
**ESTUDO DE APLICAÇÃO DA CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA EM
INSTALAÇÕES TRIFÁSICAS INDUSTRIAIS**

Fábio Basso Gaino¹

Renato Aparecido Laguila¹

Jonatan Pereira Machado¹

Patrícia Beneti de Oliveira²

RESUMO

A crescente demanda por energia elétrica no setor industrial brasileiro tem impulsionado a busca por soluções que promovam maior eficiência energética e racionalização dos custos operacionais. Nesse contexto, a correção do fator de potência (FP) se destaca como uma prática fundamental, especialmente em instalações trifásicas industriais, onde há grande presença de cargas indutivas, como motores, transformadores e fornos de indução. Essas cargas consomem potência reativa, reduzindo o fator de potência e impactando negativamente o desempenho do sistema elétrico. O fator de potência é a relação entre a potência ativa (P), utilizada efetivamente para realizar trabalho, e a potência aparente (S), que representa a energia total fornecida. Quando o FP é inferior a 0,92, conforme exigência da ANEEL, os consumidores estão sujeitos a penalidades financeiras. Além disso, um baixo FP ocasiona aumento da corrente elétrica, sobrecarga de condutores e transformadores, maiores perdas por efeito Joule, queda de tensão e degradação da qualidade da energia. A correção do FP é realizada por meio da instalação de cargas capacitivas, geralmente bancos de capacitores, que fornecem potência reativa capacitiva (QC) para compensar a potência reativa indutiva (QL) das cargas. O dimensionamento desses capacitores pode ser feito com base na potência ativa da instalação e nos ângulos dos fatores de potência antes e depois da correção. A metodologia do trabalho incluiu pesquisa bibliográfica e análise de um estudo de caso em uma indústria de médio porte do setor metalúrgico, operando em 380V trifásico. Antes da correção, a instalação apresentava um fator de potência médio de 0,78, resultando em multas mensais de R\$2.800,00. Com a instalação de um banco de capacitores automático de 200 kVAr, ajustado para manter o FP acima de 0,95, o fator de potência médio foi elevado para 0,96, eliminando as penalidades e gerando uma economia mensal equivalente ao valor anteriormente pago em multas. Conclui-se que a correção do fator de potência é uma estratégia viável, de rápido retorno financeiro e com benefícios técnicos significativos. Sua implementação deve ser considerada parte essencial da gestão energética em ambientes industriais, contribuindo para a eficiência, estabilidade e sustentabilidade dos sistemas elétricos.

232

Palavras-chave: fator de potência; eficiência energética; bancos de capacitores; instalações industriais; potência reativa.

¹ Discentes do curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Universitário Filadélfia – UniFil

² Docente dos cursos de Engenharias do Centro Universitário Filadélfia – UniFil

ABSTRACT

The growing demand for electricity in the Brazilian industrial sector has driven the search for solutions that promote greater energy efficiency and rationalize operating costs. In this context, power factor (PF) correction stands out as a fundamental practice, especially in three-phase industrial installations, where there is a large presence of inductive loads, such as motors, transformers, and induction furnaces. These loads consume reactive power, reducing the power factor and negatively impacting the performance of the electrical system. The power factor is the ratio between the active power (P), effectively used to perform work, and the apparent power (S), which represents the total energy supplied. When the PF is below 0.92, as required by ANEEL, consumers are subject to financial penalties. Furthermore, a low PF causes increased electrical current, overloading of conductors and transformers, greater losses due to the Joule effect, voltage drops, and degraded power quality. PF correction is achieved by installing capacitive loads, typically capacitor banks, which provide capacitive reactive power (CRP) to compensate for the inductive reactive power (LRP) of the loads. These capacitors can be sized based on the installation's active power and the power factor angles before and after correction. The study methodology included literature review and analysis of a case study in a medium-sized metallurgical plant operating at 380V three-phase. Before correction, the facility had an average power factor of 0.78, resulting in monthly fines of R\$2,800.00. With the installation of a 200 kVAr automatic capacitor bank, adjusted to maintain PF above 0.95, the average power factor was raised to 0.96, eliminating penalties and generating monthly savings equivalent to the amount previously paid in fines. The conclusion is that power factor correction is a viable strategy with rapid financial returns and significant technical benefits. Its implementation should be considered an essential part of energy management in industrial environments, contributing to the efficiency, stability, and sustainability of electrical systems.

