



**Power
Generation**

Manual de Aplicação

Grupos Geradores Arrefecidos a Água



T-030d-07 08/03

Traduzido do manual T-030d 07/02

CONTEÚDO

GARANTIA	6
1 INTRODUÇÃO	7
Visão Geral	7
Sobre Este Manual	7
Manuais de Aplicação Relacionados	8
Segurança	8
2 PROJETO PRELIMINAR	9
Visão Geral	9
Requisitos de Energia	9
Requisitos Gerais	9
Requisitos Específicos	9
Tipos e Classificações de Sistemas	9
O Diagrama de Uma Linha	11
Diretrizes para Classificações de Energia de Grupos Geradores	12
Classificação de Energia Standby	12
Classificação de Energia Prime	12
Classificação de Energia de Carga Básica (Classificação de Energia Contínua)	14
Dimensionamento	14
Considerações Sobre Local	15
Considerações Sobre o Local Externo	15
Considerações Sobre o Local Interno	15
Considerações Sobre a Escolha do Combustível	16
Combustível Diesel	16
Combustível Bio-diesel	17
Gás Natural	17
GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)	17
Gasolina	18
Combustíveis Alternativos	18
Considerações Ambientais	18
Ruídos e Controle de Ruídos	18
Leis e Normas de Ruídos	18
Normas de Emissões de Escape dos Motores	18
Normas de Armazenamento de Combustíveis	19
Proteção Contra Incêndio	19
Lista de Verificação do Projeto Preliminar	20
3 IMPACTO DA CARGA ELÉTRICA NO DIMENSIONAMENTO DO GERADOR	21
Visão Geral	21
Aplicações e Classificações de Trabalho	21
Classificações de Trabalho de Grupos Geradores	21
Aplicações Mandatórias e Opcionais	21
Conhecimento das Cargas	22
Requisitos de Carga Operacional de Partida	22
Seqüenciamento em Passos da Carga	23
Tipos de Carga	23
Características da Carga	31

4	SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO	34
	Visão Geral	34
	Alternadores CA	34
	Voltagem	34
	Isolamento e Classificações	34
	Enrolamentos e Conexões	34
	Fundamentos e Excitação	35
	Motores	44
	Governadores	44
	Sistemas de Partida de Motores	45
	Controles	49
	Baseados em Relés	49
	Baseados em Circuitos de Eletrônica (Microprocessador)	49
	Circuitos Eletrônicos de “Autoridade Plena”	50
	Opções de Controle	50
	Acessórios e Opções	50
	Recursos de Segurança e Alertas de Controle	50
	Disjuntores da Linha Principal	51
	Baterias e Carregadores de Bateria	51
	Sistemas de Escape e de Silencioso	52
	Carenagens (Coberturas)	52
	Configurações Alternativas de Arrefecimento e Ventilação	53
	Sistemas de Manutenção do Nível do Óleo Lubrificante	54
	Dispositivos de Aquecimento Standby para Grupos Geradores	54
	Tanques de Combustível (Diesel)	56
	Montagem dos Isoladores de Vibração	56
	Equipamento de Comutação de Energia	56
	Necessidades de Equipamentos Adicionais	57
5	PROJETO ELÉTRICO	58
	Visão Geral	58
	Considerações Sobre o Projeto	58
	Conexões Elétricas	58
	Visão Geral	58
	Conexões de CA no Gerador	59
	Condutores de CA	61
	Redução do Fator de Potência Pela Carga	64
	Aterramento do Sistema e dos Equipamentos	64
	Coordenação Seletiva	67
	Proteção contra Falhas e Corrente Excessiva nos Grupos Geradores	70
	Dimensionamento de um Disjuntor da Linha Principal do Gerador	70
	Fontes de Grupos Geradores	71
	Proteção dos Geradores Contra Sobrecarga	72
	Voltagem Média, Todas as Aplicações	76

6 PROJETO MECÂNICO	79
Fundação e Montagem	79
Montagem e Isolamento de Vibração do Grupo Gerador	79
Provisões para a Fundação	80
Fundação para Isolamento de Vibrações	80
Isoladores de Vibrações	82
Resistência a Terremotos	84
Alívio de Tensões na Fiação de Força e de Controle	84
Sistema de Escape	84
Diretrizes Gerais do Sistema de Escape	84
Cálculos do Sistema de Escape	89
Arrefecimento do Motor	94
Radiador Montado no Chassi	94
Radiador Remoto	96
Sistema de Radiador Remoto com Desaeração	98
Radiador Remoto com Bomba Auxiliar do Líquido de Arrefecimento	98
Radiador Remoto com tanque tipo "Hot Well"	100
Arrefecimento em Multi-circuitos do Motor com Radiadores Remotos	102
Radiadores para Aplicações com Radiadores Remoto	102
Arrefecimento do Combustível com Radiadores Remotos	107
Cálculos para o Dimensionamento da Tubulação de Arrefecimento	107
Ventilação	109
Diretrizes Gerais	109
Cálculos do Fluxo de Ar	112
Teste de Campo dos Sistemas de Ventilação	112
Ventilação de Radiador Montado no Chassi	113
Ventilação em Aplicações com Trocador de Calor ou Radiador Remoto ..	114
Exemplo de Cálculo do Fluxo de Ar de Ventilação	116
Suprimento de Combustível	116
Suprimento do Combustível Diesel	116
Tubulação do Combustível Diesel	122
Tanques de Combustível Sob a Base	123
Tanques Diários	123
Alimentação de Combustível Gasoso	123
Qualidade do Combustível Gasoso	124
Projeto do Sistema de Combustível do Grupo Gerador	126
Projeto do Sistema de Combustível ao Local	126
Cálculos da Pressão do Combustível em Sistema de Combustível Gasoso .	128
Redução de Ruídos em Aplicações de Grupos Geradores	131
A Ciência dos Ruídos	131
Ruídos do Grupo Gerador	134
Redução de Ruídos Transmitidos por Estruturas	135
Redução do Ruídos Produzidos pelo Ar	135
Carenagens com Atenuação do Som (Abrigos)	136
Desempenho do Silencioso do Escape	136
Proteção Contra Incêndio	136
Projeto da Sala do Equipamento	137
Considerações Gerais	137

