

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL**

**GUILHERME MARQUES KERSUL
MATRÍCULA: 21075822**

**USO DA TERMOGRAFIA PARA INSPEÇÕES E
MANUTENÇÃO PREDIAL– ESTUDO DE CASO**

Brasília
2014

GUILHERME MARQUES KERSUL

**USO DA TERMOGRAFIA PARA INSPEÇÕES E
MANUTENÇÃO PREDIAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a conclusão
do curso de Engenharia Civil do UniCEUB
- Centro Universitário de Brasília

Orientador: Eng.^a Civil Irene de Azevedo
Lima Joffily, M.Sc

**Brasília
2014**

GUILHERME MARQUES KERSUL

**USO DA TERMOGRAFIA PARA INSPEÇÕES E
MANUTENÇÃO PREDIAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia
Civil do UniCEUB - Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Eng.^a Civil Irene de
Azevedo Lima Joffily, M.Sc.

Brasília, 08 de Dezembro de 2014.

Banca Examinadora

Eng.^a. Civil: Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.
Orientadora

Eng.^o. Civil: Jocinez Nogueira Lima, M.Sc.
Examinador Interno

Eng.^o. João da Costa Pantoja, D.Sc.
Examinador Externo

Agradecimentos

A Deus, sempre em primeiro lugar, por me dar força e paciência para concluir a minha segunda engenharia.

À professora Irene, não só pela orientação, mas também por apoiar e incentivar o estudo deste tema;

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica e tiveram bastante paciência com as minhas faltas, pois estava sempre trabalhando.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a finalização de mais uma engenharia, muito obrigado!

RESUMO

A manutenção das instalações de um edifício é essencial para a duração dos sistemas e equipamentos, mas principalmente para manter a segurança das pessoas que o habitam. Uma manutenção preditiva e preventiva ajuda a evitar esse tipo de problema. Existem ensaios não destrutivos que podem ser utilizados para avaliar e verificar as instalações e a estrutura da edificação em análise. Um deles é a Termografia, que será apresentada nesta pesquisa, utilizada na manutenção preditiva e preventiva das instalações elétricas. Este trabalho teve como estudo de caso a análise das instalações elétricas em um edifício comercial em Brasília, para identificar anomalias, classificar e planejar a manutenção. Verificou-se que a termografia é eficaz na identificação de anomalias e é uma ferramenta muito importante para a manutenção dos equipamentos. Essa ferramenta permitiu identificar o problema de cada local visitado, já que a olho nu não é possível avaliar uma instalação elétrica ou componentes que estão sendo mal utilizados e apresentam defeitos.

Palavras chaves: Termografia, manutenção, ensaios não destrutivos (END).

ABSTRACT

The maintenance of building facilities is essential for the duration of systems and equipment, but mostly to maintain the safety of the people who inhabit it. A predictive and preventive maintenance helps avoid this kind of problem. There are non-destructive tests that can be used to assess and verify the facilities and the structure of the building in question. One is the Thermography, which will be presented in this research, used in predictive and preventive maintenance of electrical installations. This study was a case study analysis of electrical installations in a commercial building in Brasilia to identify anomalies, sort and plan maintenance. It was found that thermography is effective in identifying anomalies and is a very important tool for maintenance of equipment. This tool allowed us to identify the problem of each place visited, as the naked eye can not evaluate an electrical installation or components being misused and have defects.

Keywords: Thermography, maintenance, non-destructive testing (NDT).

SUMÁRIO

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVO	15
1.1.1. Objetivo Geral	15
1.1.2. Objetivo Específico	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Termografia Infravermelha	16
2.1.1 Princípios da Termografia	17
2.1.2 Espectro eletromagnético	21
2.2 Radiação Térmica	23
2.3 Emissividade	24
2.4 Utilização da câmera	25
2.5 Termografia Quantitativa e Qualitativa	26
2.6 Aplicações para monitoramento e manutenção preditiva	30
2.7 Aplicação Civil	32
2.8 Aplicação elétrica	35
3 METODOLOGIA DE TRABALHO	39
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.2 Relatório de correções	51
4.4 Análise visual	53
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO A	Tabela de Emissividade

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Corpo com absorção (α), reflexão (ρ) e transmissão (τ).....	18
Figura 2 - Simulador de corpo negro absorvor	19
Figura 3 - Simulador de corpo negro emissor	20
Figura 4 - Energia refletida e emitida de um determinado objeto	20
Figura 5- Explicação sobre comprimento de onda	21
Figura 6 – Espectro Eletromagnético	23
Figura 7 - Representação do FOV e do IFOV de um termovisor	25
Figura 8 - Termografia de um transformador.....	27
Figura 9 - Análise comparativa entre conexões similares.....	28
Figura 10 - Avaliação quantitativa	28
Figura 11 - Defeito nos mancais de uma retroescavadeira	29
Figura 12 - Descolamento de revestimento cerâmico.....	29
Figura 13 - Manifestação patológica na região das esquadrias (Foto térmica e fotografia).....	32
Figura 14 - Patologia indentificada na platibanda (Foto termica sobreposta e fotografia).....	33
Figura 15 - Localização de tubulação de esgoto dentro de um pilar.....	33
Figura 16 - Localização da tubulação do dreno de ar condicionado - Verificação de vazamento	34
Figura 17 - Localização da estrutura de Edifícios	34
Figura 18 - Exemplo de análise termográfica, com valor incorreto de emissividade. 37	
Figura 19 - Edifício estudado	39
Figura 20 - Câmera Termográfica FLIR T420	40
Figura 21 - Quadro de Distribuição BT	41
Figura 22 - Quadro de entrada de energia CEB - BT	41
Figura 23 - Imagem do painel - Teste de emissividade	42
Figura 24 - Cabos de baixa tensão - Entrada Baixa Tensão	45
Figura 25 - Painel de transferência automática	46
Figura 26 - Avaliação qualitativa dos fusíveis.....	47
Figura 27 - Medição da fase R	48
Figura 28 - Medição da fase S	48
Figura 29 - Medição da fase T	49
Figura 30 - Régua de contatos auxiliares	50
Figura 31 - Comparação da régua de contatos	51

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1	18
-----------------	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Emissividade espectral do corpo negro, cinzento, real e espelho perfeito	19
Tabela 2 - Comparativo entre Termografia quantitativa e qualitativa.....	27
Tabela 3 - Normas ABNT sobre Termografia	31
Tabela 4 - Critérios para avaliação da severidade da anomalia térmica.....	38
Tabela 5 - Parâmetros de medição	43
Tabela 6 - Relação de locais e equipamentos vistoriados	44
Tabela 7 - Resumo de anomalias encontradas	52

ÍNDICE DE SIMBOLOS

ε - emissividade

λ – comprimento de onda (m)

α – radiação absorvida

ρ – radiação refletida

t – radiação transmitida

ÍNDICE DE ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
FOV.....	Fild ofView (Campo de visão)
IFOV.....	InfraredFildofView (Campo de visão do infravermelho)
ITC.....	Infrared Training Center

1. INTRODUÇÃO

A termografia, no ramo da manutenção, é uma técnica de inspeção não destrutiva e não invasiva que tem como base a detecção da radiação infravermelha emitida naturalmente pelos corpos com intensidade proporcional a sua temperatura. Por meio desta técnica é possível identificar regiões ou pontos onde a temperatura está alterada com relação a um padrão pré-estabelecido ou conhecido.

O uso da termografia de infravermelho é fundamental para a manutenção preditiva e preventiva principalmente no setor elétrico, no qual já é bastante utilizada e difundida. Por meio de uma gama de cores, essas imagens apresentam pontos “quentes” que não são percebidos na inspeção visual.

As análises termográficas das instalações mostram os problemas pontuais. No caso de subestações e redes aéreas é possível detectar um ponto quente onde poderá ocorrer uma falha. Essa é uma das formas de ensaio que as concessionárias de transmissão possuem para efetuar manutenções programadas e perícias sobre problemas que possam ocorrer, e evitar a interrupção do fornecimento de energia.

Já na parte de baixa tensão também é possível conferir os circuitos com folga de conexões, falhas de equipamentos e locais de possíveis pontos de ativação de incêndios. Além de prevenir os incêndios com a manutenção adequada e correções das inconformidades a termografia garante o correto funcionamento dos equipamentos.

A inspeção de uma instalação elétrica de baixa tensão deve iniciar-se pelos quadros elétricos, onde se constatam a maioria dos itens de segurança, presentes ou não, na edificação. Inicia-se a inspeção pela entrada de energia, seja ela em baixa ou média tensão. Depois de verificado o transformador, deve ser verificado o barramento geral de distribuição, posteriormente os quadros principais de distribuição, quadros parciais e quadros terminais.

Uma inspeção completa pode ser realizada percorrendo todo o circuito elétrico até a tomada que energiza os equipamentos e cargas. Verificando além dos circuitos, os equipamentos de alta relevância para determinada instalação. Caso

seja encontrada alguma inconformidade deverá ser corrigida de acordo com o grau de urgência ou critério de classificação pré-definidos.

Este trabalho irá apresentar um estudo de caso de um edifício comercial, situado no centro de Brasília. Foi realizada inspeção das instalações elétricas para detecção de pontos críticos, que podem comprometer a segurança e funcionalidade do edifício.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as instalações elétricas de uma edificação comercial, fazendo uso de uma câmera termográfica para identificação de problemas.

1.1.2. Objetivo Específico

- Analisar a entrada de energia, transformadores, painéis elétricos, buscando identificar pontos quentes, circuitos com sobrecarga ou até mesmo mau funcionamento de algum equipamento de proteção e componentes;
- Analisar o funcionamento de máquinas e motores, identificando pontos quentes que possam gerar desgaste inadequado de peças;
- Classificar as anomalias encontradas e montar o planejamento de manutenção que se adeque aos horários de funcionamento da Edificação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Termografia Infravermelha

A termografia infravermelha é a ciência de aquisição e análise de informações térmicas a partir de dispositivos de obtenção de imagens térmicas sem contato (ITC, 2014).

Termografia significa “escrever com calor”, do mesmo jeito que fotografia significa “escrever com luz”. A figura gerada é chamada de termograma ou imagem térmica. A emissão da radiação infravermelha dos objetos é o que torna possível a obtenção das imagens sem contato.

A temperatura tem muita importância, grande versatilidade e utilidade para a termografia. Com o passar do tempo, desde sua invenção o mapeamento da energia infravermelha radiada da superfície dos objetos, fez com que fosse possível a aplicação em diversas áreas da engenharia, por exemplo:

- Elétrico
- Construção
- Fornos e caldeiras
- Mecânico, fricção
- Tanques e recipientes
- Problemas de fluxo de fluidos

Além do uso em diversas áreas da engenharia, a termografia também é utilizada nas áreas de Pesquisa e Desenvolvimento, Médica e Veterinária, Controle de Qualidade, Monitoramento de Processos, Testes não destrutivos.

2.1.1 Princípios da Termografia

A termografia por infravermelho baseia-se no fenômeno físico de que todo objeto com temperatura acima de zero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), emite radiação eletromagnética em função da excitação das moléculas das quais é constituído.

Quanto maior for a temperatura maior é a excitação molecular e, conseqüentemente, maior é a intensidade da radiação emitida. Assim, a temperatura de um objeto pode ser determinada pela intensidade da radiação emitida por sua superfície, fato utilizado pela termografia para realizar medidas de temperatura e visualizar a distribuição térmica de uma determinada superfície, sem a necessidade de contato físico (SANTOS, 2012).

A radiação eletromagnética, especificamente a radiação térmica, pode ser emitida nas faixas de ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético. Entretanto, para temperaturas típicas encontradas em equipamentos elétricos, a maior parte da radiação térmica é emitida dentro da faixa de infravermelho (CHRZANOWSKI, 2001).

Por essa razão, os termovisores utilizados no sistema elétrico são fabricados com detectores que respondem a essa faixa do espectro, mais especificamente de 3 a 5 μm ou de 8 a 14 μm , sendo a última faixa ainda mais adequada às temperaturas e condições encontradas em uma inspeção de equipamentos de alta tensão desabrigados e a grande maioria dos equipamentos de baixa tensão.

Os conceitos utilizados para avaliação da radiação incidente ou emitida sobre um corpo são expressos nas seguintes formas (ITC, 2010):

Emissão (ϵ) – quando a energia é liberada pelo material (Emitir)

Absorção (α) – quando a energia é retida pelo material (Absorver)

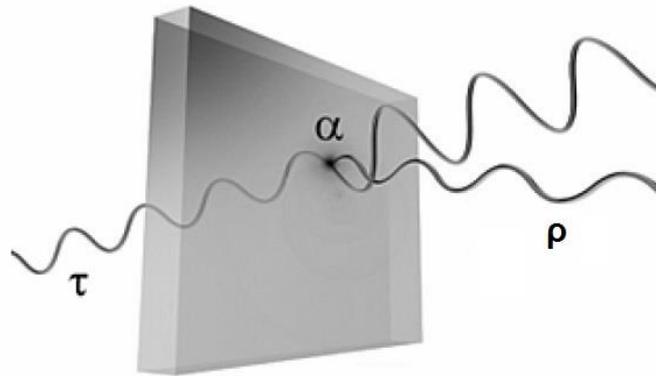
Reflexão (ρ) – quando a energia é refletida pelo material (refletir)

Transmissão (τ) – quando a energia atravessa o material (transmitir)

A emissão térmica dos sólidos está relacionada com a noção do corpo negro. Este é um objeto que absorve toda a energia que incide sobre ele, para qualquer comprimento de onda. Existem duas maneiras de simular um corpo negro, que pode ser estabelecendo uma cavidade praticamente fechada ou utilizando um revestimento absorvente perfeito. O primeiro caso é a cavidade no interior de um sólido que possui apenas um pequeno orifício de dimensões, significativamente pequenas se comparadas com as dimensões da cavidade. O revestimento absorvente perfeito consiste em um tratamento superficial ou uma tinta que quando aplicado em qualquer objeto, este irá absorver praticamente toda a radiação incidente (BARREIRA, 2004).

