

Capítulo vX

Consumidores por transformador

Por Manuel Luis Barreira Martinez*

COMENTÁRIOS

Como demonstrado nos capítulos anteriores, uma vez conhecidos os dados de cadastro e energia dos consumidores de uma concessionária, bem como as características que correlacionam a energia e a demanda é possível, através de uma análise estatística, um pouco mais elaborada, fugindo do padrão "distribuição normal", verificar alguns pontos de extrema importância com respeito às condições do ativo transformadores, e com um pouco mais de requinte, partindo da arquitetura dos alimentadores, o que não foi objeto da presente discussão dos seus alimentadores.

Como visto, é possível verificar e discutir, com razoável precisão, as padronizações de potência nominal e expectativa de vida útil das unidades, quando de transformadores trifásicos e inferir, uma vez que o desbalanço de fases não pode ser avaliado com base nessa formatação de dados, os mesmos pontos com respeito aos transformadores trifásicos.

A divisão dos consumidores, em grupos como proposto neste texto também depende da política determinada pela concessionária.

Como demonstrado nos exemplos desenvolvidos, os transformadores monofásicos podem ou devem ser agrupados em três diferentes grupos característicos, com modelos estatísticos de carga, como mostra a Figura 1, distintos. O real impacto dessa classificação, como definido pelo "Fator de perdas sob carga - k ou LLD" dos transformadores, como mostrado pela Equação 1 precisa ser avaliado por meio de medições de campo.

A lógica indica que não devem ser encontrados valores extremamente discrepantes - são esperados valores entre 0,5 e 2,0 horas. Quando confrontados com as tolerâncias de manufatura e as políticas de estoque e logística da concessionária, o resultado dos processos de capitalização de perdas pode ser um único padrão com relevância econômica.

$$k = LLD = \frac{24}{n_d} \cdot \sum_{i=1}^{n_d} \left(\frac{S_i}{Sn_{TR}} \right)^2 \quad (1)$$

Em que:

S_i = Demanda do Transformador no instante de tempo "i";

n_d Número de intervalos de tempo "i", utilizados para descrever o ciclo de carga;

Sn_{TR} = Potência nominal do transformador.

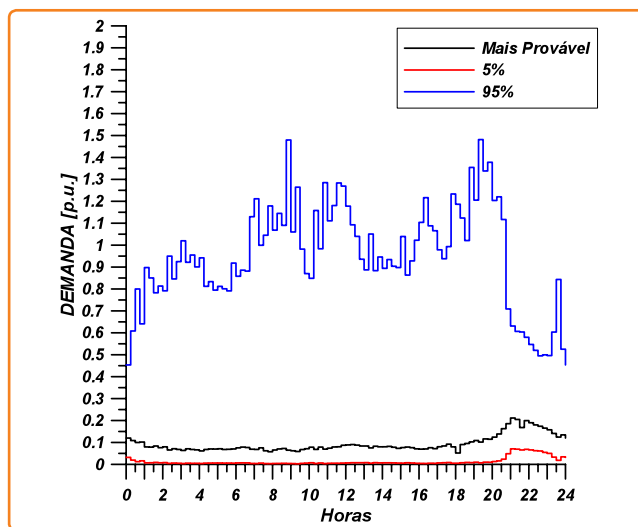


Figura 1 – Exemplo de modelo estatístico de carga – Curva de demanda mínima – 5%, mais provável e máxima – 95% em p.u. a cada 15 minutos para o período de 24 horas.

Os transformadores trifásicos do exemplo, exceto os com potência nominal de 30 kVA admitem um agrupamento em dois diferente grupos de característicos. Novamente, são válidos os comentários anteriores. No entanto, neste caso, o "Fator de perdas sob carga - k ou LLD" dos transformadores fica entre 3,0 e 5,0

horas. Deste modo, como se observa e indica o fator de perdas sob carga, estas unidades trabalham com maior carregamento. Quando esta análise é estendida para a ideia de avaliar o carregamento por fase, os números mudam e, em geral, uma das fases, na maioria das vezes, termina recebendo o maior impacto térmico.