7 APÊNDICE	139
A. Dimensionamento dos Grupos Geradores com o GenSize™	139
Visão Geral	139
Parâmetros de Projeto	140
Entrada de Cargas	143
Definições de Termos	144
Cálculos Detalhados de Cargas	145
Entrada nos Passos de Cargas	151
Considerações de Passos de Carga	151
Diretrizes de Seqüência de Passos	152
Recomendações e Relatórios	152
Relatórios	157
B. Partida de Motor com Voltagem Reduzida	159
Uma Comparação de Métodos de Partida de Motores	159
Partida do Motor com Voltagem Plena	160
Partida do Motor com Autotransformador, Transição Aberta	160
Partida do Motor com Autotransformador, Transição Fechada	161
Partida do Motor Reator, Transição Fechada	161
Partida do Motor Resistor, Transição Fechada	162
Partida de Motor Estrela-Triângulo, Transição Aberta	162
Partida do Motor com Enrolamento Parcial "Part Winding", Transição Fechada	163
Partida do Motor de Rotor com Enrolamento	163
Partida de Motor Síncrono	164
Notas Gerais de Aplicações	164
C. Voltagens e Fontes Utilizadas Mundialmente	165
D. Fórmulas Úteis	168
E. Manutenção e Serviços	169
F. Códigos e Padrões	171
Normas de Produtos Relacionados	171
G. Glossário	172
Índice de Fórmulas	180
Índice de Tabelas	180
Índice de Figuras	181

GARANTIA

Garantia: Este manual foi publicado somente com propósitos informativos e não deverá ser considerado como um documento com propósitos mais amplos. Se forem necessárias informações complementares, consulte a Cummins Power Generation. A venda de produtos mostrados ou descritos nesta literatura está sujeita aos termos e condições estabelecidos nas políticas apropriadas de vendas da Cummins Power Generation ou outro acordo contratual entre as partes. Esta literatura não é dirigida a tais contratos e não estende nem complementa os mesmos. A única fonte que rege os direitos e ações recursivas de qualquer comprador deste equipamento é o contrato entre o comprador e a Cummins Power Generation.

AS INFORMAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E DESCRIÇÕES CONTIDAS NESTE DOCUMENTO NÃO FORNECEM NENHUMA GARANTIA, EXPRESSA OU IMPLÍCITA, INCLUSIVE GARANTIA DE ADEQUAÇÃO A UM FIM OU VENDA PARTICULAR, NEM GARANTIAS RESULTANTES DE NEGOCIAÇÕES ENTRE AS PARTES OU DO USO DA MARCA.

Cada cliente é responsável pelo projeto e funcionamento dos sistemas por ele desenvolvidos. A Cummins Power Generation não pode assegurar que as especificações de seus produtos sejam apropriadas e suficientes para os propósitos do cliente. Portanto, o próprio cliente deverá certificar-se de que os produtos e as especificações da Cummins Power Generation satisfaçam seus propósitos de aplicação.

Em nenhuma hipótese a Cummins Power Generation será responsável junto ao comprador ou usuário definido em contrato, por atos incompatíveis (inclusive negligência), obrigações restritas ou de outra natureza por quaisquer danos especiais, indiretos, incidentais ou consequenciais ou quaisquer perdas, inclusive mas não limitadas a, danos ou perdas decorrentes do uso do equipamento, da planta ou do sistema de energia, custos de capital, perda de energia, despesas adicionais resultantes do uso de instalações de energia existentes, ou por reclamações contra o comprador ou usuário feitas por seus clientes como resultado do uso das informações, recomendações e descrições aqui contidas.

1 INTRODUÇÃO

Visão Geral

O mundo já se tornou totalmente dependente da eletricidade. O fornecimento de energia elétrica é crítico para praticamente todas as instalações e um fornecimento confiável de energia elétrica é vital para um número crescente de instalações. Instalações como grandes edifícios de escritórios e indústrias, bem como de telecomunicações, centros de informação e provedores de serviço Internet dependem da disponibilidade da energia elétrica 24 horas por dia, sete dias por semana sem interrupções. Esta necessidade também é alimentada pelo número crescente de computadores no processamento de dados, controle de processos, sistemas de suporte à vida e comunicações globais – que requerem um fluxo contínuo e ininterrupto de energia elétrica. Além das questões de confiabilidade, existem os incentivos ao crescimento econômico que favorecem a instalação local de grupos motor-gerador. Como resultado, os grupos motor-gerador são rotineiramente especificados para a construção de novos edifícios, bem como para reformas. Os mesmos fornecem energia de emergência no evento de falha da concessionária de energia elétrica e podem ser utilizados para reduzir o custo da eletricidade quando a estrutura de tarifas e política da concessionária local de energia elétrica fazem destes uma opção viável. Devido ao seu importante papel, os grupos geradores devem ser especificados e aplicados de forma a fornecer energia elétrica confiável de qualidade e na capacidade necessária.

Tanto em comunidades remotas não servidas por uma rede comercial de energia elétrica, quanto em locais onde, por alguma razão, a rede comercial de energia elétrica esteja indisponível por longos períodos, o fornecimento de energia elétrica torna-se uma necessidade, e não um luxo, para muitos usuários.

Qualquer que seja o uso pretendido da energia elétrica local, a confiabilidade de serviço dos equipamentos locais, seu desempenho e custo são as principais considerações dos usuários. O objetivo deste manual é fornecer aos projetistas de sistemas e de instalações um guia para a escolha dos equipamentos apropriados de uma determinada instalação e para o projeto da instalação de modo que sejam atendidas essas necessidades comuns de sistemas.

Sobre Este Manual

Este manual descreve as especificações e a aplicação de grupos motor-gerador estacionários a diesel ou por ignição a vela e arrefecidos a água – denominados aqui “grupos geradores”. Consiste de sete seções principais: Projeto Preliminar, Impacto da Carga Elétrica no Dimensionamento do Gerador, Seleção do Equipamento, Projeto Elétrico, Projeto Mecânico e Apêndice.

O Projeto Preliminar descreve as considerações iniciais para o projeto de um grupo gerador. Os requisitos do equipamento e da instalação variam dependendo das razões de uso do grupo gerador e de seu uso pretendido. Ao projetar a instalação de um grupo gerador, a revisão e o conhecimento destas razões será útil como um ponto de partida para o projeto do sistema e para a escolha dos equipamentos.

O Impacto da Carga Elétrica no Dimensionamento do Gerador explica os vários tipos de carga e seus impactos no tamanho do grupo gerador, em sua operação e na escolha dos equipamentos. É discutida também a seqüência de conexão de cargas.

A Seleção do Equipamento explica os componentes principais de um grupo gerador e dos equipamentos associados, suas funções e inter-relações e os critérios para a escolha. São discutidas as características funcionais, os critérios para a escolha e os equipamentos opcionais necessários.

O Projeto Elétrico abrange o projeto de instalação do gerador e dos sistemas elétricos associados, sua interface com o edifício juntamente com a carga e os tópicos de proteção do gerador. O projeto elétrico e o planejamento do sistema de geração local são críticos para a operação correta e a confiabilidade do sistema.

O Projeto Mecânico abrange o projeto de instalação do grupo gerador, sistemas mecânicos associados e sua interface com o edifício. O projeto mecânico e o planejamento do sistema de geração local são críticos para a operação correta e a confiabilidade do sistema.