Os corpos reais, de maneira geral, não são corpos negros. Quando uma radiação incide sobre os corpos reais uma parcela é absorvida (α) e o restante é refletida (ρ) ou transmitida (τ), como pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 1 - Corpo com absorção (α), reflexão (ρ) e transmissão (τ)



Fonte: Adaptado de VERATTI et al. (1997)

Estas parcelas são dependentes do comprimento de onda e sua soma, para um dado comprimento de onda, é sempre igual à unidade (Equação 1). A Tabela 1 apresenta valores particulares de alguns materiais (BARREIRA, 2004).

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

Equação 1

Tabela 1 - Emissividade espectral do corpo negro, cinzento, real e espelho perfeito

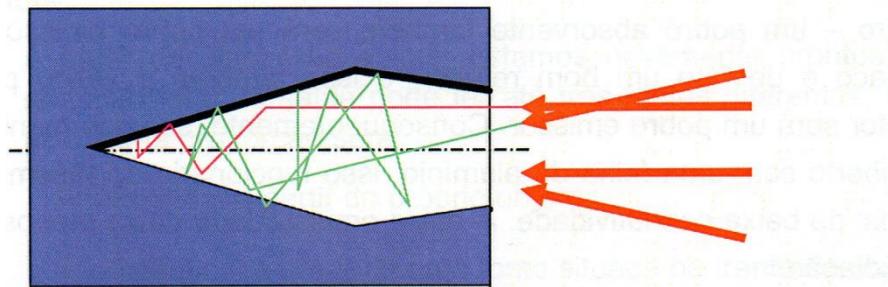
Material	Emissividade Espectral	Reflexão Espectral	Transmissão Espectral
O corpo negro	$\varepsilon(\lambda) = 1$	$\rho(\lambda) = 0$	$\tau(\lambda) = 0$
O corpo transparente	$\varepsilon(\lambda) = 0$	$\rho(\lambda) = 0$	$\tau(\lambda) = 1$
O espelho perfeito	$\varepsilon(\lambda) = 0$	$\rho(\lambda) = 1$	$\tau(\lambda) = 0$
A superfície opaca	$\varepsilon(\lambda) + \rho(\lambda) = 1$		$\tau(\lambda) = 0$
O corpo cinzento	$\varepsilon(\lambda) = \text{constante}$	$\rho(\lambda) = \text{constante}$	

Fonte: BARREIRA (2004)

Um corpo negro é um radiador ideal, mas os corpos negros não existem na vida real. Os simuladores de corpo negro são muito importantes na termografia. Eles são usados para a calibragem dos sistemas de medição infravermelha. Um simulador de corpo negro chegará muito perto do corpo negro ideal, dentro dos limites de seus propósitos (ITC, 2014).

A Fonte: ITC (2014), apresenta um modelo de simulador de corpo negro absorvendo toda a radiação incidente.

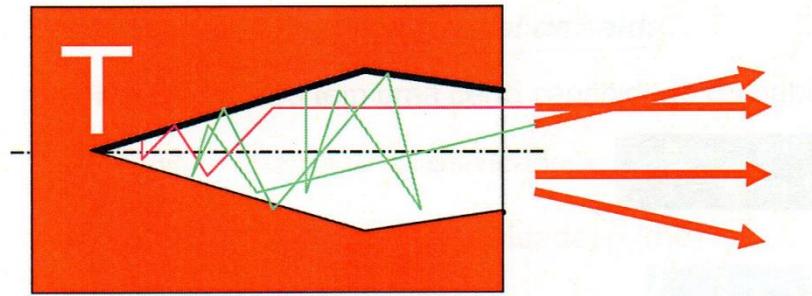
Figura 2 - Simulador de corpo negro absorvor



Fonte: ITC (2014)

Um corpo negro ideal absorverá 100% da radiação incidente, o que significa que ele nem refletirá nem transmitirá qualquer radiação. A Figura 3, como mostra a Tabela 1, apresenta um modelo de simulador de corpo negro emitindo a 100% de eficiência. O que significa que nenhum outro objeto na mesma temperatura será capaz de emitir mais energia.

Figura 3 - Simulador de corpo negro emissor

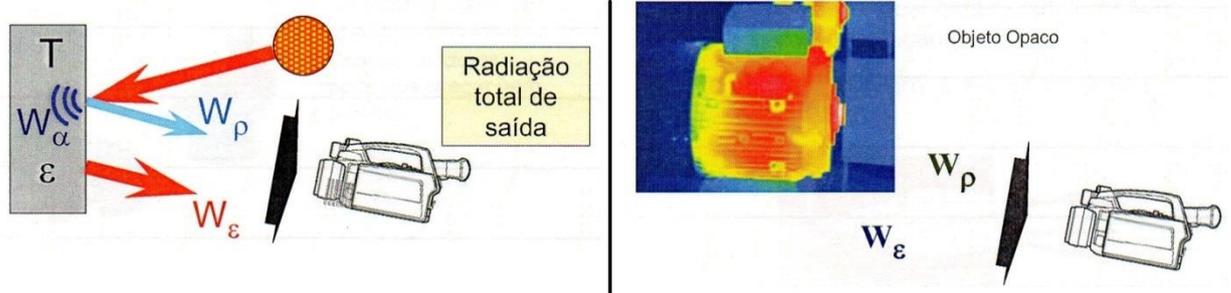


Fonte: ITC (2014)

Nas situações de medição real em campo nunca encontraremos corpos negros e sim “corpos reais”. Os corpos reais podem ter todas as características mencionadas como emitir, absorver, refletir e transmitir a radiação infravermelha. Mas a maioria dos alvos não são transmissivos, e sim opacos, logo a transmissividade será zero (ITC, 2014).

Dessa forma, a emissividade somada à refletividade de um determinado objeto é igual à unidade, como pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 4 - Energia refletida e emitida de um determinado objeto



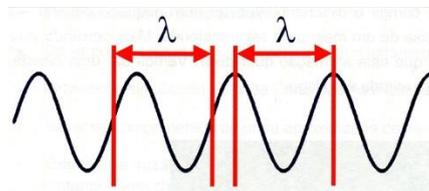
Fonte: ITC (2014)

2.1.2 Espectro eletromagnético

A radiação eletromagnética cobre um vasto espectro de diferentes tipos de radiação, que usamos para uma ampla variedade de propósitos, já que a energia eletromagnética não precisa de um meio para ser transferida. Quando tratamos de radiação eletromagnética, temos que avaliar o tipo de onda a ser transmitida, e há muitas maneiras de descrever uma onda, por exemplo frequência, amplitude, comprimento de onda, velocidade etc.

Em termografia, as ondas eletromagnéticas são geralmente caracterizadas pelos seus comprimentos de onda, λ (lambda). A Fonte: mostra a que se refere o termo “comprimento de onda”.

Figura 5- Explicação sobre comprimento de onda



Fonte: ITC (2014)

O comprimento de onda é a distância entre um pico e o próximo. A unidade mais comum para o comprimento de onda na termografia é o micrômetro ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 1/1000\text{mm}$). Esta unidade é referida como “mícron”. As ondas eletromagnéticas viajam a uma velocidade muito elevada, mais precisamente na velocidade da luz. A velocidade da onda varia com o meio, por isso ela é geralmente definida para o vácuo. A velocidade da luz é representada pela letra c (minúscula), e no vácuo ela é $c = 299.792,458 \text{ m/s}$, ou aproximadamente 300.000 km/s .

As faixas de comprimentos de onda que nos interessam são:

- Gamma
- Raio-X
- Ultravioleta

- Visível
- Infravermelho
- Microondas
- Ondas de Rádio

A luz visível é bastante semelhante à luz infravermelha em muitos aspectos. A luz visível branca é uma mistura de comprimentos de onda e quando vemos um objeto, por exemplo, azul, é porque o objeto tem a habilidade de refletir mais a parte azul do espectro do que outros comprimentos de onda.

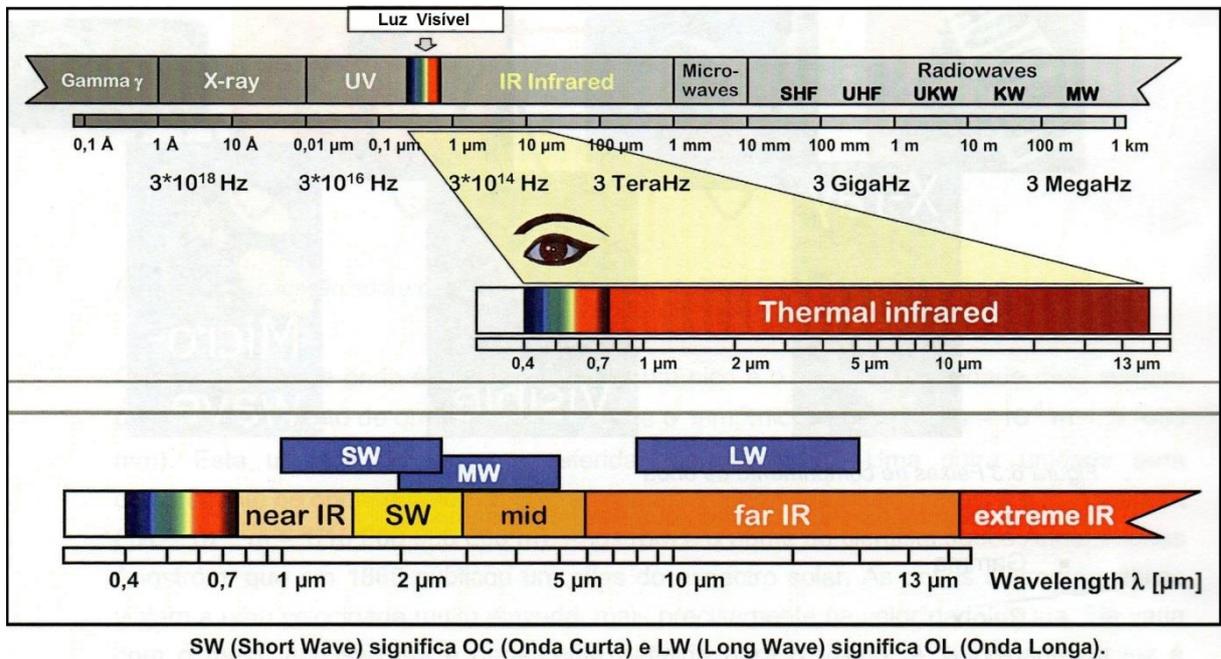
Diferentes comprimentos de onda são percebidos pelo olho humano como cores diferentes. As limitações do olho são de aproximadamente $0.4\mu\text{m}$ (violeta) para $0.7\mu\text{m}$ (vermelho). Neste intervalo estão situadas todas as outras cores do espectro visível, conforme vemos num arco-íris.

As faixas de comprimentos de onda não são muito bem definidas. Elas mudam gradualmente e se sobrepõem mutuamente. As definições são mais baseadas na utilização da faixa de ondas do que nas suas características físicas propriamente ditas. Visível é visível porque conseguimos enxergar. Isso varia entre as pessoas e as diferentes espécies de animais. Também há várias definições do que significa infravermelho, e mais sugestões ainda para a denominação das diferentes partes da faixa de ondas infravermelhas.

A Fonte: apresenta uma ideia do que são alguns dos comprimentos de onda, para diferentes faixas. As faixas mais importantes para este estudo são (ITC,2014):

- Visível: $0.42-0.78\mu\text{m}$
- Infravermelho Próximo: $0.8-1.7\mu\text{m}$
- Onda curta: $1.0-2.5\mu\text{m}$
- Infravermelho Onda média: $2-5\mu\text{m}$ (antigamente chamada de onda curta)
- Infravermelho Onda longa: $7,5-14\mu\text{m}$

Figura 6 – Espectro Eletromagnético



Fonte: ITC (2014)

2.2 Radiação Térmica

Radiação térmica é um conceito mais amplo do que simplesmente infravermelho. É a radiação que tem a habilidade de transmitir calor por emissão e absorção.

Não é apenas a radiação infravermelha que é capaz de transferir energia térmica. Na verdade, a radiação solar que recebemos aqui na terra tem sua máxima intensidade na faixa de espectro visível.

A radiação térmica ocorre na faixa do espectro eletromagnético inteiro, e sua intensidade depende da temperatura da fonte e em que parte do espectro você está olhando. Nas temperaturas que encontramos ao nosso redor, a intensidade mais alta está na faixa do infravermelho.

2.3 Emissividade

A emissividade (ϵ) de uma superfície é a razão entre a radiância dessa superfície e a radiância do corpo negro. Este fator depende do comprimento de onda, da direção de observação em relação à superfície em estudo e da temperatura dessa superfície, conforme Barreira (2004).

A condição da superfície do componente influencia na emissividade. A emissividade representa a capacidade de uma superfície de emitir mais ou menos radiação. Como os termovisores não medem temperatura diretamente e sim radiação, as leituras de temperatura fornecidas pelo termovisor tornam-se muito dependentes da emissividade (MADDING, 2002).

Os valores de emissividade vão de 0 (zero), para um refletor perfeito, a 1 (um), para o emissor perfeito (Corpo Negro). A emissividade pode variar com a direção de observação relativa à superfície, com o comprimento de onda e com a temperatura da superfície (GAUSSORGUES, 1994). No anexo A encontra-se uma tabela com a emissividade de vários materiais.