A escolha ou determinação apropriada dos valores do "Fator de perdas sob carga", que é um valor distinto do "Fator de carga", é ponto primordial para a correta avaliação do conceito de perdas capitalizadas.

$$F_C = \frac{1}{n_d D_{Mx}} \cdot \sum_{i=1}^{n_d} S_i \quad (2)$$

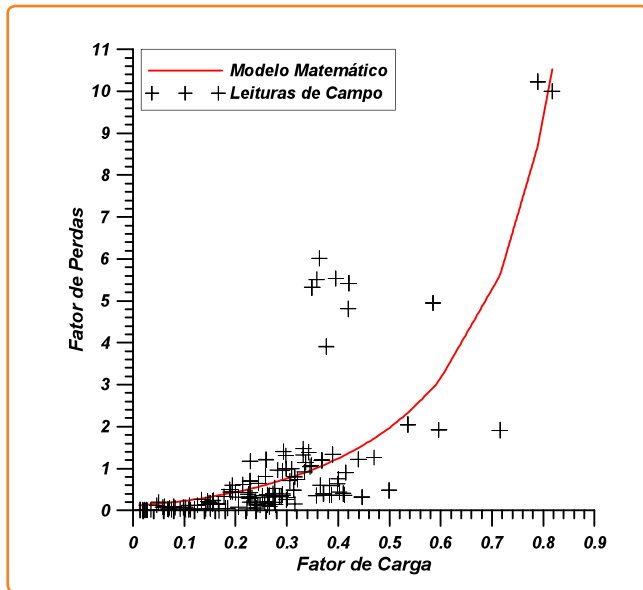


Figura 2 – Relação "fator de perdas versus fator de carga".

Nota: Existe uma correlação entre os valores do "Fator de perdas sob carga" e do "fator de carga", como definido pela Equação 2. Como se observa, a relação existe, porém, não é trivial, como mostra a Figura 2. Logo, qualquer expressão, sem origem consistente com os dados que se pretende avaliar, para correlacionar estes dois fatores poder conduzir a resultados totalmente dispares e sem significado, principalmente econômico, que em tese é o que apresenta maior importância.

Também é importante realçar a necessidade de se ter uma boa confiança nos modelos matemáticos que correlacionam "demanda versus energia consumida". Caso esse modelo não for representativo, ou ainda desatualizado, qualquer análise com base nestes valores perde significado. Neste caso, é sempre importante tentar incluir nas medidas de campo e avaliações as relações entre "energia versus fator de potência" e "desbalanços entre fases em transformadores trifásicos".

AVALIAÇÕES DE CAMPO

A qualidade dos dados que compõem as análises apresentadas necessita para ser considerada como confiável de uma verificação em campo.

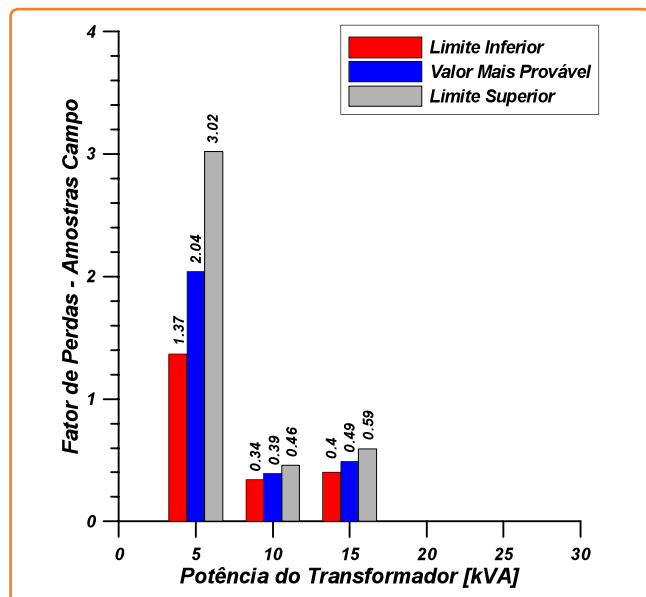
Deste modo, a Tabela 1 mostra os resultados das medições em campo para verificar a qualidade de parte dos dados utilizados nas análises apresentadas neste texto.