São discutidos tópicos sobre fundação e montagens, sistemas de escape, sistemas de arrefecimento, sistemas de combustível, redução do nível de ruídos, proteção contra incêndio e sala do equipamento.

O Apêndice contém vários tópicos úteis como uma visão geral do software de dimensionamento GenSize™ e do conteúdo da ferramenta Power Suite. Inclui também uma discussão sobre partida do motor com voltagem reduzida e apresenta referências úteis para as voltagens utilizadas no mundo todo, questões de manutenção, fórmulas, referências sobre Normas e Padrões e um glossário.

Manuais de Aplicação Relacionados

Cada instalação de grupo gerador requer equipamento de transferência de energia, sejam chaves comutadoras ou chave de paralelismo. O sistema correto para o trabalho e sua aplicação correta são cruciais para sua operação confiável e segura. Os manuais de aplicação da Cummins Power Generation abrangem aspectos relacionados aos sistemas de energia standby e de emergência. Como estes manuais envolvem aspectos que requerem a tomada de decisões no início do processo do projeto, eles deverão ser revisados juntamente com este documento.

Manual de Aplicação T-011 – Sistemas de Transferência Automática de Energia. Muitas aplicações utilizam várias fontes de energia para melhorar a confiabilidade do sistema de energia elétrica. Frequentemente, estes incluem tanto o serviço da concessionária de energia (principal) quanto o serviço de grupo gerador para cargas críticas. O T-011 abrange vários tipos de sistemas de transferência de energia disponíveis e considerações sobre seus usos e aplicações. A consideração de sistema de comutação de energia no início de um projeto permitirá ao projetista oferecer o serviço mais economicamente viável e mais confiável para o usuário da energia elétrica.

Manual de Aplicação T-016 – Paralelismo e Chave Seletora de Paralelismo. O equipamento de paralelismo permite que dois ou mais grupos geradores funcionem como um grande grupo gerador. Isto pode ser economicamente vantajoso, especialmente quando a carga total for maior que 1000 kW. A decisão sobre o uso de grupos geradores em paralelo deve ser tomada nas etapas iniciais do projeto, principalmente se o espaço e as necessidades de futuras expansões forem fatores críticos.

Segurança

A segurança deve ser uma das principais considerações do engenheiro de projeto. A segurança envolve dois aspectos: a operação segura do próprio grupo gerador (e seus acessórios) e a operação confiável do sistema. A operação confiável do sistema está relacionada com a segurança porque os equipamentos que afetam a vida e a saúde – como sistemas de terapia intensiva em hospitais, iluminação de saídas de emergência, ventilação de edifícios, elevadores, bombas de combate a incêndios, segurança e comunicações – geralmente dependem do grupo gerador.

Consulte a seção Referências Técnicas para informações sobre normas elétricas e de incêndio para a América do Norte, América Central e Europa. Os padrões, e suas normas associadas, são atualizados periodicamente, exigindo uma revisão contínua. A conformidade com todas as normas aplicáveis é responsabilidade do engenheiro de projeto da instalação. Por exemplo, algumas regiões podem exigir um certificado de conformidade com as normas, alvará de zoneamento, alvará do edifício ou outro certificado local específico. Faça as verificações necessárias junto às autoridades governamentais locais no início do processo de planejamento.

NOTA: Embora as informações contidas neste manual e nos manuais relacionados sejam precisas e úteis, nada substitui o discernimento de um profissional de projeto qualificado e experiente. O usuário final deve determinar se o grupo gerador selecionado e o sistema de emergência/standby são corretos para sua aplicação.

2 PROJETO PRELIMINAR

Visão Geral

O projeto da instalação de um grupo gerador requer considerações sobre os requisitos de equipamentos e instalação. Estes variam dependendo da razão para se instalar o grupo gerador e de seu uso pretendido. A revisão e o entendimento dessas razões são um ponto de partida apropriado para o projeto do sistema e a escolha dos equipamentos.

Requisitos de Energia

Requisitos Gerais

A necessidade de geração local de eletricidade de emergência e standby geralmente é definida por instalações obrigatórias de recursos para atender requisitos de normas de edifícios e/ou o risco de perdas financeiras que podem resultar da falta de energia elétrica.

As instalações obrigatórias para energia de emergência e standby decorrem dos requisitos das normas de edifícios definidos por autoridades federais, estaduais, municipais ou outros órgãos governamentais. Essas instalações são justificadas em função da segurança da vida humana, onde a perda da energia normal pode criar riscos contra a vida ou a saúde de pessoas. As instalações voluntárias de energia standby por razões econômicas normalmente são justificadas por uma redução no risco de perdas de serviços, dados ou outros ativos valiosos. As instalações obrigatórias e voluntárias de geração local de energia podem ser justificadas pelas reduções nos preços de carga oferecidas pela concessionária de energia elétrica, e podem ser servidas pelo mesmo sistema de geração local, desde que as necessidades de segurança à vida tenham prioridade, o que pode ser obtido em função da capacidade do gerador e dos arranjos de transferência de carga.

Requisitos Específicos

Uma ampla gama de requisitos específicos resultará na necessidade de sistemas de geração local de energia elétrica. Veja abaixo algumas dessas necessidades.

Iluminação: Iluminação de saídas de emergência, sinais luminosos de saída, iluminação de segurança, luzes de advertência, iluminação da sala de operação, iluminação interna de elevadores, iluminação da sala do gerador, etc.

Energia de Controle: Energia de controle para caldeiras, compressores de ar e outros equipamentos com funções críticas.

Transporte: Elevadores para uso do Corpo de Bombeiros.

Sistemas Mecânicos: Controle de fumaça e ventiladores de pressurização, tratamento de águas servidas, etc.

Aquecimento: Aquecimento de processos críticos.

Refrigeração: Bancos de sangue, armazenamento de alimentos, etc.

Produção: Energia para processos críticos de laboratórios, processos de produção farmacêutica, etc.

Refrigeração de Ambientes: Refrigeração de salas de equipamentos de computação, refrigeração e aquecimento para pessoas que requerem cuidados especiais, ventilação de ambientes perigosos, ventilação de poluentes ou contaminação biológica, etc.

Proteção Contra Fogo: Bombas de incêndio, alarme e sinalização.

Processamento de Dados: Sistemas UPS e refrigeração para evitar perda de dados, perda de memória, destruição de programas.

Suporte à Vida: Hospitais, enfermarias e outras instalações de cuidados.

Sistemas de Comunicações: Serviços telefônicos de emergência, como polícia e Corpo de Bombeiros, sistemas de antenas de edifícios públicos, etc.

Sistemas de Sinalização: Controle de tráfego ferroviário, marítimo e aeronáutico.