233

Keywords: power factor, energy efficiency, capacitor banks, industrial installations, reactive power.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica no setor industrial brasileiro tem exigido das empresas um esforço contínuo na adoção de práticas que promovam maior eficiência energética e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Entre essas práticas, destaca-se de forma significativa a correção do fator de potência (FP), que representa um importante indicador da qualidade do uso da energia elétrica, especialmente em sistemas trifásicos industriais.

O fator de potência está diretamente relacionado ao equilíbrio entre a potência ativa efetivamente consumida pelos equipamentos e a potência reativa, que circula entre a fonte e a carga sem realizar trabalho útil, mas necessária para a magnetização de dispositivos como motores, transformadores e reatores. Quando o FP está abaixo do valor mínimo estabelecido

pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que atualmente é de 0,92, conforme Resolução Normativa nº 414/2010 (ANEEL, 2020), as concessionárias de energia elétrica estão autorizadas a aplicar penalidades financeiras aos consumidores. Esse cenário é recorrente em instalações industriais com elevada presença de cargas indutivas, onde a potência reativa é predominante, resultando em um baixo fator de potência e, consequentemente, maiores perdas elétricas e custos adicionais.

A correção do fator de potência, portanto, não apenas evita essas penalidades, mas também contribui para a liberação de capacidade no sistema elétrico, redução de perdas técnicas, melhoria da tensão nos barramentos e aumento da vida útil dos equipamentos. Para tanto, são empregadas soluções como a instalação de bancos de capacitores, filtros harmônicos e compensadores estáticos, cuja seleção e dimensionamento devem considerar critérios técnicos, econômicos e regulatórios.

Este artigo tem como objetivo apresentar um estudo técnico sobre os fundamentos teóricos, os benefícios práticos e os principais métodos de correção do fator de potência em instalações trifásicas industriais e, um estudo e análise da correção do fator de potência. A abordagem adotada está em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, buscando fornecer uma base sólida para engenheiros eletricitistas, projetistas e gestores de energia interessados em aprimorar a eficiência energética e a qualidade das instalações elétricas industriais.

234

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de Fator de Potência

O fator de potência (FP) é um indicador da eficiência com que a energia elétrica é utilizada em uma instalação. Ele é definido como a razão entre a potência ativa (P), que realiza trabalho útil, e a potência aparente (S), que representa a potência total fornecida ao sistema (GUSSOW, 2003). Sua fórmula é dada por:

$$FP=S/P$$

Onde:

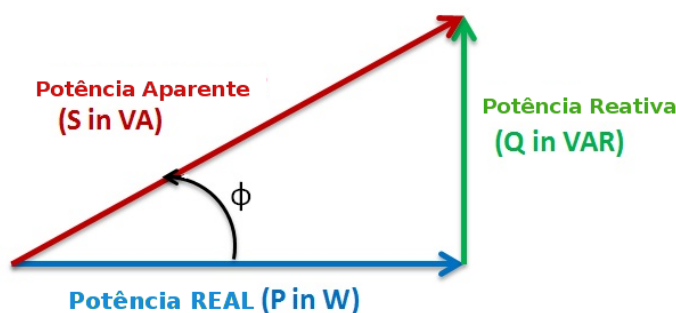
- **P** é a potência ativa, medida em watts (W);
- **S** é a potência aparente, medida em volt-ampère (VA);

- **Q** é a potência reativa, medida em volt-ampère reativo (VAr), associada à criação de campos magnéticos em equipamentos como motores, transformadores e reatores (Capuano, 2010).