TABELA 1 – AVALIAÇÃO DOS MODELOS ESTADÍSTICOS PARA A DEMANDA MÁXIMA DOS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS AVALIADOS

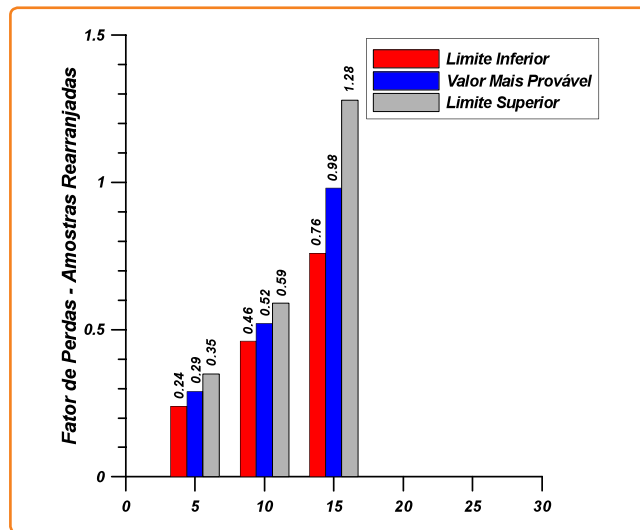
Demanda máxima [kVA]			
5 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	2.67	3.36	4.07
B. Dados	3.99	4.07	4.15
10 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	3.39	3.46	3.52
B. Dados	3.47	3.52	3.57
15 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	5.50	5.91	6.46
B. Dados	7.14	7.29	7.45

A Tabela 1 mostra que existe superposição das faixas dos resultados para os valores mais prováveis obtidos dos bancos de dados e das medições em campo, para os transformadores monofásicos de 5 kVA e 10 kVA. O mesmo não se observa para os transformadores com potência nominal de 15 kVA. Isto demonstra a possibilidade de terem ocorrido dois problemas durante as análises. O primeiro é a falta de adequação para a relação entre "demanda máxima versus energia consumida" para todos os níveis de potência nominal dos transformadores monofásicos, o que deve sempre ser objeto de avaliação prévia. O segundo é o reduzido tamanho das amostras avaliadas em campo, que por uma questão de custos, foi bem abaixo dos valores recomendados para um estudo estatístico com desvios em relação à média inferiores a 10%.

As Figuras 3 e 4 mostram os fatores de perdas sob carga, que devem ser utilizados para as avaliações econômicas e de perdas capitalizadas, conforme as amostras retiradas de campo e reorganizadas conforme regra que privilegia o carregamento das unidades, respectivamente, o que deve ser, sempre que possível, observado.


Figura 3 – Relação fator de perdas versus potência nominal do transformador – Amostras de campo.

A reorganização das amostras considerou uma ordenação dos transformadores avaliados conforme a sua "demanda máxima semanal". Assim, transformadores com demanda <4,25 kVA → 5 kVA, > 4,25 kVA =< 8,5 → 10 kVA e, finalmente, > 8,5 kVA → 15 kVA.


Figura 4 – Relação "fator de perdas versus potência nominal do transformador – amostras rearranjadas".
TABELA 2 – AVALIAÇÃO DOS MODELOS ESTADÍSTICOS PARA A DEMANDA MÁXIMA DOS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS AVALIADOS

Demanda Máxima [kVA]			
30 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	13.61	13.99	14.37
B. Dados	15.84	16.31	16.81
45 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	31.81	32.29	32.78
B. Dados	30.32	30.82	31.31
75 kVA	L. Inferior	Provável	L. Superior
Campo	56.33	56.96	57.50
B. Dados	58.12	58.72	59.31

Como mostram as Figuras 3 e 4, a reorganização do carregamento dos transformadores monofásicos melhora a distribuição das perdas e por certo a expectativa da vida útil do ativo. Este problema já tinha sido levantado quando da avaliação estatística dos valores disponibilizados nos Bancos de Dados, somente confirma o fato que deve ser sempre observado quando da expansão das redes e de novas aquisições.

A Tabela 2 mostra os resultados das medições em campo para verificar a qualidade dos dados utilizados nas análises apresentadas neste texto para os transformadores trifásicos.

Neste caso, não ocorrem superposições das faixas de resultados obtidos dos bancos de dados e medições em campo para os níveis de potência nominal dos transformadores

trifásicos avaliados. Novamente, são válidas as observações anteriores sobre as discrepâncias observadas.

As Figuras 5 e 6 mostram os fatores de perdas sob carga, que devem ser utilizados nas avaliações econômicas e sobre perdas capitalizadas, para as amostras retiradas de campo que, por sua vez, foram avaliadas como unidades trifásicas e por fases, respectivamente.