Tipos e Classificações de Sistemas

Os sistemas de geração local de energia podem ser classificados por tipo e classe do equipamento de geração. O equipamento é classificado como Standby, Prime e Contínuo, para geração de energias standby, prime e contínua, respectivamente. É muito importante entender as definições das classificações para a aplicação do equipamento. Consulte as Diretrizes de Classificação de Energia de Grupos Geradores mais adiante. O tipo do sistema de geração e a classificação apropriada a ser utilizada dependem da aplicação. Consulte a **Tabela 2-1** e as seguintes descrições.

Sistemas de Emergência: Os sistemas de emergência geralmente são instalados conforme as necessidades de segurança pública e por imposição legal. Normalmente eles destinam-se ao fornecimento de energia e iluminação em curtos períodos com três propósitos: permitir a evacuação segura de edifícios, suporte à vida e a equipamentos críticos para pessoas que requerem cuidados especiais, ou para sistemas de comunicações críticas e locais usados para segurança pública. Os requisitos de normas normalmente especificam o equipamento de carga mínima a ser servido.

Standby Legalmente Exigidos: Os sistemas standby exigidos por lei geralmente são instalados por imposição de requisitos legais de segurança pública. Estes sistemas normalmente destinam-se ao fornecimento de energia e iluminação por curtos períodos onde necessário para evitar acidentes ou facilitar as operações de combate a incêndios. Em geral, as exigências normativas especificam o equipamento de carga mínima a ser servido.

Standby Opcional: Os sistemas Standby Opcionais geralmente são instalados onde a segurança não é um fator crítico mas a falta de energia pode causar perdas de negócios ou receitas, interrupção de processos críticos, ou causar inconveniências ou desconfortos. Estes sistemas normalmente são instalados em centros de processamento de dados, fazendas, edifícios comerciais/industriais e residências. O proprietário do sistema pode selecionar as cargas a serem conectadas ao sistema.

Além de proporcionar uma fonte standby de energia em caso de falta de energia da rede normal de eletricidade, os sistemas de geração local também são utilizados para os seguintes fins.

Energia Prime: As instalações de energia prime utilizam a geração local em vez da energia normal fornecida pela rede pública em áreas onde os serviços da empresa fornecedora de energia não estejam disponíveis. Um sistema simples de energia prime utiliza pelo menos dois grupos geradores e uma chave comutadora para transferir a energia para as cargas entre eles. Um dos dois grupos geradores funciona continuamente com uma carga variável e o outro serve como reserva no caso de queda de energia e também para permitir o desligamento do primeiro para a manutenção necessária. Um relógio de alternância na chave comutadora alterna para o grupo gerador principal em um intervalo predeterminado.

Corte de Picos: As instalações de corte de picos utilizam a geração local para reduzir ou nivelar o uso da eletricidade nos picos com o propósito de economizar dinheiro nos custos de demanda de energia. Os sistemas de corte de picos requerem um controlador que dá a partida e opera o gerador local em tempos apropriados para nivelar as demandas de pico do usuário. A geração instalada para fins de energia standby também pode ser usada para corte de picos.

Redução de Custos: As instalações para redução de custos utilizam a geração local conforme os contratos de preços de energia elétrica mantidos com a fornecedora dos serviços de energia. Em troca de preços de energia mais favoráveis, o usuário concorda em operar os geradores e assume uma quantidade específica de carga (kW) em períodos determinados pela concessionária, normalmente para não exceder um determinado número de horas por ano. A geração instalada para fins de energia standby também pode ser utilizada para redução de custos.

Carga Básica Contínua: As instalações de carga básica contínua utilizam a geração local para fornecer energia constante (kW), geralmente através de equipamentos de interconexão com a rede da concessionária. Em geral, estas instalações são propriedade das concessionárias de energia elétrica ou estão sob seu controle.

Co-geração: Frequentemente, a geração de carga básica contínua é utilizada em aplicações de Co-geração. Em termos mais simples, a Co-geração é a utilização da geração direta da eletricidade e do calor de escape irradiado para substituir a energia fornecida pela concessionária. O calor irradiado é capturado e utilizado diretamente ou convertido em eletricidade.

Classificação do Grupo Gerador			
Tipo de Sistema	Standby	Prime	Contínua
	Emergência	Energia Prime	Carga Básica
	Standby legalmente exigidos	Corte de Pico	Co-geração
	Standby Opcional	Redução de Custos	