Essas três potências podem ser representadas graficamente no chamado *triângulo das potências*, em que a potência ativa está na base, a potência reativa na altura e a potência aparente na hipotenusa. O ângulo ϕ (phi), formado entre a potência ativa e a potência aparente, é diretamente relacionado ao fator de potência, conforme:

Figura 1 - Triângulo de Potência.

$$FP = \cos(\phi) \quad (\text{Fórmula 1})$$



Fonte: Autoria própria (2025).

Quanto menor for o ângulo ϕ , mais próximo de 1 será o fator de potência, indicando maior eficiência energética. Um FP igual a 1 (ou 100%) representa uma situação ideal, em que toda a energia fornecida é convertida em trabalho útil, sem desperdício com componentes reativos (GUSSOW, 2003).

2.2 Impactos do Baixo Fator de Potência

Em instalações industriais, é comum a presença de cargas indutivas, como motores trifásicos, transformadores e fornos de indução, que consomem potência reativa e, por consequência, reduzem o fator de potência (Capuano, 2010). Quando esse valor se mantém abaixo dos limites estabelecidos pelas normas técnicas e pelas concessionárias de energia — tipicamente 0,92 — diversos problemas podem surgir (ANEEL, 2020; ABNT, 2004):

- **Aumento da corrente elétrica:** Um FP baixo exige maior circulação de corrente para fornecer a mesma potência ativa.
- **Sobrecarga de transformadores e condutores:** A corrente adicional provoca sobrecarga, reduzindo a vida útil dos equipamentos.
- **Perdas elétricas acentuadas:** O excesso de corrente eleva as perdas por efeito Joule, comprometendo a eficiência do sistema.
- **Queda de tensão:** O aumento da corrente causa maior queda de tensão ao longo dos circuitos.
- **Penalidades financeiras:** Segundo a ANEEL (2020), consumidores com FP inferior a 0,92 estão sujeitos a cobranças adicionais.
- **Impacto na qualidade da energia:** FP baixo pode causar distorções harmônicas, sobretensões e falhas em dispositivos eletrônicos (Gussow, 2003).

Portanto, a correção do fator de potência é essencial para aumentar a eficiência energética e evitar prejuízos técnicos e financeiros (ABNT, 2004).

2.3 Correção do Fator de Potência

236

A correção do fator de potência é uma medida técnica que visa compensar a potência reativa indutiva (QL) por meio da inserção de potência reativa capacitiva (QC), utilizando bancos de capacitores (Capuano, 2010). A inserção destes equipamentos permite maior qualidade de energia para as instalações. O objetivo é elevar o FP a um valor adequado — geralmente $\geq 0,92$, conforme exigido pela ANEEL (2020). A potência reativa a ser instalada é:

$$QC = QL - Q_{\text{desejado}}$$

Ou, alternativamente, pode-se utilizar a fórmula baseada nos ângulos dos fatores de potência antes (ϕ_1) e depois (ϕ_2) da correção:

$$QC = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Onde:

- QC: potência reativa capacitiva (kvar);
- P: potência ativa (kW);
- ϕ_1 : ângulo do FP inicial;
- ϕ_2 : ângulo do FP desejado, com $\phi = \cos^{-1}(\text{FP})$ (Gussow, 2003).

Para atingir o valor adequado do fator de potência é necessário aplicar uma correção. A escolha do tipo de correção depende do perfil de carga e do controle desejado:

- **Correção individual:** Capacitores ligados diretamente a cargas específicas, ideal para equipamentos com funcionamento contínuo.
- **Correção por grupo:** Um banco de capacitores atende um conjunto de máquinas semelhantes.
- **Correção centralizada:** Banco de capacitores instalado no quadro geral, acionado por relé automático (CAPUANO, 2010).