Para realizar medidas corretas de temperatura, o termografista deve conhecer a emissividade da superfície e informar ao termovisor. Isso pode ser feito medindo a emissividade da superfície antes de se realizar a medição. Em sistemas elétricos, principalmente de alta tensão, a medição de emissividade, durante a inspeção, se torna praticamente impossível. Para reduzir os erros relacionados com a emissividade, o termografista deve buscar fazer a medição de temperatura nas áreas da anomalia onde a emissividade é maior. Áreas com oxidação, corrosão, sujeira ou cavidades apresentam um incremento da emissividade e consequente aumento na exatidão da medida de temperatura realizada pelo termovisor. O termografista deve buscar também, uma visão mais perpendicular da superfície da anomalia, a fim de evitar os erros de emissividade devido ao ângulo de visão (SANTOS, 2012).

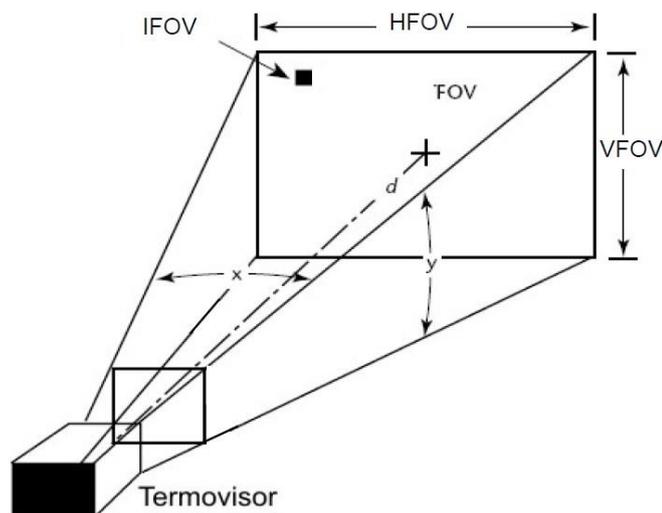
2.4 Utilização da câmera

Para utilização do termovisor é necessário alimentá-lo com informações e parâmetros. Além disso, é importante entender como o termovisor opera, como ele analisa as imagens, qual a relevância dos ângulos no momento da leitura e qual precisão se consegue extrair de uma leitura.

A Resolução espacial define o menor detalhe de imagem que pode ser percebido pelo termovisor. É função do tamanho do detector e da óptica do sistema. Na maioria das vezes é especificado em radianos e definido como “Campo de Visão Instantâneo” (Instantaneous Field ofView – IFOV).

O IFOV é equivalente à projeção de um pixel na superfície observada, e a soma de todos os IFOVs forma o Campo de Visão (FOV) que é a área total que pode ser vista pelo termovisor, como mostra a Figura 7. Geralmente o FOV é declarado em graus pelo fabricante (SANTOS, 2012).

Figura 7 - Representação do FOV e do IFOV de um termovisor



Fonte: Kaplan (2007).

A resolução de medida define o menor objeto que pode ter sua temperatura medida com exatidão a uma determinada distância. Raramente a resolução de medida é declarada nas especificações do fabricante do termovisor. Por essa razão, em muitas situações o objeto poderá ser detectado pelo termovisor, mas a sua temperatura não poderá ser medida corretamente, isto é, dentro das especificações do fabricante.

A resolução de medida, quando fornecida pelo fabricante, é especificada em radianos e definida como “Campo de Visão Instantâneo de Medida” (Measuring Instantaneous Field ofView – MIFOV ou IFOVm).

Leituras de temperatura obtidas fora dos limites da resolução de medida, normalmente serão menores que a leitura real, o que pode ter grande influência na análise da gravidade do defeito (SNELL, 2005).

2.5 Termografia Quantitativa e Qualitativa

O que faz a termografia uma ferramenta verdadeiramente única e valiosa é principalmente a imagem. O fato de que podemos ver padrões e determinar o lugar de uma anomalia é muito importante. Uma única leitura de temperatura apenas não nos dá informações suficientes. Para avaliar essas imagens utilizaremos os métodos Qualitativos (comparativo) e Quantitativos (medição).

A Termografia qualitativa depende da análise dos padrões térmicos para revelar a existência e localizar a posição de anomalias e avaliá-las. Utiliza-se a termografia qualitativa de forma mais ampla, pois se algo estiver visivelmente normal seguimos em frente. Se algo for suspeito deve-se parar e analisar se realmente existe algo de errado.

A termografia quantitativa usa medições de temperatura como critério para determinar a seriedade de uma anomalia, para conseguir estabelecer prioridades de reparo. Quando uma anomalia é descoberta, precisamos saber qual a seriedade da mesma. Normalmente, no momento da identificação da anomalia, não se possuem recursos suficientes para cuidar imediatamente de todo o problema que ocorre.

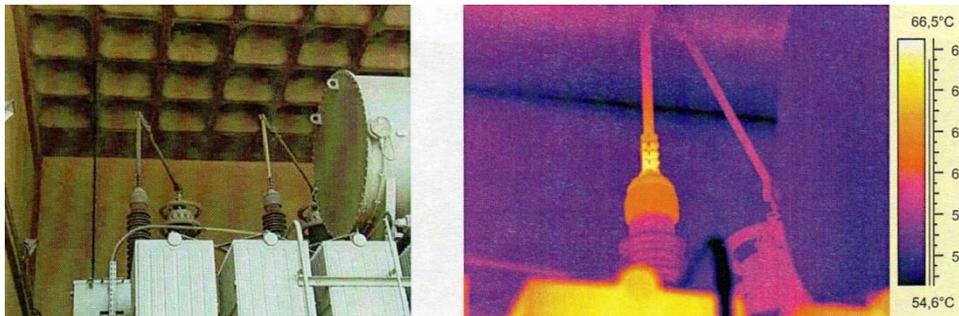
Dessa forma, a anomalia deve ser classificada em ordem de prioridade para o processo de manutenção e reparação. A partir do momento que aquele ponto gera uma suspeita deve ser acompanhado. Esse tipo de avaliação deve fornecer uma série de critérios rigorosos para determinar a seriedade do problema, como tipo de material e temperatura de trabalho segundo norma ou fabricante. Outros critérios incluem: carga, equipamento, criticidade, segurança e fatores ambientais tais como a velocidade dos ventos.

Tabela 2 - Comparativo entre Termografia quantitativa e qualitativa

QUALITATIVA	QUANTITATIVA
Análise de PADRÕES na imagem	Usada para ajudar a CLASSIFICAR a seriedade de uma anomalia
Descobre se há alguma anomalia	Medição de temperatura envolvida
Descobre onde ela está	É feita compensação
Temperatura aparente apenas	Nem sempre é relevante

Fonte: ITC (2014)

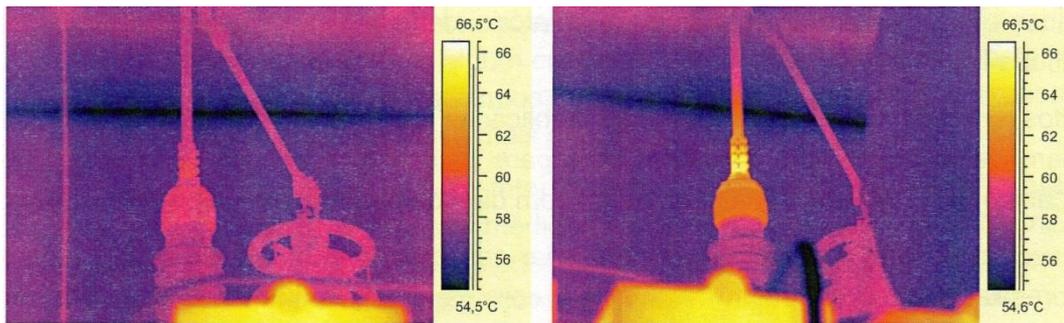
Esse tipo de avaliação é extremamente importante, principalmente pelo fato de estarmos trabalhando em algum local que possui outros equipamentos e materiais trabalhando nas mesmas condições de carga e temperatura. Por exemplo, ao iniciar uma inspeção termográfica em um transformador, a avaliação qualitativa é o que indica os pontos de anomalias (Figura 8).

Figura 8 - Termografia de um transformador

Fonte: ITC (2014)

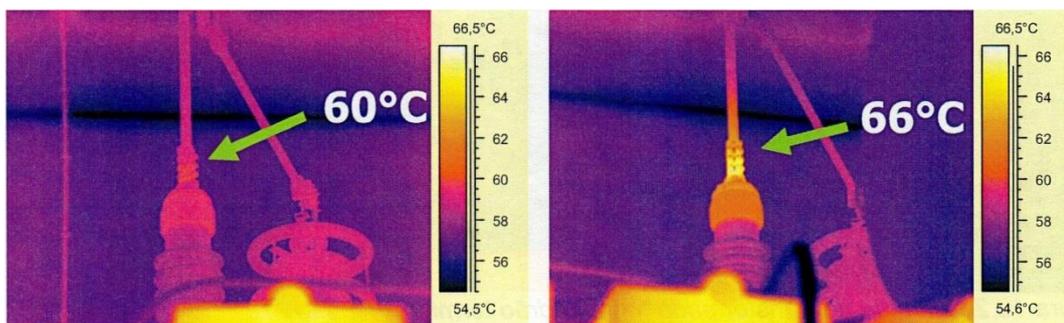
Depois de detectado o ponto da anomalia é feito um comparativo com uma conexão semelhante, e descobrimos que o padrão apresentado é completamente diferente, como mostra a Figura 9. A conexão fria não tem padrão suspeito, e inicialmente é avaliada como normal, e a segunda conexão, passa para a avaliação quantitativa (Figura 10).

Figura 9 - Análise comparativa entre conexões similares



Fonte: ITC (2014)

Figura 10 - Avaliação quantitativa

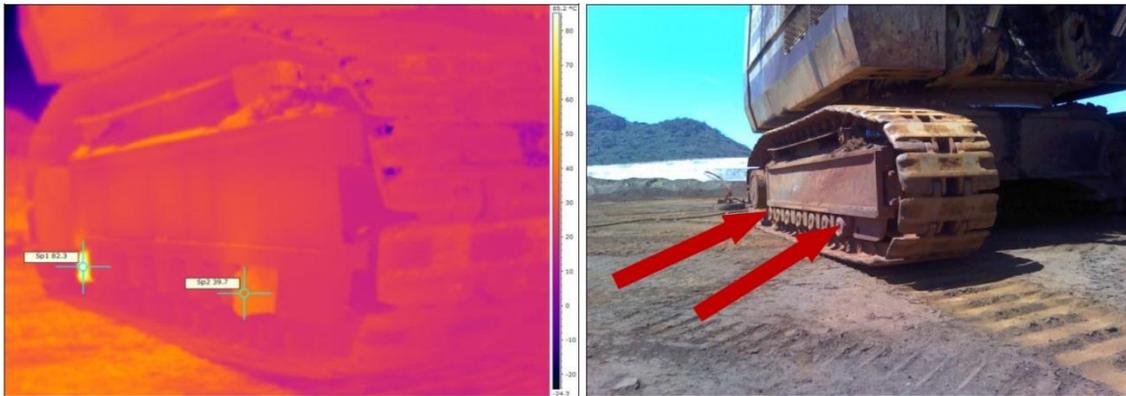


Fonte: ITC (2014)

A comparação é sempre necessária. Em vários casos são feitas comparações sem se pensar muito a respeito. Em termografia de instalações elétricas, podemos comparar uma fase com outra, uma conexão quente com o cabo que está um pouco afastado ou a linha de alimentação com a linha de saída.

Em aplicações de isolamento térmica (edifícios e casas) ou fornos de usinas (refratário), a termografia das paredes deve apresentar regularidade, ou pelo menos apresentar um padrão esperado. Se um ponto em particular se desviar do padrão normal, uma análise mais criteriosa deve ser realizada.

Comparar as peças é um excelente parâmetro para identificação de erros. A verificação qualitativa é de extrema importância, como pode ser visto em uma aplicação mecânica na Figura 11.

Figura 11 - Defeito nos mancais de uma retroescavadeira

Fonte: ITC (2014)

Muitas vezes, durante uma avaliação, o valor da temperatura não é tão importante, como a detecção de descolamento de revestimento cerâmico em fachadas. Podemos observar na Figura 12, abaixo, a região que o descolamento se encontra, e a temperatura não será relevante e sim a diferença de padrão visto nas imagens. Ao se aproximar do local comprometido é possível ver somente duas fileiras estufadas no total de 10 peças, mas ao analisar a imagem térmica vemos que o problema já se alastrou para mais de 36 peças cerâmicas da fachada.

Figura 12 - Descolamento de revestimento cerâmico

Fonte: Do autor (2014)

2.6 Aplicações para monitoramento e manutenção preditiva

Atualmente, o uso do sensoriamento térmico e imagens térmicas para o monitoramento e manutenção preditiva, é provavelmente o mais comum de todas as aplicações dentro da termografia. De verificações pontuais periódicas das temperaturas de mancais de máquinas de rotação ou quadros elétricos até uso para programas de manutenção preditiva totalmente documentada em grandes plantas. O monitoramento das condições de funcionamento é cada vez mais utilizado com a implantação de mais equipamentos de termográfica (KAPLAN, 2007).

Muitas vezes a implantação desses programas de monitoramento com equipamentos de termografia, é marcada por comportamento errático ou uso operacional incorreto do equipamento, tornando-se uma operação dispendiosa e ineficiente, o que leva ao fracasso desse tipo de serviço.