Tabela 2-1. Classificação e Tipos de Sistemas

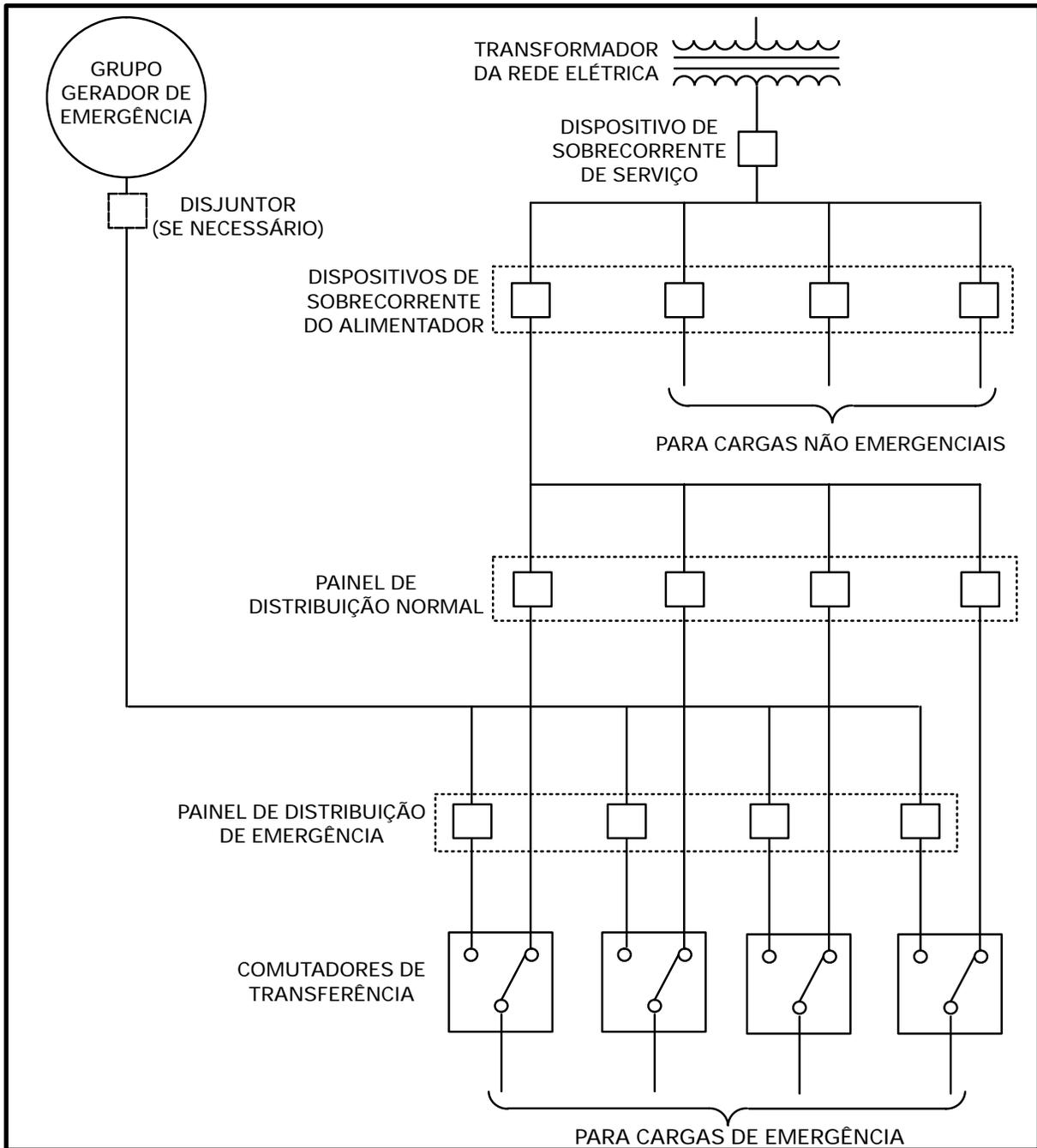


Figura 2-1. Diagrama Típico de Uma Linha de um Sistema de Distribuição Elétrica

O Diagrama de Uma Linha

Um diagrama de uma linha do sistema elétrico é um elemento importante para se entender o sistema e o arranjo das conexões. Ele pode ser especialmente crítico para transmitir informações durante o planejamento, a instalação, a partida inicial e/ou a manutenção do sistema. Estes diagramas evidenciam os principais componentes tais como

geradores, equipamentos de comutação de energia, relés de proteção, proteção contra sobrecorrente e o esquema geral de conexões. Um diagrama de uma linha deve ser desenvolvido tão cedo quanto possível no planejamento do projeto para auxiliar no desenho do sistema. A **Figura 2-1** representa um diagrama típico de uma linha de um sistema básico de geração de energia.

Diretrizes para Classificação de Energia de Grupos Geradores

A classificação de energia de um grupo gerador é publicada pelo fabricante¹. As classificações descrevem as condições de carga máxima permitida em um grupo gerador. O grupo gerador fornecerá desempenho e vida (tempo entre revisões) aceitáveis quando usado de acordo com as classificações publicadas. Também é importante operar os grupos geradores com carga mínima suficiente para atingir temperaturas normais e queima apropriada do combustível. A Cummins Power Generation recomenda que um grupo gerador seja operado a pelo menos 30% da classificação indicada na plaqueta de identificação.

Os tópicos a seguir descrevem os tipos de classificações utilizadas pela Cummins Power Generation. As **Figuras 2-2 a 2-5** mostram os níveis de carga (P_1 , P_2 , P_3 , etc.) e o tempo nesses níveis de carga (T_1 , T_2 , T_3 , etc.) sob as várias classificações.

Classificação de Energia Standby

A classificação de energia standby é usada em aplicações de emergência onde a energia é fornecida durante a interrupção da energia normal. Não há nenhuma capacidade de sobrecarga sustentada disponível para esta classificação. (Equivalente à Energia de Parada por Falta de Combustível de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação é utilizada em instalações servidas por uma fonte normal e confiável de energia, e aplica-se somente a cargas variáveis com um fator de carga média de 80% da classificação standby durante um tempo máximo de 200 horas de operação por ano, e um tempo máximo de 25 horas por ano a 100% de sua classificação standby. A classificação de energia Prime deve ser usada em instalações onde a operação excede 200 horas por ano com carga variável ou 25 horas por ano a 100% da classificação. A classificação standby é utilizada somente para aplicações de emergência e standby onde o grupo gerador serve como reserva da fonte normal de energia. Com esta classificação, não é permitida nenhuma

operação sustentada em paralelo com a fonte normal de energia. Para aplicações que requerem operação sustentada em paralelo com a fonte normal, devem ser utilizadas as classificações de energia prime ou de carga básica.

Classificação de Energia Prime

A classificação de energia prime é aplicada no fornecimento de energia elétrica no lugar da energia adquirida comercialmente. O número de horas de operação permitido por ano é ilimitado para aplicações de carga variável, porém é limitado para aplicações de carga constante, como descrito abaixo. (Equivalente à Energia Prime de acordo com a norma ISO8528 e à Energia de Sobrecarga de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.)

Energia Prime com Tempo Ilimitado de Funcionamento: A energia prime está disponível por um número ilimitado de horas de operação anual em aplicações de carga variável. Aplicações que requerem qualquer operação em paralelo com a fonte normal de energia com carga constante estão sujeitas às limitações de tempo de funcionamento. Em aplicações com carga variável, o fator de carga média não deve exceder 70% da Classificação de Energia Prime. Uma capacidade de sobrecarga de 10% está disponível por um período de 1 hora dentro de um período de 12 horas de operação, porém não deverá exceder 25 horas por ano. O tempo total de operação na Classificação de Energia Prime não deve exceder 500 horas por ano.

Energia Prime com Tempo de Funcionamento Limitado: A energia prime está disponível por um número limitado de horas de operação anual em aplicações com carga constante como de energia interrompível, redução de carga, corte de pico e outras aplicações que em geral envolvem a operação em paralelo com a fonte normal de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte normal de energia em até 750 horas por ano em níveis de energia que não excedam a Classificação de Energia Prime. Deve-se notar que a vida do motor será reduzida pela operação constante sob carga alta. Qualquer aplicação que requeira mais de 750 horas de operação por ano na Classificação de Energia Prime deverá utilizar a Classificação de Energia de Carga Básica.

¹ As classificações para grupos geradores da Cummins Power Generation são publicadas no pacote de software Power Suite.