3 ESTUDO E ANÁLISE DA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM INSTALAÇÕES TRIFÁSICAS INDUSTRIAIS

Instalações trifásicas industriais, comuns em diversos segmentos da indústria brasileira, operam com equipamentos de médio e grande porte que demandam significativa energia reativa. Cargas indutivas como motores, fornos e transformadores trifásicos são predominantes nesses ambientes e contribuem diretamente para a redução do fator de potência (FP), aumentando as perdas elétricas e os custos operacionais (Souza; Rezende, 2021).

A análise de uma instalação trifásica deve começar com o levantamento de parâmetros elétricos essenciais, tais como:

- Potência ativa média (kW);
- Fator de potência atual;
- Perfil de consumo por setores;
- Histórico de penalidades por baixo FP;
- Dados técnicos dos transformadores, motores e painéis elétricos.

Essas informações permitem identificar o grau de deficiência energética e servem de base para o dimensionamento correto do sistema de correção (Corrêa; Lima, 2022).

Com os dados levantados, realiza-se o cálculo da potência reativa capacitiva necessária para corrigir o FP. Utiliza-se a seguinte equação, conforme Ferreira e Martins (2020):

$$QC = P \cdot (\tan[\varphi_1] - \tan[\varphi_2])$$

Onde:

- P é a potência ativa (kW);

- $\phi 1$ é o ângulo correspondente ao FP atual;
- $\phi 2$ é o ângulo do FP desejado (geralmente $\geq 0,92$, conforme normas da ANEEL).

Esse cálculo permite determinar a potência em kVAr dos capacitores que deverão ser adicionados à instalação.

A partir de QC, define-se a melhor estratégia para a correção do fator de potência, que pode incluir:

- **Bancos de capacitores fixos**, para cargas contínuas;
- **Bancos automáticos com estágios**, que se adaptam à variação da carga;
- **Filtros harmônicos**, em instalações com distorção significativa.

A escolha do sistema deve considerar aspectos técnicos e econômicos, bem como a flexibilidade de operação da planta (Almeida; Paiva, 2021).

Após a instalação do sistema de correção:

- O FP é elevado para valores próximos a 1,0;
- As penalidades tarifárias são eliminadas;
- Reduzem-se perdas por efeito Joule;
- Melhoram-se os níveis de tensão e a estabilidade da rede.

238

Além disso, a economia financeira pode gerar retorno sobre o investimento em poucos meses, dependendo da potência envolvida e do valor das penalidades evitadas (Ferreira; Martins, 2020).

Para garantir a continuidade da eficiência:

- Realizar manutenções preventivas nos bancos de capacitores;
- Utilizar analisadores de energia para monitoramento em tempo real;
- Reavaliar o FP sempre que houver alterações significativas na carga instalada (Mendes, 2020).

Visando um entendimento mais claro dos conhecimentos apresentados segue abaixo como seria a aplicação do estudo e análise de forma prática em uma indústria de médio porte do setor metalúrgico, com sistema trifásico de 380V. Os dados foram analisados conforme critérios técnicos estabelecidos pela literatura especializada (Corrêa; Lima, 2022), e com base em normas técnicas aplicáveis à eficiência energética e qualidade da energia elétrica (Santos et al., 2021).

Situação inicial observada:

- Potência ativa média: 400 kW;

- Fator de potência médio: 0,78;
- Multas mensais por baixo FP: R\$2.800,00.

Com os dados em mãos, foi possível calcular a potência reativa capacitiva necessária (QC) para elevar o FP da instalação para 0,95. Utilizou-se a equação clássica descrita por Ferreira e Martins (2020):

$$QC=P \cdot (\tan[\varphi_1] - \tan[\varphi_2])$$

Sendo:

- $P=400$ kW;
- $\varphi_1 = \cos^{-1}(0,78)$;
- $\varphi_2 = \cos^{-1}(0,95)$.