O uso de sensores térmicos de infravermelho e geradores de imagens têm crescido ao longo dos últimos 25 anos e se tornado universalmente aceito para a operação e manutenção de usinas de energia e transmissão. Os dados de termografia de centenas de pesquisas de linha de energia foram recolhidos e as normas têm sido desenvolvidas para o comportamento térmico de equipamentos elétricos e distribuição elétrica.

Atualmente, no Brasil, a ABNT possui diversas normas sobre o tema “Termografia”, e que podem ser utilizadas como referência. A Tabela 3 apresenta as normas em vigor.

Tabela 3 - Normas ABNT sobre Termografia

Normas em vigor
ABNT-NBR-16292:2014 Ensaaios não destrutivos — Termografia — Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas
ABNT-NBR-15572:2013 Ensaaios não destrutivos — Termografia — Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos
ABNT-NBR-15866:2010 Ensaio não destrutivo — Termografia — Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos
ABNT-NBR-15763:2009 Ensaaios não destrutivos - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência
ABNT-NBR-15718:2009 Ensaaios não destrutivos — Termografia — Guia para verificação de termovisores
ABNT-NBR-15424:2006 Ensaaios não destrutivos - Termografia - Terminologia

Fonte: ABNT (2014)

A Associação Brasileira de Ensaaios Não Destrutivos e Inspeção (Abendi) é outra entidade técnico-científica, fundada em 1979 com a finalidade de difundir as atividades de Ensaaios Não Destrutivos (END) e Inspeção. A Abendi possui em seu *website*, muitos documentos, normas e referências que podem ser de grande utilidade para termografistas e suas análises.

Um exemplo da importância de monitoramento através da termografia é “O Plano Mínimo de Manutenção” publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que define as atividades mínimas de manutenção preditiva e preventiva e suas periodicidades para transformadores de potência e autotransformadores, reatores, capacitores, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores para instrumentos, para-raios e linhas de transmissão. Esse plano informa, dentre várias outras, que as inspeções termográficas devem ser realizadas de 6 em 6 meses.

2.7 Aplicação Civil

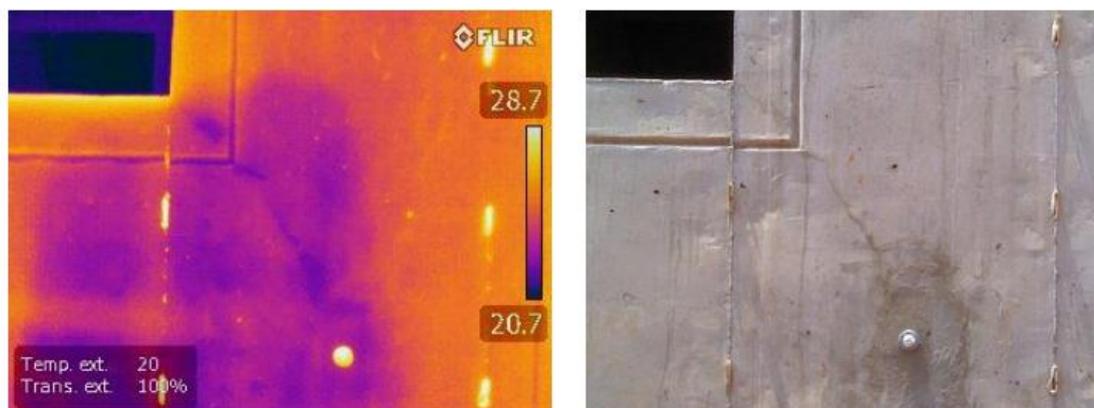
A Termografia infravermelha na Engenharia Civil vem ganhando força com estudos realizados em diversas áreas da construção, como por exemplo paredes de concreto moldadas *in loco*.

Segundo um estudo realizado por Alves e Sousa (2014), os resultados obtidos, baseiam-se na distribuição da temperatura superficial ao longo da parede de concreto, onde sua análise só é possível devido à medição da distribuição espacial da radiação térmica, emitida pela superfície do objeto em estudo.

A análise qualitativa das fotos térmicas fundamenta-se através de imagens coloridas, as quais possibilitam a identificação de algum dano ou deformidade nas paredes de concreto.

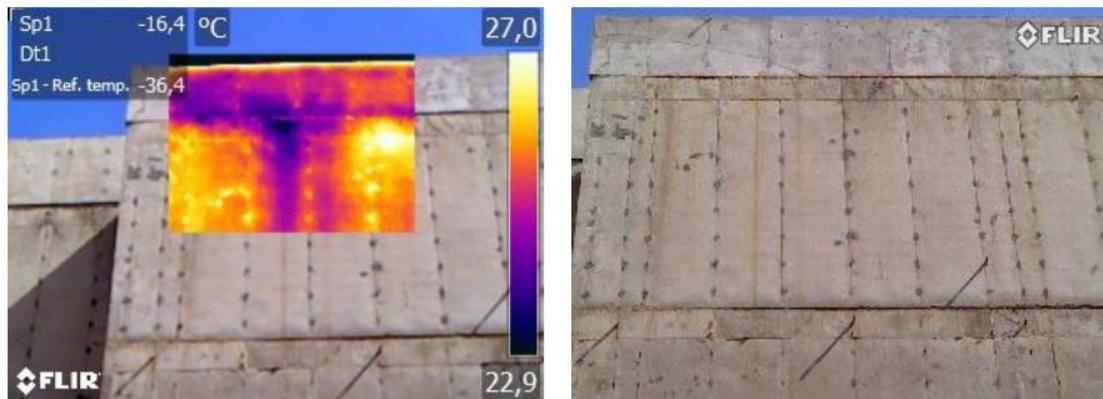
Utilizando a câmera termográfica, é possível observar falhas como fissuras e pontos de infiltração, em que a imagem aparece mais clara (indo para o tom do amarelo), onde a temperatura obtida é mais alta, e locais onde a imagem aparece mais escura (indo para o tom preto), onde a temperatura é mais baixa, conforme mostra a Figura 13 e Figura 14.

Figura 13 - Manifestação patológica na região das esquadrias (Foto térmica e fotografia)



Fonte: Alves e Sousa (2014)

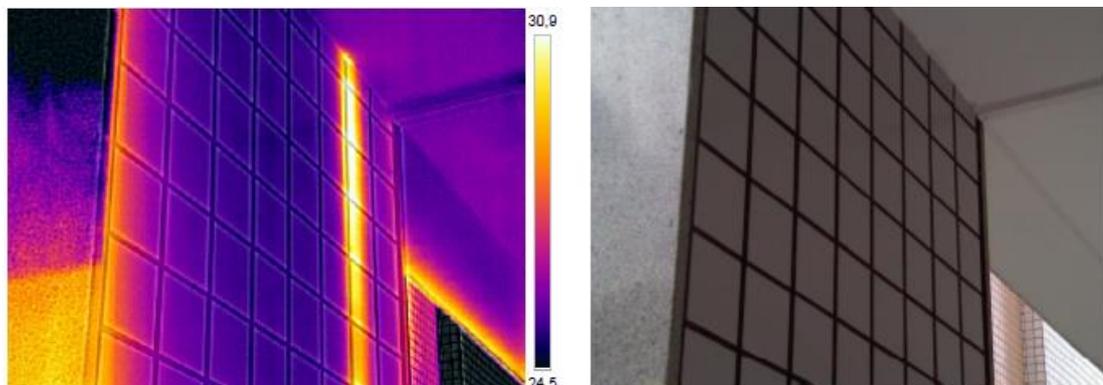
Figura 14 - Patologia indenticada na platibanda (Foto termica sobreposta e fotografia)



Fonte: Alves e Sousa (2014)

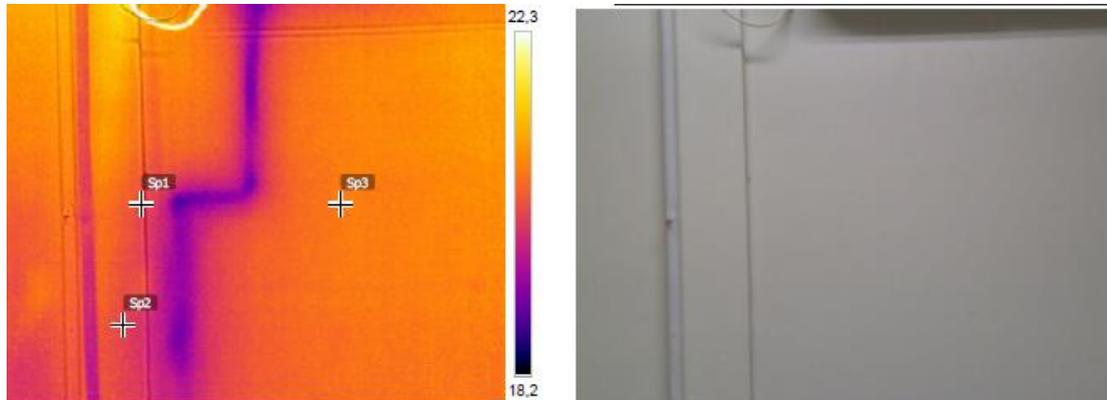
Existem diversas aplicações para a termografia na área da construção e manutenção de edifícios, como pode ser visto na Figura 15, a identificação de tubos de queda ao lado do pilar. Já a Figura 16 mostra a localização do dreno do ar condicionado dentro da alvenaria, podendo verificar que não existem vazamentos na tubulação.

Figura 15 - Localização de tubulação de esgoto dentro de um pilar.



Fonte: Do Autor

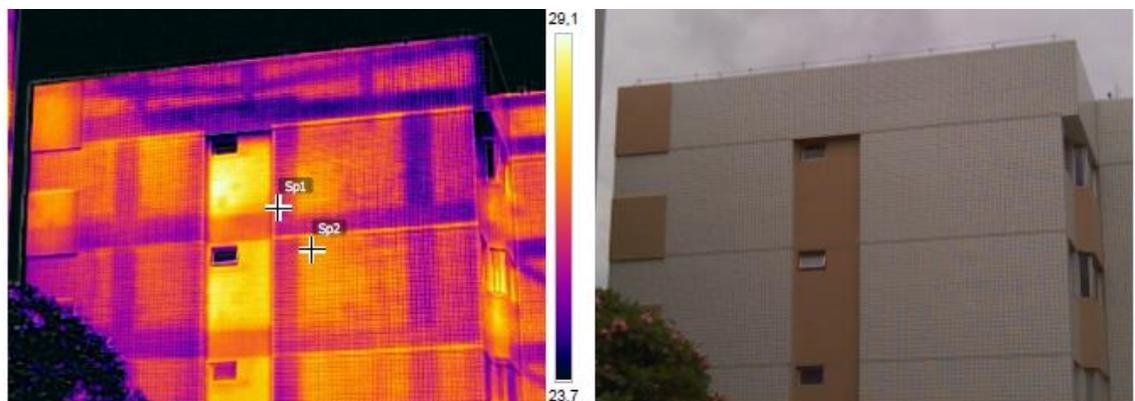
Figura 16 - Localização da tubulação do dreno de ar condicionado - Verificação de vazamento



Fonte: Do Autor

Com o uso da termografia também é possível localizar os elementos estruturais, como mostra a Figura 17. Essa informação é extremamente útil, principalmente quando se trata de edifícios antigos e que não possuem o projeto de estrutura.

Figura 17 - Localização da estrutura de Edifícios



Fonte: Do Autor

2.8 Aplicação elétrica

A aplicação elétrica, é a mais comum no uso da termografia. A norma NBR 15572 (ABNT, 2013), na sua revisão mais atual, define e qualifica os envolvidos na inspeção termográfica, onde, no item 5 – Responsabilidades de pessoas, define:

- Inspetor termografista – pessoa responsável pela realização da inspeção e que tem conhecimentos dos equipamentos a serem inspecionados; que é capaz de executar e interpretar os resultados; conhece a operação do termovisor e obedece as práticas e normas de segurança (NR 10) e da empresa.
- Assistente qualificado – pessoa que tem conhecimento sobre a operação do equipamento a ser inspecionado e sobre os requisitos de segurança da NR 10.
- Usuário final – pessoa que assume a responsabilidade por consequências provenientes de ações tomadas, ou não, como os resultados obtidos da inspeção e que disponibiliza um assistente qualificado que tenha conhecimento sobre a operação e histórico dos equipamentos a serem inspecionados pelo termografista.

Como citado, para execução de uma inspeção termográfica, deve-se seguir procedimentos e conhecer as teorias nas quais serão baseadas para a produção do relatório final, dentre elas estão:

- Conhecimentos básicos para a realização da inspeção;
- Tipos de termografia;
- Requisitos e formação – A equipe deve ser formada por profissionais com treinamentos específicos e reconhecimento formal por um organismo de certificações (item 4, NBR 15572:2013). Além disso, os profissionais envolvidos deverão possuir treinamento em NR 10 Básico e Sistema Elétrico

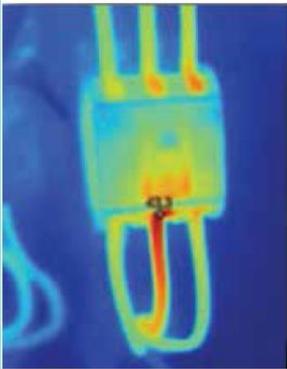
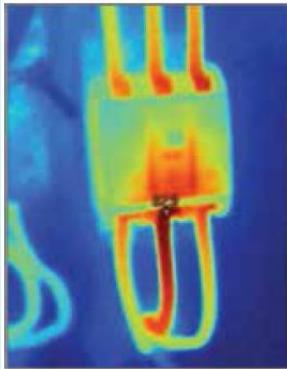
de Potência (SEP), conforme determina o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE);

- Máxima Temperatura Admissível (MTA) – O objetivo da inspeção termográfica é a detecção de pontos quentes, sobreaquecimento em equipamento que normalmente não apresenta essa diferença de temperatura quando comparado sem condições de operação normal. Essas anomalias por aquecimento são geradas por diversos motivos, dentre eles conexões mal fixadas, curtos-circuitos, sobrecargas e desequilíbrios. Como já citado, o termografista deverá ter o conhecimento da temperatura máxima sob a qual o equipamento a ser inspecionado pode funcionar sem causar nenhum transtorno ao próprio equipamento, e do sistema elétrico em que esse equipamento está operando. Para essas informações é preciso, além de conhecer as normas brasileiras e internacionais, consultar os manuais dos equipamentos;
- Fatores que afetam a medição:
 - Distância;
 - Reflexibilidade;
 - Foco;
 - Temperatura ambiente;
 - Faixa de temperatura;
 - Umidade do ar;
 - Emissividade;
 - Clima;
 - Transmissividade;

Dentre esses fatores, o item que se destaca é a utilização do valor correto da emissividade. A seguir, está um exemplo de utilização da emissividade incorreta. Observa-se que, na utilização da emissividade igual a 0,21, houve uma elevação da temperatura de aproximadamente 40 °C modificando a análise e, conseqüentemente, um erro na ação corretiva.