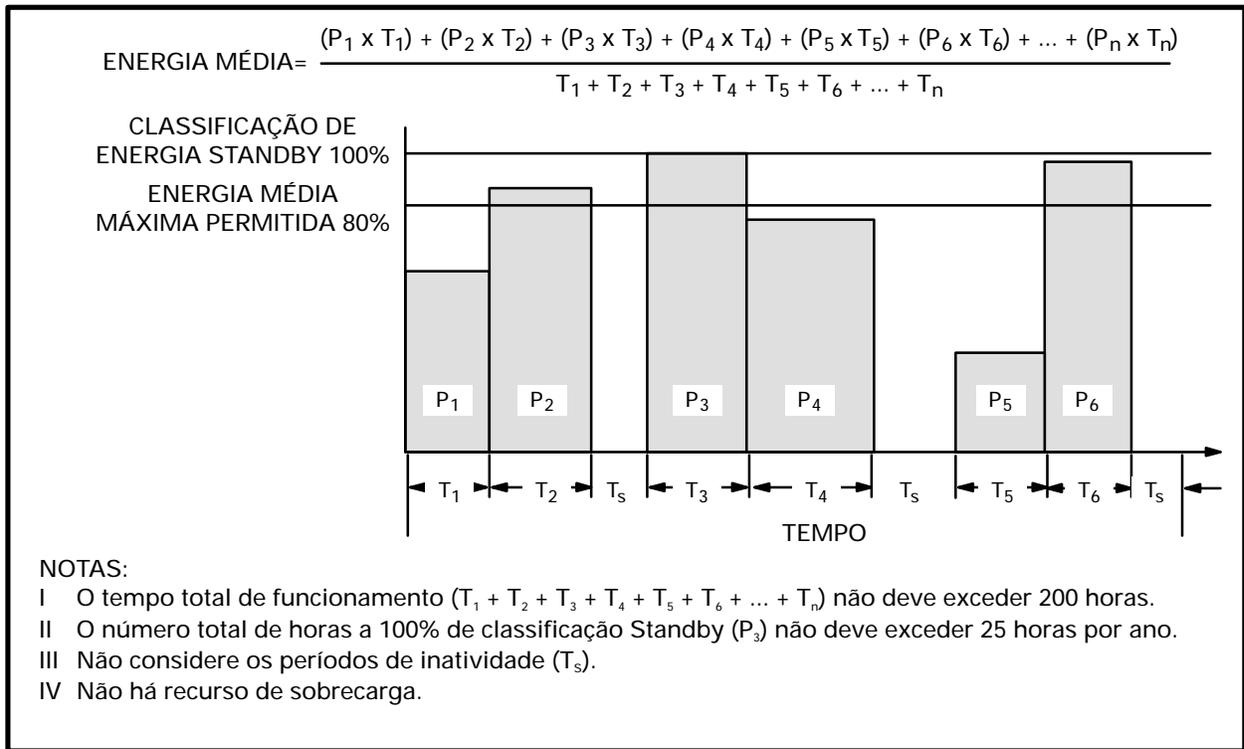


Figura 2-2. Classificação de Energia Standby

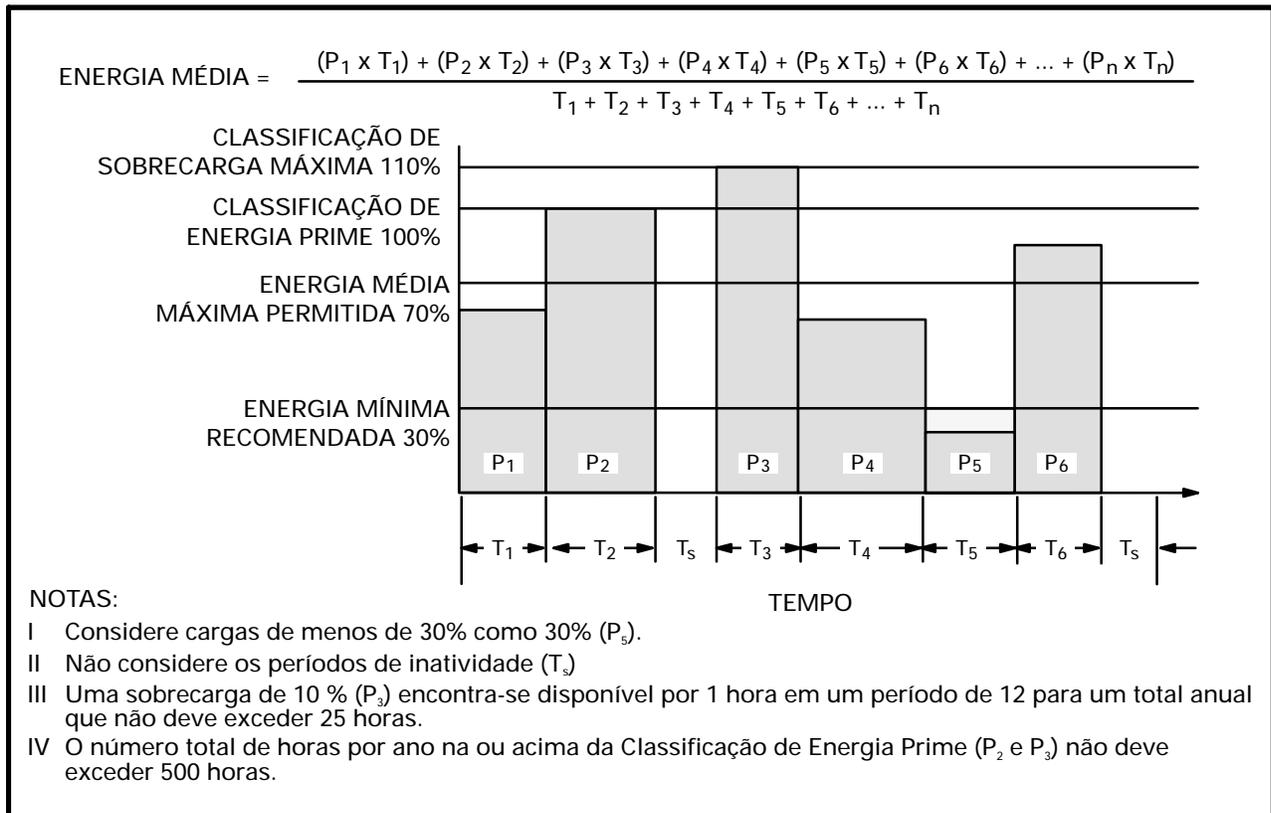


Figura 2-3. Energia Prime de Funcionamento por Tempo Ilimitado

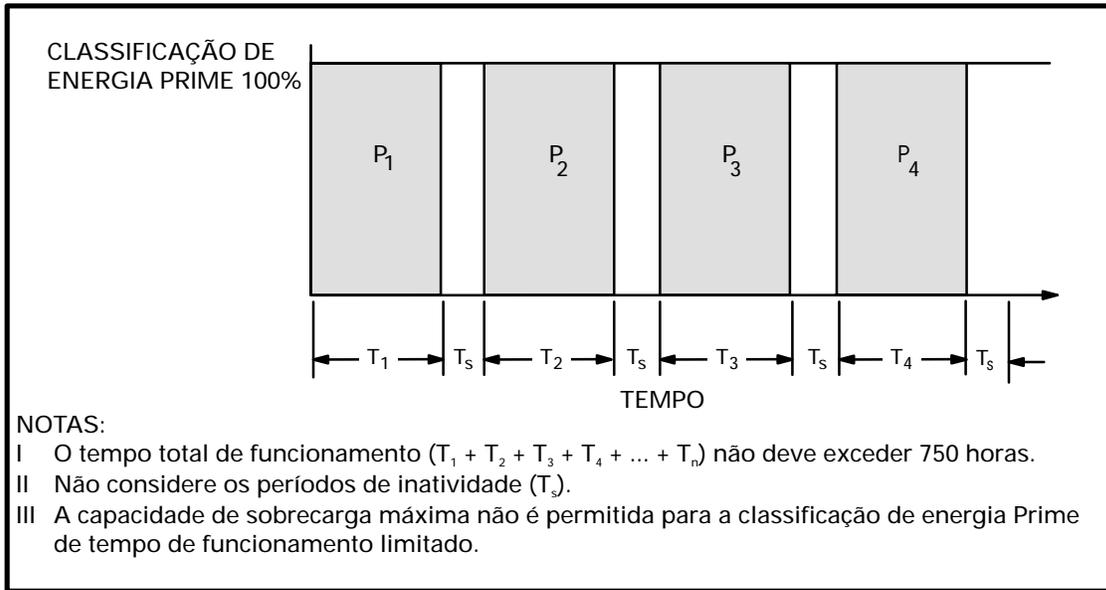


Figura 2-4. Classificação de Energia Prime de Funcionamento por Tempo Limitado

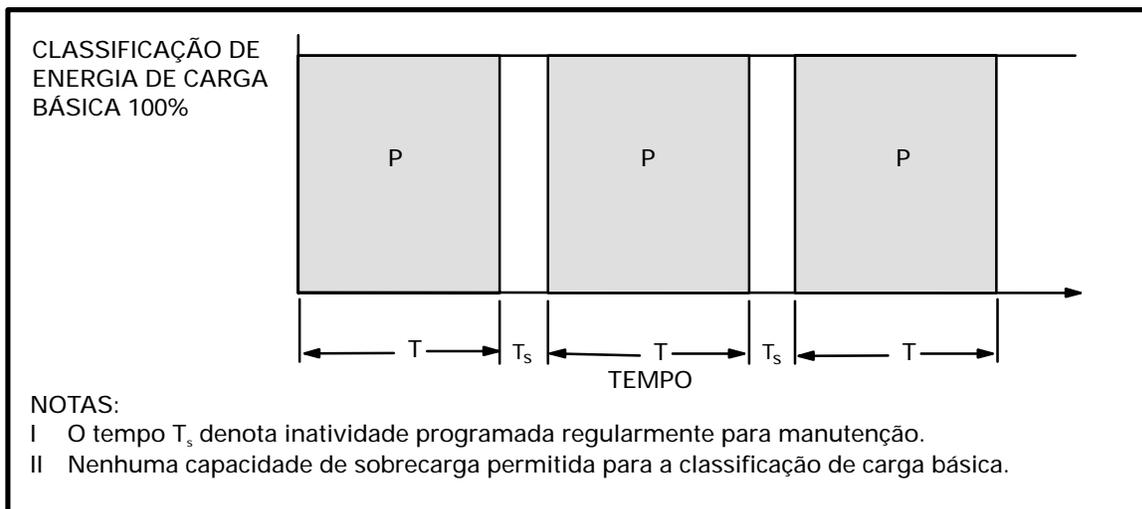


Figura 2-5. Energia de Carga Básica

Classificação de Energia de Carga Básica (Classificação de Energia Contínua)

A classificação de energia de carga básica aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica por um número ilimitado de horas. Não há nenhuma capacidade de sobrecarga sustentada disponível nesta classificação. (Equivalente à Energia Contínua de acordo com as normas ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação aplica-se para a operação de carga básica da fonte normal de energia. Nestas aplicações, os grupos geradores são operados em paralelo com a fonte normal de energia e sob carga constante durante períodos prolongados.

Dimensionamento

Para fins de orçamento dos custos do projeto, é essencial elaborar uma programação de carga razoavelmente precisa assim que possível. Se todas as informações dos equipamentos de carga não estiverem disponíveis desde o início do projeto, será preciso fazer estimativas e suposições para os cálculos do dimensionamento inicial. Esses cálculos deverão ser refeitos à medida que forem obtidas informações mais precisas. Grandes cargas de motor, sistemas de fornecimento ininterrupto de energia (UPS), acionadores de frequência variável (VFD), bombas de combate a incêndios e equipamentos de diagnóstico por imagem têm um efeito considerável no dimensionamento do grupo gerador e devem ser considerados com atenção.

Especificações “justas” sobre desempenho de transiente, queda de voltagem/freqüência e tempos de retomada, durante a partida do motor, e aceitação de carga em blocos também têm efeito considerável no dimensionamento. Consulte a Seção 3, *Impacto das Cargas Elétricas no Dimensionamento do Gerador* neste manual para cálculos de dimensionamento e os tipos de informações necessárias para diferentes tipos de equipamento de carga.

