que contribui para um melhor 27 Classificação: Público isolamento frente ao risco elétrico, tendo sua emissividade, que usaremos um valor aproximado 0,92, pois não temos conhecimento de um valor comprovado para tintas à base de epóxi. Ressalto que a inserção de uma

pequena faixa preta fosco, está limitado a visualização pela área controlada, sem ao inspetor, de acordo com as normas de segurança ao SEP.

Parâmetros	Requisitos
1 – Condição climática	Tempo seco e sem vento
2 – Temperatura ambiente	Abaixo de 40°C
3 – Incidência solar	Sem reflexão da incidência solar
4 – Distância do equipamento	Limitado a 10m
5 – Ângulo de visada	Limitado à 45º
6 – Carregamento do transformador	Pendente de avaliação em campo

QUADRO 1: REQUISITOS PRELIMINARES Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O Quadro 1, estabelece um conjunto de requisitos que contribuem para melhor visualização do nível de óleo pelo termovisor e serão testados de forma simulada e geraram registros satisfatórios, que indicam uma garantia de sucesso na inspeção do nível. Para confirmação deste resultado, estamos programando um teste em equipamentos reais do setor para os próximos, de forma a garantir a aplicação do procedimento.

3. Conclusão

Com o objetivo de disponibilizar um protocolo de baixo custo para implantação do procedimento, este projeto está pautado na utilização de rotina atual de inspeção sem acréscimo de equipamentos e pessoal, necessitando apenas de um treinamento básico para os termografistas, visando solidificar a técnica e incentivar o seu uso, focando nos ganhos de confiabilidade e qualidade da operação do sistema elétrico de potência. Este estudo também abriu campo para futuros novos estudos/ideias, como a confirmação do funcionamento da circulação de óleo nos sistemas de radiadores em tanques de aço, responsáveis para redução da temperatura interna dos tanques.

Etapas/ Meses	Abr/ Jul 23	Ago/ Out 23	Nov/ Dez 23	Jan/ Mar 24	Abr/ Jun 24	Jul/ Set 24	Out/ Dez 24	Jan/ Fev 25	Março 25
Revisão Bibliográfica									
Entrevistas c/ Técnicos									
Análise Entrevistas									
Levantamento De Requisitos									
Elaboração do Modelo									
Testes de Campo									
Ajustes de Método									
Validação do Método									
Apresentação do Método									

QUADRO 2: CRONOGRAMA DO PROJETO

Para conclusão deste trabalho, conforme cronograma da Quadro 2 já foram executadas inspeções reais dos transformadores de potência em operação, para validação dos requisitos e procedimentos estabelecidos e selecionados os registros para análise e divulgação dos resultados. Adicionalmente, visando avaliar o ganho de emissividade e aproveitando o desligamento para manutenção do transformador da subestação João Monlevade 3 da Cemig, foi pintado uma faixa preta fosco do lado lateral reto e outra do lado esférico do compensador de óleo, além ainda, paralela à faixa pintada do lado esférico uma faixa fixada com fita isolante, visando avaliar comparativamente a emissividade desta fita para facilitar e baratear a inserção da faixa preta. O estado atual de execução está de acordo com a programação estabelecida inicialmente e com perspectivas de conclusão no prazo

4. Referências bibliográficas

MUNIZ, Pablo Rodrigues, Influência dos instrumentos, do ângulo de visada e do campo de visão do termovisor na execução de termografia por infravermelhos aplicada à manutenção elétrica. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014. 31

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15763: Ensaios não destrutivos - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência. Rio de Janeiro, 2009. 3 p.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos e científicos: documento impresso e/ou digital. 7. ed. rev. e ampl. Vitória: Ifes, 2014.

CONTEMP. TABELA DE EMISSIVIDADE 2022. Disponível em: . Acesso em: 14 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2018. 68 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade – parte: 1. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

Santos, Laerte; Termografia Infravermelha em Subestação de Alta Tensão Desabrigadas. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5356-1: transformadores de potência – parte: 1. Rio de Janeiro, 2007. 95 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15424: Ensaios não destrutivos — Termografia infravermelha — Terminologia. Rio de Janeiro, 2006. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 18436-7: Monitoramento de condição e diagnóstico de equipamentos — Requisitos p/ qualificação e avaliação de pessoal. Parte 7: Termografia. Rio de Janeiro, 2014. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16969: Ensaios não destrutivos - Termografia infravermelha - Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2014. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16818: Ensaios não destrutivos - Termografia infravermelha — Procedimento p/ aplicações do método da termografia infravermelha. Rio de Janeiro, 2020. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15572: Ensaios não destrutivos — Termografia — Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15576: Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos — Diretrizes para supervisão e manutenção. Rio de Janeiro, 2017. 38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15866: Ensaio não destrutivo — Termografia — Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos. Rio de Janeiro, 2010. 6 p.