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0,78) \approx 38,73^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0,95) \approx 18,19^\circ$$

$$\tan(\varphi_1) \approx \tan(38,73^\circ) \approx 0,8013$$

$$\tan(\varphi_2) \approx \tan(18,19^\circ) \approx 0,3287$$

$$QC=400 \cdot (0,8013 - 0,3287)$$

$$QC=400 \cdot 0,4726=189,04 \text{ kVAr}$$

239

Para corrigir o fator de potência de 0,78 para 0,95 em uma instalação com carga ativa de 400 kW, é necessário instalar aproximadamente 189 kVAr em capacitores, a configuração comercial mais próxima seria 200 kVAr essa escolha garante a correção total e oferece margem de segurança, principalmente se a carga variar para cima, para essa potência é sugerida a instalação de banco de capacitores automático, com estágios de controle progressivo, acionado por relé eletrônico com ajuste por FP-alvo. Essa abordagem permite correção dinâmica da energia reativa, ajustando-se à variação de carga da planta (Almeida; Paiva, 2021).

Após a instalação do banco:

- O FP médio passaria de 0,78 para 0,96;
- As multas seriam totalmente eliminadas;
- Haveria estabilização dos níveis de tensão e corrente.

4 CONCLUSÃO

A correção do fator de potência em instalações trifásicas industriais é uma prática essencial para garantir a eficiência energética, a estabilidade do sistema elétrico e a redução

de custos operacionais. O estudo apresentado demonstrou, de forma teórica e prática, os fundamentos do fator de potência, os impactos negativos decorrentes de seu valor inadequado e os principais métodos utilizados para sua correção.

A análise prática aplicada a uma instalação de médio porte do setor metalúrgico permitiu comprovar a eficácia da compensação da potência reativa por meio de bancos de capacitores. Com a instalação de um banco automático de 200 kVAr, foi possível elevar o fator de potência de 0,78 para 0,96, eliminando as multas mensais de R\$2.800,00 e promovendo melhorias significativas na qualidade da energia elétrica fornecida à planta.

O investimento em um sistema de correção bem dimensionado, com controle automático por estágios, mostrou-se não apenas tecnicamente eficiente, mas também economicamente viável, com rápido retorno financeiro e benefícios operacionais de longo prazo.

Conclui-se, portanto, que a aplicação criteriosa da correção do fator de potência deve integrar as estratégias de gestão energética de qualquer instalação industrial moderna. Além de cumprir com as exigências normativas, essa prática contribui diretamente para a sustentabilidade, competitividade e confiabilidade das operações industriais.

240

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. F.; PAIVA, R. J. *Sistemas elétricos industriais: projeto, operação e manutenção*. 2. ed. São Paulo: Interciência, 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Manual de Procedimentos de Distribuição – PRODIST*. Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2020.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010*. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada. Brasília, DF: ANEEL, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CAPUANO, F. J. *Instalações elétricas industriais*. 7. ed. São Paulo: Érica, 2010.

CORRÊA, G. D.; LIMA, V. C. *Gestão da energia elétrica em sistemas industriais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2022.

FERREIRA, A. P.; MARTINS, L. J. *Eficiência energética e fator de potência em instalações industriais*. Belo Horizonte: Érica, 2020.

GOMES, A. L.; SANTOS, R. C. *Eletrotécnica geral*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2019.

GUSSOW, M. *Eletrotecnia geral*. São Paulo: McGraw-Hill, 2003.

MAMEDE, D. S. *Eficiência energética em sistemas industriais*. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

MENDES, T. S. *Correção do fator de potência e qualidade de energia elétrica*. Curitiba: Inovatec, 2020.

SANTOS, D. F. et al. *Qualidade da energia elétrica em sistemas industriais*. Florianópolis: Blucher, 2021.

SOUZA, C. M.; REZENDE, A. L. *Energia elétrica: fundamentos, aplicações e estudos de caso*. 3. ed. São Paulo: LTC, 2021.