Para fins de estimativas preliminares devem ser utilizadas algumas regras básicas:

- Motores - ½ HP por kW.
- UPS - 40% de superdimensionamento para 1Ø e 6 pulsos, ou 15% de superdimensionamento para 6 pulsos com filtros de entrada e UPS de 12 pulsos.
- VFD - 100% de superdimensionamento exceto para modulação de largura de pulso, e então 40% de superdimensionamento.

Ao carregar o grupo gerador, a divisão das cargas em passos discretos ou blocos de carga pode ter um efeito favorável no tamanho do grupo gerador requerido. O uso de vários comutadores de transferência ou outros meios (relés de retardo de tempo, PLC, etc.) será necessário para que a voltagem e a freqüência do grupo gerador se estabilizem entre os passos.

Dependendo da carga total (geralmente acima de 500 kW), pode ser vantajoso o uso de grupos geradores em paralelo. Embora tecnicamente exequível, o uso de grupos geradores em paralelo não é economicamente aconselhável quando a carga total for igual ou menor que 300 kW.

Considerações sobre o Local

Uma das primeiras decisões no projeto será determinar se o grupo gerador ficará localizado dentro ou fora do edifício, em um abrigo ou gabinete.

O custo total e a facilidade de instalação do sistema de energia elétrica dependem do arranjo e da localização física de todos os elementos do sistema - grupo gerador, tanques de combustível, dutos e defletores de ventilação, acessórios, etc. Considere os seguintes aspectos tanto para a localização interna quanto externa:

- Montagem do grupo gerador.
- Localização do quadro de distribuição e dos comutadores de transferência.
- Ramificações dos circuitos para aquecedores de líquido de arrefecimento, carregador de bateria, etc.
- Segurança contra inundação, incêndio, formação de

gelo e vandalismo.

- Contenção de derramamento acidental ou vazamento de combustível e de líquido de arrefecimento.
- Possibilidade de danos simultâneos nos serviços da fonte normal e de emergência.
- Acesso para manutenção e inspeções gerais.
- Acesso e espaço de trabalho para grandes serviços como revisões ou remoção/substituição de peças.