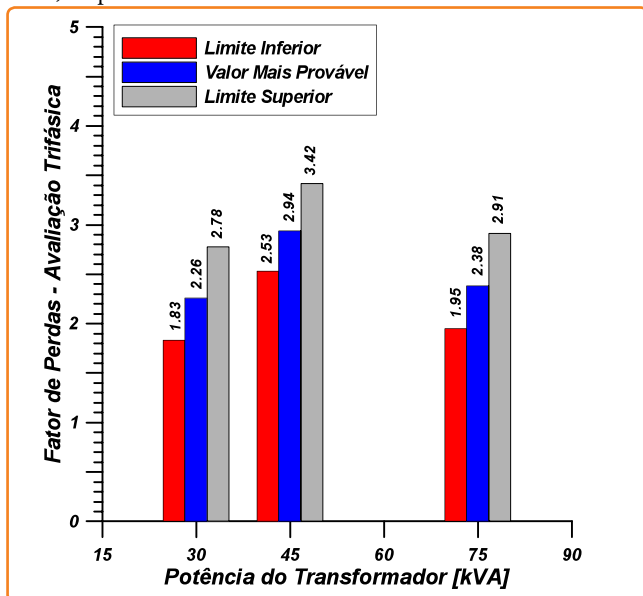


Figura 5 – Relação "Fator de perdas versus potência nominal do transformador – avaliação trifásica".

As Figuras 5 e 6 mostram o efeito do desbalanço do carregamento das pernas nos transformadores trifásicos avaliados. Convém ressaltar que esse efeito é indetectável na estrutura do banco de dados disponibilizado para a presente análise, o que é um problema, pois nestes casos, o envelhecimento de parte do ativo, passa despercebido.

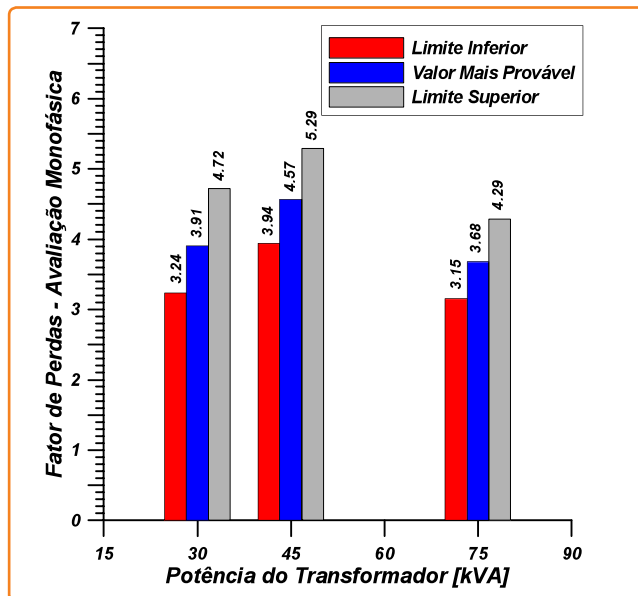


Figura 6 – Relação "fator de perda versus potência nominal do transformador – Avaliação por fase".

Como se observa a ordem de grandeza dos maiores fator de perdas verificados para as avaliações trifásicas é similar aos determinados para as avaliações fase a fase dos transformadores trifásicos. Como posto, isso diretamente implica em uma subavaliação do problema imposto pelas sobrecargas nestas unidades.

Em termos de perdas ou custos capitalizados, essa diferença também é responsável por uma escolha inadequada dos transformadores. No entanto, nestes casos, é melhor avaliar as condições de carregamento entre fases do que aumentar a potência nominal trifásica dos transformadores, uma vez que em geral essa "providência" não resolve o problema, somente cria sobrecustos e subavaliações. Para tanto, basta observar que um transformador de 45 kVA - 15 kVA por fase, ou perna, carregado com 5,5 kVA e 30 kVA, apresenta uma condição de carregamento de 2,0 p.u. na sua fase mais carregada. Sua substituição por uma unidade de maior potência, ou seja, 75 kVA ainda resulta em um carregamento na fase mais carregada de 1,2 p.u.. Em suma, não se resolve o problema e paga-se mais caro pelo ativo. O pior seria então adotar um transformador com potência nominal de 112,5 kVA, o que infelizmente se verifica na prática.

Manuel Luís Barreira Martinez possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor associado da Universidade Federal de Itajubá. Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em equipamentos, materiais elétricos, distribuição de energia elétrica e técnicas em alta tensão. É autor e coautor de 350 artigos em revistas e seminários, associados a trabalhos de engenharia e 45 orientações de mestrado e doutorado. Atua, principalmente, nos seguintes segmentos: métodos de ensaios, ensaios dielétricos, para-raios para sistemas de média e alta tensão e equipamentos elétricos.

FIM

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br