A emissividade errada pode gerar uma leitura totalmente incorreta, já que é um o parâmetro mais importante para a avaliação quantitativa. Por isso, conhecer os materiais, temperaturas de trabalho e a forma como emitem a radiação é de extrema importância.

Figura 18 - Exemplo de análise termográfica, com valor incorreto de emissividade.

Análise Termográfica	
Equipamento:	Disjuntor Tripolar - In=30A
Problema Encontrado:	Elevação da temperatura na fase B do disjuntor
Emissividade = 0,95	Emissividade = 0,21
Temp. Fase B = 43,3°C	Temp. Fase B = 82,9°C
	
Prioridade da intervenção	4
Prioridade da intervenção	1
Medidas corretivas na próxima manutenção periódica	Medidas corretivas necessárias imediatamente

Fonte: Caramalho(2012)

O Procedimento de trabalho, de acordo com a NBR 15572 (ABNT, 2013), item 9, descreve diversos procedimentos para serem seguidos pelos envolvidos na inspeção, dentre os quais podemos citar:

- Preparação dos equipamentos e materiais: câmera termográfica calibrada, termo higrômetro calibrado, alicate amperímetro, entre outros;
- Práticas para inspeção: designação de assistente qualificado pelo usuário final, informações sobre a instalação (por exemplo: zonas de riscos e controlada); efetuar os ajustes nos equipamentos (emissividade), observação

do ângulo de inspeção entre o termovisor e o ponto a ser inspecionado, entre outros;

- Práticas de segurança: observar EPI e zona livre para posicionamento do termografista, realizar uma inspeção visual verificando possíveis anomalias.
- Grau de intervenção – A revisão mais recente da ABNT NBR 15572:2013 menciona que: “a avaliação da severidade da anomalia térmica deve ser realizada seguindo os critérios próprios do usuário final, requisitos normativos, quando eventualmente adotados, ou recomendações do fabricante”. Para a análise termográfica nos baseamos no critério retirado da Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment. Além disso, a norma ABNT NBR 15866:2010 descreve que uma anomalia pode ser referenciada em relação a:
 - I – um valor estabelecido pelo fabricante nas condições nominais (MTA);
 - II – um elemento similar adjacente (DELTA T);
 - III – um valor estabelecido pelo usuário final com base no histórico operacional;

A Tabela 4 apresenta a classificação da prioridade a partir dos critérios delta T e as devidas ações recomendadas, de acordo Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment (2008).

Tabela 4 - Critérios para avaliação da severidade da anomalia térmica

PRIORIDADE	DELTA T	AÇÃO RECOMENDADA
4	1° C a 10° C	Medidas corretivas devem ser tomadas no próximo período de manutenção
3	>10°C a 20 °C	Medidas corretivas com agendamento
2	>20°C a 40°C	Medidas corretivas assim que possível
1	>40°C	Medidas corretivas imediatas

Fonte: Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

Este trabalho consiste em um estudo de caso para avaliar as instalações elétricas de baixa tensão, utilizando a termografia. Buscou-se verificar a presença de pontos quentes e fora do padrão de utilização em um edifício comercial, situado no centro de Brasília e apresentado na Figura 19.

O objetivo final do trabalho é detectar possíveis pontos de falha utilizando uma câmera termográfica, montar um relatório com os pontos avaliados, classificar o grau de intervenção para colaborar com o planejamento de manutenção do edifício. Dessa forma será possível evitar paradas emergenciais ou até mesmo interrupções indesejadas, além de garantir a segurança dos usuários.

Figura 19 - Edifício estudado



Fonte: Do autor (2014)

3.1 Equipamento Utilizado

A Figura 20 ilustra o equipamento utilizado neste trabalho, trata-se de uma câmera termográfica, modelo Flir T420. A Tabela 5 apresenta as características da câmera, como a faixa de temperatura que vai de -20°C a 650°C , atendendo as temperaturas avaliadas neste trabalho.

Figura 20 - Câmera Termográfica FLIR T420



Tabela 5 - Características da câmera termográfica FLIR T420 (FLIR, 2013)

Faixa de temperatura	-20°C a 650°C
Precisão	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
Campo de visão	$25^{\circ}\times 19^{\circ}/0,4\text{m}$
Foco	Manual e automático
Faixa espectral	$7,5$ a $13\mu\text{m}$
Taxa de enquadramento	60Hz
Sensibilidade Térmica	$<0,05^{\circ}\text{C}$ a 30°C
Tipo de detector	Matriz plano focal (FPA)
Modos de Imagem	Térmica/Visual;/Fusão
Lentes	25°C
Emissividade	Ajuste $0,1$ a $1,0$

3.2 Análise da planta

Para a inicialização da inspeção, foi realizado um estudo preliminar, juntamente com o engenheiro responsável pela equipe de manutenção do Edifício. Após levantar um histórico de falhas, áreas críticas, equipamentos de uso contínuo, o diagrama Unifilar Geral também foi analisado.

A edificação é alimentada pela CEB - Companhia Energética de Brasília, em média tensão de 13,8kV. Possui uma subestação abrigada de 3MW, composta por 3 transformadores de 1mW, que rebaixam a tensão para 380/220 Volts. A subestação encontra-se no primeiro subsolo.

O quadro de distribuição geral e os principais quadros de distribuição ficam localizados próximos a subestação, como podem ser vistos nas Figura 21 e Figura 22.

Figura 21 - Quadro de Distribuição BT



Fonte: Do autor (2014)

Figura 22 - Quadro de entrada de energia CEB - BT



Fonte: Do autor (2014)

3.3 Anamnese

Conforme informado pela administração do edifício, houve um evento que causou o desligamento das instalações e facilidades de uma das empresas locadas no edifício, causando prejuízos operacionais e transtornos administrativos.

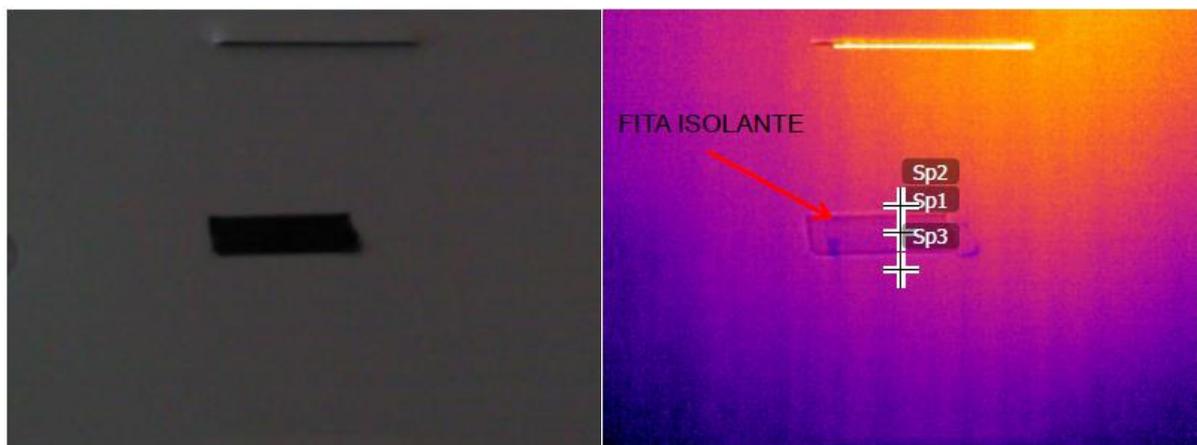
Foi necessário realizar um diagnóstico para avaliar a segurança sistêmica do condomínio e dos outros condôminos e usuários que necessitam de alta segurança na edificação, por desempenharem atividades críticas, como Bancos Internacionais, Agências Governamentais, Empresas de Tecnologia entre outras instituições.

3.4 Aferição dos parâmetros da Instalação

Antes da realização do trabalho, optou-se por realizar um estudo prévio para conhecimento dos materiais e definição de todos os parâmetros do equipamento. Este teste foi executado dentro da subestação, utilizando material de emissividade conhecida e similar aos que seriam verificados.

O teste consiste em avaliar a capa de isolamento do cabo, que é de borracha e possui alta emissividade. Outro teste realizado foi quanto a temperatura dos painéis de metal. Utilizou-se um material de emissividade alta e conhecida, como uma fita isolante, fixada na porta do painel com as mesmas características dos demais painéis.

Figura 23 - Imagem do painel - Teste de emissividade



Fonte: Do autor (2014)

Pôde-se observar, como apresentado na Tabela 6, que as temperaturas medidas no painel metálico, estão similares ao objeto de emissividade conhecida, que foi fixado para conferência e correção.

Tabela 6 - Parâmetros de medição

Emissividade	Temperatura Refletida	Sp1 Temperatura	Sp1 Emissividade	Sp2 Temperatura	Sp2 Emissividade	Sp3 Temperatura	Sp3 Emissividade
0.95	25.0 °C	28.0 °C	0.95	28.2 °C	0.95	27.8 °C	0.95

Fonte: Do autor (2014)

A emissividade utilizada para medição dos materiais de isolamento e dos painéis de metal foi de 0,95. Este valor corresponde ao fornecido pelo fabricante da câmera termográfica, que pode ser encontrada no manual.

Para a medição dos demais componentes com materiais de isolamento diferentes, foram testadas as emissividades de 0,90 e 0,92. A alteração mínima da emissividade e temperatura refletida, representou uma alteração de $\pm 2^\circ$ C. Esse é um valor de erro aceitável para equipamentos elétricos.

3.5 Inspeções das instalações elétricas

Foram vistoriados os locais de maior relevância como a subestação, sala de painéis de transferência automática, sala de quadros de distribuição do condomínio e casa de máquinas do sistema de ar condicionado. A metodologia adotada foi inicialmente realizar uma avaliação visual do tipo qualitativa para verificar se havia algum ponto crítico dentro da subestação e da sala de quadros. Após essa verificação, o quadro com o disjuntor geral do edifício foi verificado.

A Tabela 1 apresenta os locais e equipamento analisados durante a vistoria do edifício.

Tabela 7 - Relação de locais e equipamentos vistoriados

Local	Equipamento
01 Subestação	1.1 Transformador 1.2 Chave Seccionador
02 Sala QGBT	2.1 Quadro geral de Baixa tensão
03 Sala QTA	3.1 Quadro de transferência automática
04 Sala de Quadros do Condomínio	3.1 QDG – Quadro de Distribuição Geral 3.2 Chave geral do 9º pavimento
05 Casa de máquinas	5.1 Quadro de comando das máquinas
06 Shaft de Instalações	6.1 Quadros parciais dos Condôminos
07 Casa de máquinas da Cobertura	7.1 Quadro de comando de bombas

Fonte: Do autor (2014)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

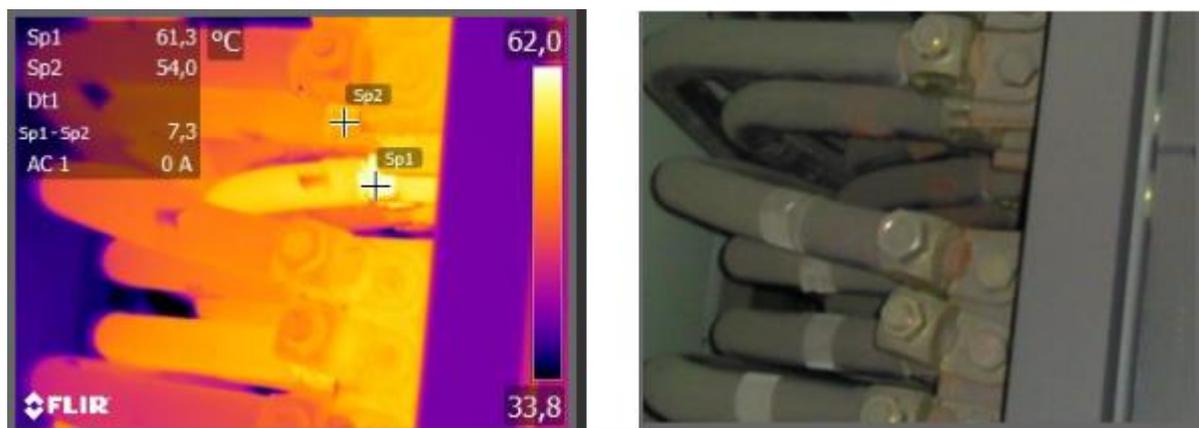
A seguir serão apresentados os resultados obtidos no estudo de caso realizado. Primeiramente serão apresentados os resultados obtidos para a termografia, na sequencia a classificação das anomalias.

4.1 Análises termográficas

Os equipamentos que apresentaram alguma alteração de temperatura relevante durante a realização da análise termográfica, serão apresentados a seguir, na mesma sequencia que foram listados. Iniciando pelo transformador e chaves seccionadoras, verificou-se a inexistência de pontos quentes e alterações relevantes de temperatura. Já o segundo item a ser vistoriado, o quadro geral de baixa tensão, apresentou alteração em uma das conexões, do tipo bota, na entrada do barramento do disjuntor geral.

A Figura 19 apresenta os cabos de entrada do disjuntor geral localizado na sala do QGBT.

Figura 24 - Cabos de baixa tensão - Entrada Baixa Tensão

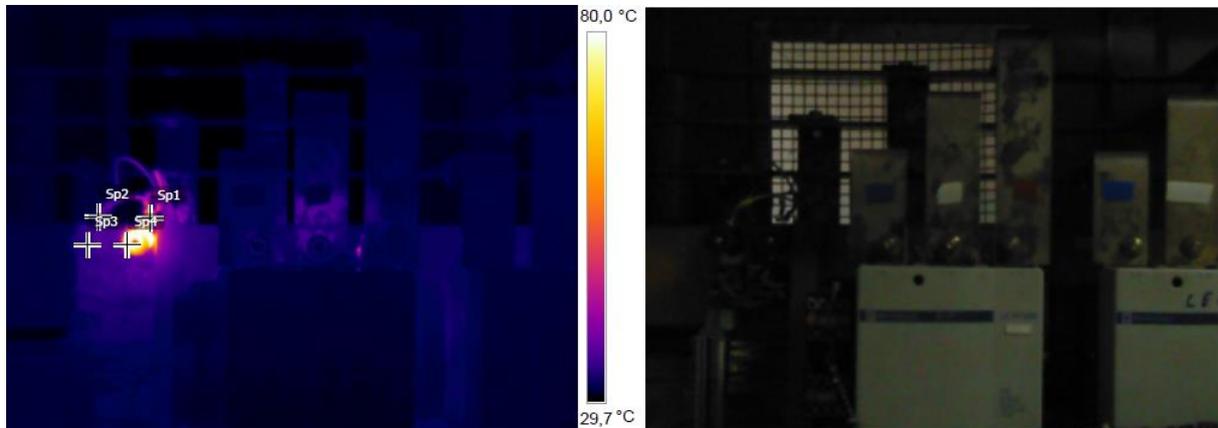


Fonte: Do autor (2014)

Verificou-se um aquecimento em um dos cabos da fase T, onde o conector apresentava uma diferença de temperatura de 7,3°C, em relação ao conector semelhante da mesma fase. A ação recomendada nesse caso é para que a correção seja realizada na próxima parada, e foi classificada como 4.

A Figura 25 apresenta um painel de transferência automática do Grupo Motor Gerador, localizado na sala QTA, com uma diferença de temperatura muito alta para equipamentos semelhantes, de 43,9 °C

Figura 25 - Painel de transferência automática



Medições		°C	
Sp1	61,9	Diferença	43,9
Sp2	36,5	Sp4 - Sp3	
Sp3	34,7	Diferença	25,4
Sp4	78,6	Sp1 - Sp2	

Fonte: Do autor (2014)

A ação recomendada para esse caso é medida corretiva imediata, pois apresenta uma diferença de temperatura de componente semelhante maior que quarenta graus Celsius. Classificada como prioridade “1”. Mas nesse caso, vale ressaltar a importância da informação sobre a Máxima Temperatura Admissível (MTA) do equipamento, consultando o fabricante ou fornecedor, evitando uma parada inapropriada. O termografista deve tomar muito cuidado e tirar mais fotos para confirmar a temperatura do objeto.

Toda anomalia encontrada deve ser investigada. Dessa forma o relatório estará o mais próximo da realidade no momento em que a correção for efetuada. Em alguns casos o problema não está no componente e sim na forma como está sendo utilizado.

A Figura 26 apresenta uma análise qualitativa dos fusíveis do QDG – Quadro de distribuição Geral, que fica localizado na sala de quadros do condomínio. Foi

realizada também uma análise quantitativa para verificar a diferença de temperatura entre os conjuntos. Para melhorar a precisão das informações, os conjuntos devem ser analisados separadamente.

Figura 26 - Avaliação qualitativa dos fusíveis



Fonte: Do autor (2014)

Para a avaliação quantitativa completa foi utilizado um alicate amperímetro. Ao focar a máquina no conjunto avaliado, a temperatura apresentou valores de temperatura diferentes dos medidos inicialmente. Os ângulos das imagens foram alterados para checar a temperatura de forma correta e sem influencia dos objetos ao redor.

A fase “R” foi medida no momento da imagem térmica, e registrou uma corrente de 158 amperes. A imagem térmica registrou uma temperatura de 65,0° C e uma diferença de temperatura entre os componentes de 18,9°C para o componente com a segunda maior temperatura, que pode ser visto na Figura 27.

Figura 27 - Medição da fase R

Medições	°C
Sp1	65,0
Sp2	83,9
Sp3	55,2
AC 1	158,1000 A
Parâmetros	
Emissividade	0.92
Temp. refl.	26 °C

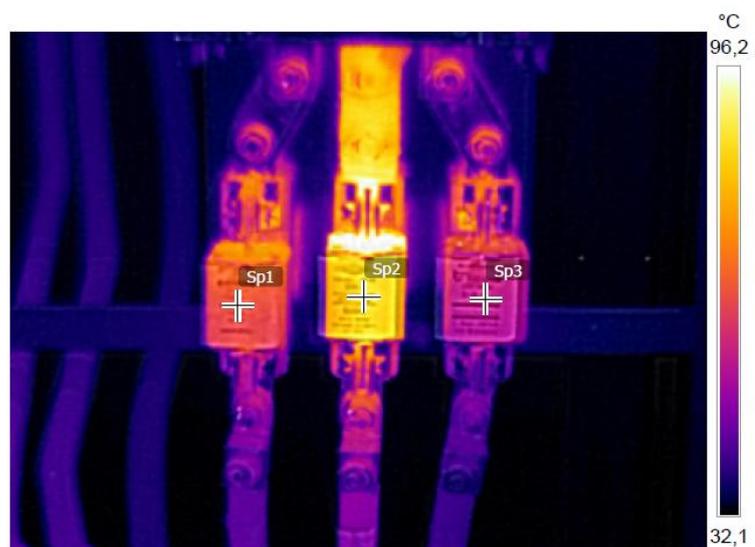


Fonte: Do autor (2014)

A fase S foi medida em seguida (Figura 28), apresenta na leitura do alicate a corrente de 211 amperes. Percebe-se que sua temperatura foi de 83,9°C, possivelmente por causa da corrente mais elevada. Nessa imagem, também podemos notar uma pequena variação (1°C) da temperatura quando comparada com a anterior (Figura 22), devido ao ângulo de obtenção da imagem.

Figura 28 - Medição da fase S

Medições	°C
Sp1	64,2
Sp2	83,9
Sp3	54,2
AC 1	211,9000 A
Parâmetros	
Emissividade	0.92
Temp. refl.	26 °C



Fonte: Do autor (2014)

Ao comparar a fase “R” com a fase “S” a classificação da severidade seria de nível três. Mas se compararmos a fase “S” com a fase “T” (Figura 24) a severidade poderia ser classificada como nível dois, pois a variação de temperatura ultrapassa os 20° C. Vale ressaltar nesse caso, que as leituras efetuadas com o alicate amperímetro ajudam a identificar que o problema. Observa-se o desbalanceamento das fases, e essa leitura de temperatura pode não ser somente o equipamento e conexões, mas sim do uso. Ficar atento aos detalhes também ajuda, note que a fase “R” está com uma corrente menor que a fase “T” e mesmo assim possui maior temperatura.

A medição da fase “T” (Figura 24) apresenta corrente de 167 amperes contra 158 amperes da fase “S”. A diferença de temperatura é de 9,8° C. Mas isso pode ser explicado por uso do equipamento e não cabe classificar como uma anomalia. Já para a fase de maior diferença de temperatura, Fase “S”, foi classificada como grau de severidade nível três, devido ao desbalanceamento das fases.

Figura 29 - Medição da fase T

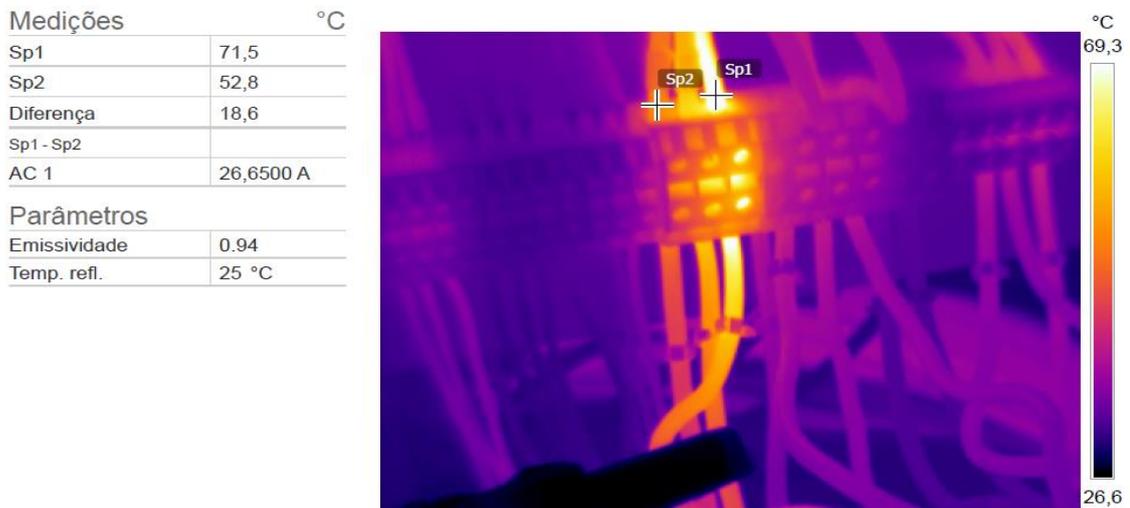


Fonte: Do autor (2014)

As comparações e análises em qualquer campo de atuação com a termografia é essencial para obter a informação correta sobre o que está ocorrendo no local ou com um determinado componente.

Na Figura 30, que mostra a régua de contatos da sala de máquinas, a comparação do ponto quente foi realizada com outro componente da mesma capacidade e característica.

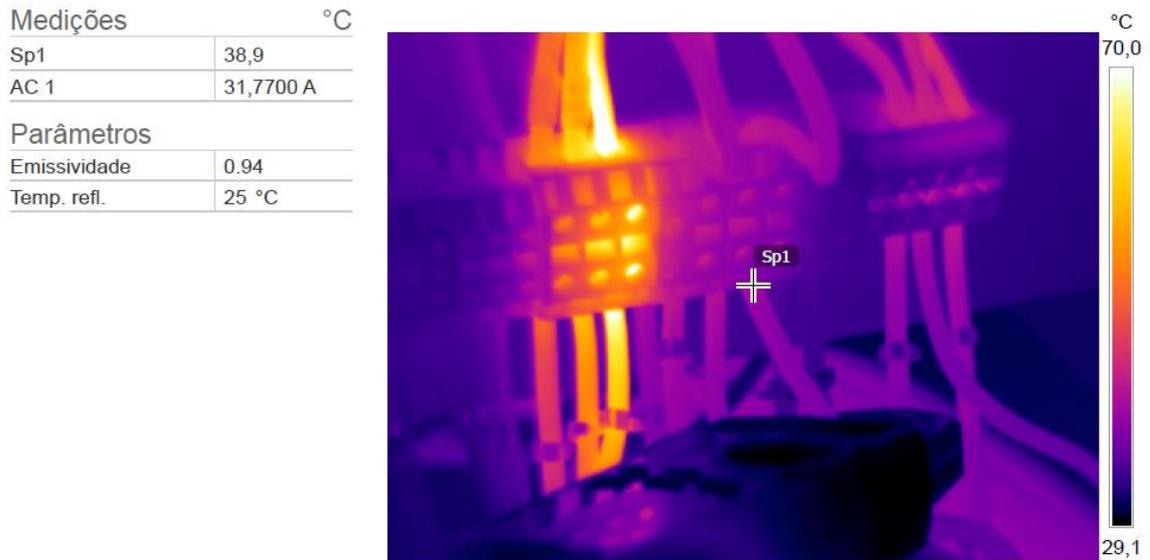
Figura 30 - Régua de contatos auxiliares



Fonte: Do autor (2014)

A medição da corrente apresentada foi de 26 amperes em um cabo de 16 mm². Outra medição, dessa vez para efeito de comparação, foi feita em um cabo ao lado com as mesmas características. A medição apresentada foi de 31 amperes e a temperatura de 38,9° C (Figura 31). Uma diferença de 32,6° C com relação ao cabo que estava conduzindo apenas 26 amperes. Isso indica que o componente está com algum problema em sua conexão, seja ele por falha ou falta de aperto no parafuso.

Figura 31 - Comparação da régua de contatos



Fonte: Do autor (2014)

Nesse caso a anomalia é classificada com um grau de severidade nível 2, e deve ser reparado assim que possível.

Nos demais equipamentos vistoriados não foram detectados problemas relacionados à sobrecarga, ou anomalias dos componentes dos quadros.

4.2 Relatório de correções

O relatório final com a classificação das anomalias e severidades, deve ser apresentado com todos os parâmetros e valores referentes à Emissividade, temperatura refletida, umidade e distância que foram utilizados durante a medição.

Além dos parâmetros inseridos na máquina, o relatório também deve apresentar a identificação do componente, localização, causa, ação e grau de intervenção ou nível de severidade, devem ser apresentados de forma simples e objetiva.

Os equipamentos que necessitam de intervenção, verificados durante a vistoria, estão apresentados na Tabela 8, juntamente com a anomalia e a prioridade do problema detectado.

Tabela 8 - Resumo de anomalias encontradas

	Local	Equipamento	Anomalia	Prioridade
01	Subestação	1.1 Transformador	-	-
02	QGBT	2.1 Quadro Geral de Baixa Tensão	Aquecimento	4
03	QTA	3.1 Quadro de Transferência Automática	Aquecimento excessivo do equipamento – Falha de funcionamento	1
04	Sala de Quadros condomínio	4.2 Chave Geral do 9º Pavimento	Desbalanceamento de fases	3
05	Sala de Máquinas	Quadro de comando das máquinas	Mau contato	2

Fonte: Do autor (2014)

Sugere-se que as correções sejam realizadas nos prazos, em função da prioridade, como recomenda o Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment (2008), sendo a prioridade 4 a mais branda e que devem ser providenciadas na próxima manutenção do equipamento, enquanto a prioridade 1 deve ser sanada imediatamente.

Os equipamentos que foram sujeitos à reparação devem ser examinados, por um termografista, o mais breve possível após a data de intervenção. As estatísticas relativas ao efeito da reparação, segundo Caramalho (2012), indicam que cerca de um terço dos defeitos reparados continuam a indicar sobreaquecimento, ou seja, esses defeitos apresentam um risco potencial de avaria. Isto quer dizer que, aguardar a próxima inspeção de termografia programada, apresenta um risco desnecessário para a instalação.

Quando um defeito continua a indicar sobreaquecimento após a sua reparação, a determinação da causa do sobreaquecimento aperfeiçoa o procedimento de reparação, ajuda a escolher os melhores fornecedores de componentes e a detectar as deficiências na concepção da instalação.

Muitas vezes, em vez de reparar os componentes com defeito, e tendo em consideração o tempo necessário para a manutenção e a parada da produção, é sugerido que sejam mantidos sobre controle. Monitorar a temperatura de um defeito identificado, muitas vezes é uma necessidade que se tem para evitar a parada da produção.

Para as correções, análises e relatórios, vale ressaltar que a frequência das inspeções de termografia deve ter em consideração, entre outros, os seguintes fatores:

- Idade da construção, instalação e equipamentos;
- Desgaste dos equipamentos em função das manobras e uso que estão sujeitos;
- Variações constantes de cargas;
- Intensidade de corrente de serviço elevadas
- Existência de vibrações nos locais onde estão instalados;
- Localização ambiental (Poeira, sol, umidade excessiva, proximidade do mar, etc.).
- Variações constantes de temperaturas ambientais;
- Importância da instalação no contexto do cliente;

4.4 Análise visual

Apesar dos pontos quentes terem sido detectados e planejados para manutenções futuras, visualmente as instalações se encontram em bom estado de conservação. O plano de manutenção tem sido realizado regularmente, assim como o controle de substituição de peças ou equipamentos defeituosos.

Ao analisar os equipamentos instalados e a manutenção do edifício, vemos que o cuidado foi redobrado a partir do momento que ocorreu uma falha grave nas instalações, devido a falta de manutenção preditiva por parte da companhia de energia e de uma das empresas do condomínio.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como demonstrado na apresentação e análise das imagens termográficas, vemos que o campo de utilização da termografia na engenharia é amplo. Este trabalho atingiu os objetivos propostos, tendo como considerações finais:

- A vistoria das instalações elétricas foi realizada com sucesso, já que os parâmetros de avaliação e a emissividade dos materiais eram conhecidos, sendo possível detectar pontos com sobreaquecimento e que necessitam de reparo
- Portanto, a termografia é ferramenta extremamente importante para realização de vistorias em instalações elétricas, permitindo antever problemas nos equipamentos elétricos, evitando a parada inesperada dos sistemas elétricos além de garantir a segurança dos usuários.
- A partir dos resultados obtidos, pode-se programar as atividades de manutenção preventiva e os locais exatos, evitando perda de tempo e otimizando o prazo da manutenção. Nota-se que também é importante o acompanhamento após a manutenção.
- Inserção de parâmetros como emissividade do material, temperatura refletida, temperatura ambiente e umidade na câmera é de extrema importância, pois a temperatura aparente lida sofre influência de cada dado que é inserido, principalmente da emissividade.

Durante os teste e uso da máquina, notamos que a termografia tem grande uso na área da impermeabilização, infiltrações e descolamento de cerâmica. A termografia pode indicar local onde um tubo está rompido, se houver diferença de temperatura ou até mesmo se houver evaporação no local para indicar umidade. Pode indicar também localização de estrutura de um edifício e até mesmo ser utilizado para estudo de fachadas.

Tendo em vista todas essas possibilidades, seguem as propostas para trabalhos futuros:

- Análise de descolamento cerâmico em fachadas utilizando a termografia;
- Influência dos parâmetros de entrada nas leituras realizadas de temperatura;
- Localização de infiltrações em áreas impermeabilizadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15572**-Ensaio não destrutivo - Termografia por infravermelho - Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos; abril/2008.
- _____, **NBR-16292** - Ensaio não destrutivo — Termografia — Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas 2014
- _____, **NBR-15866** - Ensaio não destrutivo — Termografia — Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos 2010
- _____, **NBR-15763** - Ensaio não destrutivo - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência 2009
- _____, **NBR-15718** - Ensaio não destrutivo — Termografia — Guia para verificação de termovisores 2009
- _____, **NBR-15424** - Ensaio não destrutivo - Termografia - Terminologia 2006
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL - http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/022/documento/anexo_-_plano_minimo_de_manutencao.pdf
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO – ABENDI; <http://www.abende.org.br>, visualizado em 11/2011.
- ALVES, NIELSEN E SOUZA, JULLYANA. "**A análise de manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco* utilizando a termografia como ensaio não destrutivo**" - 1º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. 2014
- BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 196f. Dissertação (Mestrado em construção de Edifícios) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 2004
- CHYZANOWSKI, K.; "**Non-Contact Thermometry - Measurement errors**"; SPIE PL, Research and development Treaties, Vol. 7, Warsaw, 2001.
- GAUSSORGUES, G.; "**Infrared Thermography**"; Microwave Technology Series 5; Chapman & Hall, 1994.

INFRARED TRAINING CENTER – ITC – **Manual do usuário – Certificação Nível 1**
– 2014

INFRASPECTION INSTITUTE; **“Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment”**; Infrasppection Institute, 2008

KAPLAN, H.; **“Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipment”**; 3a Edition SPIE Press Vol. TT34, 2007.

MADDING, R.; ORLOVE, G.; KAPLAN, H.; **“Twenty Five Years of ThermoSense: an Historical and Technological Retrospective”**; Proc. SPIE, 2003.

SNELL, J; **“Best Practices for Using Infrared Thermography for Condition Monitoring of Oil-filled Utility Assets”**; Snell Infrared, 2005.

SANTOS, L. **“Classificação e Modelagem de Fatores de Influência sobre inspeções Termográficas em Ambientes Desabrigados”**. 161 f. Dissertação (Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica). 2012

ANEXO A

Tabela de Emissividade dos Materiais

Espectro T: espectro total / SW: 2 - 5 μ m, LW: 8 - 14 μ m, LLW: 6.5 - 20 μ m

MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	TEMP °C	Espectro	Emissividade	Ref.
Tijolo	Alvenaria	35	SW	0,94	7
Tijolo	Alvenaria, coberto por gesso	20	T	0,94	1
Tijolo	Regular	17	SW	0,86-0,81	5
Tijolo	Vermelho, regular	20	T	0,93	2
Tijolo	Vermelho, cinza	20	T	0,88-0,93	1
Tijolo	Chamote	20	T	0,85	1
Tijolo	Chamote	1000	T	0,75	1
Tijolo	Chamote	1200	T	0,59	1
Tijolo	Silicone amorfo 95% SiO ₂	1230	T	0,66	1
Tijolo	Silimanita, 33% SiO ₂ ' 64% ai ₂ O ₂	1500	T	0,29	1
Bronze	Fósforo bronze	70	LW	0,06	9
Bronze	Fósforo bronze	70	SW	0,08	1
Bronze	Polido	50	T	0,1	1
Bronze	Poroso, Enrijecido	50-100	T	0,55	1
Bronze	Pó		T	0,76-0,80	1
Carbono	Fluido	20	T	0,98	2
Carbono	Pó de plumbago		T	0,97	1
Carbono	Pó de carvão vegetal		T	0,96	1
Carbono	Fuligem de vela	20	T	0,95	2
Carbono	Fuligem de lâmpada	20-400	T	0,95-0,97	1
Ferro Fundido	Tratado	800-1000	T	0,60-0,70	1
Ferro Fundido	Fluido	1300	T	0,28	1
Ferro Fundido	Fundido	50	T	0,81	1
Ferro Fundido	Blocos de ferro fundido	1000	T	0,95	1
Ferro Fundido	Oxidado	38	T	0,63	4
Ferro Fundido	Oxidado	100	T	0,64	2
Ferro Fundido	Oxidado	260	T	0,66	4
Ferro Fundido	Oxidado	538	T	0,76	4
Ferro Fundido	Oxidado 600°C	200-600	T	0,64-0,78	1
Ferro Fundido	Polido	38	T	0,21	4
Ferro Fundido	Polido	40	T	0,21	2
Ferro Fundido	Polido	200	T	0,21	1
Ferro Fundido	Não tratado	900-1100	T	0,87-0,95	1
Papelão	Não tratado	20	SW	0,9	6
Cromo	Polido	50	T	0,1	1
Cromo	Polido	500-1000	T	0,28-0,38	1

Argila	Queimada	70	T	0,91	1
Tecido	Preto	20	T	0,98	1
Concreto		20	T	0,92	2
Concreto	Pavimentação	5	LLW	0,974	8
Concreto	Enrijecido	17	SW	0,97	5
Concreto	Seco	36	SW	0,95	7
Cobre	Eletrolítico, polido claramente.	80	T	0,018	1
Cobre	Eletrolítico, polido	-34	T	0,006	4
Cobre	Quebrado	27	T	0,07	4
Cobre	Derretido	1100-1300	T	0,13-0,15	1
Cobre	Comercial, brilhante	20	T	0,07	1
Cobre	Oxidado	50	T	0,6-0,7	1
Cobre	Oxidado, escuro	27	T	0,78	4
Cobre	Oxidado, profundamente	20	T	0,78	2
Cobre	Oxidado, preto		T	0,88	1
Cobre	Polido	50-100	T	0,02	1
Cobre	Polido	100	T	0,03	2
Cobre	Polido, comercial	27	T	0,03	4
Cobre	Polido, mecânico	22	T	0,015	4
Cobre	Limpo, superfície totalmente preparada.	22	T	0,008	4
Dióxido de cobre	Pó		T	0,84	1
Dióxido de cobre	Vermelho, pó		T	0,7	1
Terra	Saturada com água	20	T	0,95	2
Terra	Seca	20	T	0,92	2
Esmalte		20	T	0,9	1
Esmalte	Tinta	20	T	0,85-0,95	1
Placa em fibra	Rígida, não tratada	20	SW	0,85	6
Placa em fibra	Ottrelith	70	LW	0,88	9
Placa em fibra	Ottrelith	70	SW	0,75	9
Placa em fibra	Placa de partícula	70	LW	0,89	9
Placa em fibra	Placa de partícula	70	SW	0,77	9
Placa em fibra	Porosa, não tratada	20	SW	0,85	6
Encaixes esmaltados	8 cores e qualidades diferentes	70	LW	0,92-0,94	9
Encaixes esmaltados	8 cores e qualidades diferentes	70	SW	0,88-0,96	9
Encaixes esmaltados	Alumínio, diferentes idades	50-100	T	0,27-0,67	1
Encaixes esmaltados	Sobre base oleosa, média de 16 cores	100	T	0,94	2
Encaixes esmaltados	Verde Cromo		T	0,65-0,70	1
Encaixes esmaltados	Amarelo Cádmi		T	0,28-0,33	1
Encaixes esmaltados	Azul Cobalto		T	0,7-0,8	1
Encaixes esmaltados	Plástico, preto	20	SW	0,95	6
Encaixes esmaltados	Plástico, branco	20	SW	0,84	6

Encaixes esmaltados	Óleo	17	SW	0,87	5
Encaixes esmaltados	Óleo, diferentes cores	100	T	0,92-0,96	1
Encaixes esmaltados	Óleo, cinza brilhante	20	SW	0,960,96	6
Encaixes esmaltados	Óleo, cinza, acabamento fosco	20	SW	0,97	6
Encaixes esmaltados	Óleo, preto, acabamento fosco	20	SW	0,94	6
Encaixes esmaltados	Óleo, preto, brilhante	20	SW	0,92	6
Ouro	Polido de forma brilhante	200-600	T	0,02-0,03	1
Ouro	Polido vigorosamente	100	T	0,02	2
Ouro	Polido	130	T	0,018	1
Granito	Polido	20	LLW	0,849	8
Granito	Enrijecido	21	LLW	0,879	8
Granito	Enrijecido, 4 amostras diferentes	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	Enrijecido, 4 amostras diferentes	70	SW	0,95-0,97	9
Gipsita		20	T	0,8-0,9	1
Gipsita, aplicada		17	SW	0,86	5
Gipsita, aplicada	Placa de gipsita, não tratada	20	SW	0,9	6
Gipsita, aplicada	Superfície enrijecida	20	T	0,91	2
Gelo: ver água					
Ferro e Aço	Eletrolítico	22	T	0,05	4
Ferro e Aço	Eletrolítico	100	T	0,05	4
Ferro e Aço	Eletrolítico	260	T	0,07	4
Ferro e Aço	Eletrolítico, polido vigorosamente.	175-225	T	0,05-0,06	1
Ferro e Aço	Recém-laminado	20	T	0,24	1
Ferro e Aço	Recém-processado com lixa	20	T	0,24	1
Ferro e Aço	Placa aplainada	950-1100	T	0,55-0,61	1
Ferro e Aço	Forjado, polido vigorosamente.	40-250	T	0,28	1
Ferro e Aço	Placa laminada	50	T	0,56	1
Ferro e Aço	Brilhante, causticado	150	T	0,16	1
Ferro e Aço	Camada brilhante de óxido, placa	20	T	0,82	1
Ferro e Aço	Laminado sob alta temperatura	20	T	0,77	1
Ferro e Aço	Laminado sob alta temperatura	130	T	0,6	1
Ferro e Aço	Laminado sob baixa temperatura	70	LW	0,09	9
Ferro e Aço	Laminado sob baixa temperatura	70	SW	0,2	9
Ferro e Aço	Coberto com óxido vermelho	20	T	0,61-0,85	1
Ferro e Aço	Oxidado	100	T	0,74	1
Ferro e Aço	Oxidado	100	T	0,74	4
Ferro e Aço	Oxidado	125-525	T	0,78-0,82	1
Ferro e Aço	Oxidado	200	T	0,79	2
Ferro e Aço	Oxidado	200-600	T	0,8	1
Ferro e Aço	Oxidado	1227	T	0,89	4
Ferro e Aço	Polido	100	T	0,07	2
Ferro e Aço	Polido	400-1000	T	0,14-0,38	1

Ferro e Aço	Placa polida	750-1050	T	0,52-0,56	1
Ferro e Aço	Enrijecido, superfície plana	50	T	0,95-0,98	1
Ferro e Aço	Enferrujado, vermelho	20	T	0,69	1
Ferro e Aço	Enferrujado vermelho, placa	22	T	0,69	4
Ferro e Aço	Profundamente oxidado	50	T	0,88	1
Ferro e Aço	Profundamente oxidado	500	T	0,98	1
Ferro e Aço	Profundamente oxidado	17	SW	0,96	5
Ferro e Aço	Placa profundamente enferrujada	20	T	0,69	2
Ferro galvanizado	Placa	92	T	0,07	4
Ferro galvanizado	Placa, oxidada	20	T	0,28	1
Ferro galvanizado	Placa, oxidada	30	T	0,23	1
Ferro galvanizado	Placa, oxidada	70	LW	0,85	9
Ferro galvanizado	Placa, oxidada	70	SW	0,64	9
Ferro estanhado	Placa	24	T	0,064	4
Couro	Pelo escurecido pelo sol		T	0,75-0,80	1
Calcário			T	0,3-0,4	1
Magnésio		22	T	0,07	4
Magnésio		260	T	0,13	4
Magnésio		538	T	0,18	4
Magnésio	Polido	20	T	0,07	2
Pó de Magnésio			T	0,86	1
Molibdênio		600-1000	T	0,08-0,13	1
Molibdênio		1500-2200	T	0,19-0,26	1
Molibdênio	Barbante	700-2500	T	0,1-0,3	1
Argamassa		17	SW	0,87	5
Argamassa	Seca	36	SW	0,94	7
Níquel	Fio	200-1000	T	0,1-0,2	1
Níquel	Eletrolítico	22	T	0,04	4
Níquel	Eletrolítico	38	T	0,06	4
Níquel	Eletrolítico	260	T	0,07	4
Níquel	Eletrolítico	538	T	0,1	4
Níquel	Galvanizado, polido	20	T	0,05	2
Níquel	Galvanizado em ferro, não polido	20	T	0,11-0,40	1
Níquel	Galvanizado em ferro, não polido	22	T	0,11	4
Níquel	Galvanizado em ferro, não polido	22	T	0,045	4
Níquel	Acabamento Levemente fosco	122	T	0,041	4
Níquel	Oxidado	200	T	0,37	2
Níquel	Oxidado	227	T	0,37	4
Níquel	Oxidado	1227	T	0,85	4
Níquel	Oxidado a 600°C	200-600	T	0,37-0,48	1
Níquel	Polido	122	T	0,045	4

Níquel	Limpo, polido	100	T	0,045	1
Níquel	Limpo, polido	200-400	T	0,07-0,79	1
Níquel-Cromo	Fio, descoberto	50	T	0,65	1
Níquel-Cromo	Fio, descoberto	500-1000	T	0,71-0,79	1
Níquel-Cromo	Fio, oxidado	50-500	T	0,95-0,98	1
Níquel-Cromo	Laminado	700	T	0,25	1
Níquel-Cromo	Com jato de areia	700	T	0,7	1
Óxido de Níquel		500-650	T	0,52-0,59	1
Óxido de Níquel		1000-650	T	0,75-0,86	1
Óleo, Óleo Lubrificante	0,025-mm-camada	20	T	0,27	2
Óleo, Óleo Lubrificante	0,05-mm-camada	20	T	0,46	2
Óleo, Óleo Lubrificante	0,125-mm-camada	20	T	0,72	2
Óleo, Óleo Lubrificante	camada espessa	20	T	0,82	2
Óleo, Óleo Lubrificante	Camada sobre base de Ni; somente base de Ni	20	T	0,05	2
Tinta	3 cores, pulverizada sobre alumínio	70	LW	0,92-0,94	9
Tinta	3 cores, pulverizada sobre alumínio	70	SW	0,50-0,53	9
Tinta	Alumínio sobre superfície enrijecida	20	T	0,4	1
Tinta	Baquelita	80	T	0,83	1
Tinta	À prova de calor	100	T	0,92	1
Tinta	Preta, brilhante, pulverizada sobre ferro	20	T	0,87	1
Tinta	Preta, acabamento fosco	100	T	0,97	2
Tinta	Preta, opaca	40-100	T	0,96-0,98	1
Tinta	Branca	40-100	T	0,8-0,95	1
Tinta	Branca	100	T	0,92	2
Papel	4 diferentes cores	70	LW	0,92-0,94	9
Papel	4 diferentes cores	70	SW	0,68-0,74	9
Papel	Revestido com tinta preta		T	0,93	1
Papel	Azul escuro		T	0,84	1
Papel	Amarelo		T	0,72	1
Papel	Verde		T	0,85	1
Papel	Vermelho		T	0,76	1
Papel	Preto		T	0,9	1
Papel	Preto, opaco		T	0,94	1
Papel	Preto, opaco	70	LW	0,89	9
Papel	Preto, opaco	70	SW	0,86	9
Papel	Branco	20	T	0,7-0,9	1
Papel	Branco, 3 diferentes revestimentos brilhantes	70	LW	0,88-0,90	9
Papel	Branco, 3 diferentes revestimentos brilhantes	70	SW	0,76-0,78	9
Papel	Branco, aglutinado	20	T	0,93	2
Plástico	Laminado de fibra ótica (placa de circuito impresso)	70	LW	0,91	9
Plástico	Laminado de fibra ótica (placa de circuito impresso)	70	SW	0,94	9

Plástico	Poliuretano-placa de isolamento	70	LW	0,55	9
Plástico	Poliuretano-placa de isolamento	70	SW	0,29	9
Plástico	PVC, piso plástico, opaco, estruturado	70	LW	0,93	9
Plástico	PVC, piso plástico, opaco, estruturado	70	SW	0,94	9
Chapa	Brilhante	20-50	T	0,04-0,06	1
Chapa	Chapa branca	100	T	0,07	2
Platina		17	T	0,016	4
Platina		22	T	0,05	4
Platina		260	T	0,06	4
Platina		538	T	0,1	4
Platina		1000-1500	T	0,14-0,18	1
Platina		1094	T	0,18	4
Platina	Faixa	900-1100	T	0,12-0,17	1
Platina	Fio	50-200	T	0,06-0,07	1
Platina	Fio	500-1000	T	0,10-0,16	1
Platina	Fio	1400	T	0,18	1
Platina	Limpo, polido	200-600	T	0,05-0,10	1
Grafita	Brilhante	250	T	0,08	1
Grafita	Não oxidado, polido	100	T	0,05	4
Grafita	Oxidado, cinza	20	T	0,28	1
Grafita	Oxidado, cinza	22	T	0,28	4
Grafita	Oxidado a 200°C	200	T	0,63	1
Grafita decomposta		100	T	0,93	4
Pó de grafita decomposta		100	T	0,93	1
Poliestireno	Isolamento térmico	37	SW	0,6	7
Porcelana	Esmaltada	20	T	0,92	1
Porcelana	Branca, incandescente		T	0,70-0,75	1
Borracha	Rígida	20	T	0,95	1
Borracha	Macia, cinza, enrijecida	20	T	0,95	1
Areia			T	0,6	1
Areia		20	T	0,9	2
Lixa	Rústica	80	T	0,85	1
Arenito	Polido	19	LLW	0,909	8
Arenito	Enrijecido	19	LLW	0,935	8
Prata	Polida	100	T	0,03	2
Prata	Limpa, polida	200-600	T	0,02-0,03	1
Pele	Humana	32	T	0,98	2
Lava	Bacia	0-100	T	0,97-0,93	1
Lava	Bacia	200-500	T	0,89-0,78	1
Lava	Bacia	600-1200	T	0,76-0,70	1
Lava	Bacia	1400-1800	T	0,69-0,67	1

Neve: ver água					
Aço Inoxidável	Chapa, polida	70	LW	0,14	9
Aço Inoxidável	Chapa, polida		SW	0,18	9
Aço Inoxidável	Chapa, não tratada, com ranhuras	70	LW	0,26	9
Aço Inoxidável	Chapa, não tratada, com ranhuras	70	SW	0,3	9
Aço Inoxidável	Laminado	700	T	0,45	1
Aço Inoxidável	Liga, 8%Ni, 18% Cr	500	T	0,35	1
Aço Inoxidável	Com jato de areia	700	T	0,7	1
Aço Inoxidável	Tipo 18-8, brilhante	20	T	0,16	2
Aço Inoxidável	Tipo 18-8, oxidado a 800°C	60	T	0,85	2
Alcatrão			T	0,79-0,84	1
Alcatrão	Papel	20	T	0,91-0,93	1
Titânio	Oxidado a 540°C	200	T	0,4	1
Titânio	Oxidado a 540°C	500	T	0,5	1
Titânio	Oxidado a 540°C	1000	T	0,6	1
Titânio	Polido	200	T	0,15	1
Titânio	Polido	500	T	0,2	1
Titânio	Polido	1000	T	0,36	1
Tungstênio		200	T	0,05	1
Tungstênio		600-1000	T	0,1-0,16	1
Tungstênio		1500-2200	T	0,24-0,31	1
Tungstênio	Barbante	3300	T	0,39	1
Verniz	Sobre tacos de madeira de carvalho	70	LW	0,90-0,93	9
Verniz	Sobre tacos de madeira de carvalho	70	SW	0,9	9
Verniz	Acabamento fosco	20	SW	0,93	6
Vulcanite			T	0,89	1
Papel de Parede	Levemente estampado, cinza claro	20	SW	0,85	6
	20	SW	0,85	6	6
Papel de Parede	Levemente estampado, vermelho	20	SW	0,9	6
Água	Destilada	20	T	0,96	2
Água	Gelo, fortemente coberto por geada	0	T	0,98	1
Água	Gelo, escorregadio	-10	T	0,96	2
Água	Gelo, escorregadio	0	T	0,97	1
Água	Cristais de geada	-10	T	0,98	2
Água	Coberta >0,1mm de espessura	0-100	T	0,95-0,98	1
Água	Neve		T	0,8	1
Água	Neve	-10	T	0,85	2
Madeira		17	SW	0,98	5
Madeira		19	LLW	0,962	8
Madeira	Aplainada	20	T	0,8-0,9	1
Madeira	Carvalho aplainado	20	T	0,9	2

Madeira	Carvalho aplainado	70	LW	0,88	9
Madeira	Carvalho aplainado	70	SW	0,77	9
Madeira	Tratada com lixa		T	0,5-0,7	1
Madeira	Pinho, 4 amostras diferentes	70	LW	0,81-0,89	9
Madeira	Pinho, 4 amostras diferentes	70	SW	0,67-0,75	9
Madeira	Compensada, plana, seca	36	SW	0,82	7
Madeira	Compensada, não tratada	20	SW	0,83	6
Madeira	Branca, úmida	20	T	0,7-0,8	1
Zinco	Chapa	50	T	0,2	1
Zinco	Oxidada a 400°C	400	T	0,11	1
Zinco	Superfície oxidada	1000-1200	T	0,50-0,60	1
Zinco	Polido	200-300	T	0,04-0,05	1

Fonte: Contemp (2014)

Referências:

- 1 Mikaél A. Bramson: Infrared Radiation, A Handbook for Applications, Plenum Press, N.Y.
- 2 William L. Wolfe, George J. Zissis: The Infrared Handbook, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
- 3 Madding, R.P.: Thermographic Instruments and Systems. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science
- 4 William L. Wolfe: Handbook of Military Infrared Technology, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
- 5 Jones, Smith, Probert: External thermography of buildings , Proc. Of the Society of Phot-Optical Instrumentation Engineers, vol. 110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, Juni 1977 London
- 6 Paljak, Pettersson: Thermography of Buildings, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972
- 7 Vlcek, J.: Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \mu\text{m}$. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
- 8 Kern: Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites, Defence Documentation Center, AD 617 417.
- 9 Öhman, Claes: Emittansmätningarmed AGEMA E-Box. Teknisk rapport, AGEMA 1999.(Emissivity measurements with AGEMA E-Box.Technicalreport, AGEMA 1999.)