Considerações sobre o Local Externo

- Emissão e atenuação dos níveis de ruídos.
- Tipos de carenagens - Grupos geradores de até 500 kW aproximadamente são fornecidos com carenagens ‘compactas’. Entretanto, manter uma temperatura ambiente mínima de 4° C (40° F) para atender os requisitos de certas normas pode ser difícil em uma carenagem externa ‘compacta’. Existem carenagens com cobertura para a maioria dos grupos geradores. Se forem incluídos recursos de atenuação de ruídos, o tamanho da carenagem aumentará consideravelmente.
- O acesso para grandes reparos, substituição de componentes (tais como radiador ou alternador) ou recondição devem ser considerados no projeto da carenagem e na instalação de grupos geradores próximos a outros equipamentos ou estruturas. Se for necessário um grande serviço devido ao número de horas de operação ou dano/falha de grandes componentes, as entradas de acesso se tornarão críticas. Essas entradas incluem tampas de acesso, paredes removíveis da carenagem, distância adequada de estruturas próximas e acesso aos equipamentos de suporte necessários.
- Cercas de proteção e barreiras visuais.
- Distâncias dos limites da propriedade.
- O escape do motor deve ser direcionado para longe de ventilações e aberturas do edifício.
- Aterramento - Eletrodos ou anéis de aterramento podem ser necessários para aterramento separado ou derivado do sistema e/ou do equipamento.
- Proteção contra raios.

Considerações sobre o Local Interno

- Sala exclusiva para o gerador – Para sistemas de energia elétrica de emergência, certas normas podem exigir que a sala do gerador seja utilizada somente para acomodá-lo. Considere também o efeito que um grande fluxo de ar da ventilação poderia ter sobre outros equipamentos na mesma sala, tais como equipamentos de aquecimento do edifício.

- Classificação contra incêndio na construção da sala – As normas geralmente especificam uma capacidade mínima de resistência contra incêndio de 1 ou 2 horas. Consulte as autoridades locais para obter os requisitos aplicáveis.
- Área de trabalho – A área de trabalho ao redor de equipamentos elétricos normalmente é especificada por normas. Na prática, deve haver pelo menos 1 m (3 pés) de espaço livre em torno de cada grupo gerador. A substituição do alternador deve ser feita sem a necessidade de remoção de todo o conjunto ou qualquer acessório. Além disso, o projeto da instalação deverá prever o acesso para grandes trabalhos (como recondição ou substituição de componentes, como um radiador, p. ex.).
- Tipo do sistema de arrefecimento – Recomenda-se um radiador montado na fábrica, mas o ventilador do radiador pode criar uma pressão negativa significativa na sala. As portas de acesso devem, portanto, abrir para dentro da sala ou serem protegidas por anteparos – de maneira que possam ser abertas quando o grupo gerador está funcionando. Consulte Arrefecimento do Gerador na seção *Projeto Mecânico* para as opções adicionais de arrefecimento.
- A ventilação envolve grandes volumes de ar. Num projeto ideal de sala, o ar é sugado diretamente do exterior e expelido para fora pela parede oposta. Para configurações opcionais de arrefecimento de grupos geradores que envolvam trocadores de calor ou radiadores remotos, serão necessários ventiladores para a ventilação da sala.
- Escape do motor – A saída de escape do motor deverá ser tão alta quanto a prática permitir no lado descendente dos ventos dominantes e voltada diretamente para fora da ventilação e aberturas do edifício.
- Armazenamento e tubulação de combustível – As normas locais podem especificar métodos de armazenamento de combustível dentro de edifícios e restringir as quantidades armazenadas. Uma consulta prévia com o *dealer* local da Cummins Power Generation ou com o comando local do Corpo de Bombeiros é recomendável. Será necessário acesso para o reabastecimento dos tanques de armazenamento. Consulte *Considerações de Escolha do Combustível* a seguir.
- Recomenda-se que sejam incluídos recursos no sistema de distribuição elétrica para a conexão de um banco de carga temporário do grupo gerador.
- A localização dentro de um edifício deve permitir o acesso para a entrega e instalação do produto e posteriormente para serviços e manutenção. A localização lógica para um grupo gerador num edifício

com base nestas considerações é no andar térreo, próximo a um estacionamento ou pista de acesso, ou na rampa de um estacionamento aberto. Sabendo que estas são áreas nobres de um edifício, se for necessário um outro local, lembre-se que podem ser necessários equipamentos pesados para a instalação e grandes serviços na unidade. Além disso, as entregas de combustível, líquido de arrefecimento, óleo, etc., são necessárias em vários intervalos. Um sistema de combustível provavelmente será projetado com tanques de suprimento, bombas, linhas, tanques diários, etc., mas as trocas de óleo lubrificante e de líquido de arrefecimento poderão ser dificultadas se os materiais tiverem que ser transportados manualmente em barris ou baldes.

- As instalações sobre lajes, embora comuns, requerem um planejamento complementar e considerações sobre o projeto estrutural. As vibrações e o armazenamento/entrega do combustível podem ser problemáticos em instalações deste tipo.
- Locais internos geralmente requerem uma sala exclusiva com estruturas contra fogo. Fornecer fluxo de ar para o interior da sala pode ser um problema. Geralmente, não são permitidos abafadores de incêndio em dutos para o interior das salas. O ideal é que a sala tenha duas paredes externas opostas entre si de forma que o fluxo do ar de entrada flua sobre o grupo gerador e seja levado para fora através da parede oposta, no lado do radiador da unidade.

Considerações sobre a Escolha do Combustível

A escolha do combustível, seja gás natural, diesel ou GLP, afetará a disponibilidade e o dimensionamento do grupo gerador. Considere o seguinte:

Combustível Diesel

- O combustível diesel é recomendado para aplicações de emergência e standby. Para um bom desempenho de partida e máxima vida útil do motor, recomenda-se o combustível diesel ASTM D975 Grau No. 2. Consulte o distribuidor do fabricante do motor sobre o uso de outros graus de combustível diesel para diversos motores.
- Deve -se projetar o armazenamento do combustível no local, mas o tanque não deve ser muito grande. O combustível diesel pode ser armazenado por um período de até dois anos, assim o tanque de suprimento deve ser dimensionado para permitir o reabastecimento de combustível com base na programação de exercícios e testes nesse período. Pode ser necessário aplicar um micro-bioinseticida

se a frequência de reabastecimento for baixa, ou se condições de umidade elevada favorecerem o crescimento de micróbios no combustível. Os micróbios podem obstruir os filtros de combustível e afetar o funcionamento do motor ou até mesmo danificá-lo.

- Climas frios – Deve ser usado o combustível Premium de Grau 1-D quando a temperatura ambiente estiver abaixo do ponto de congelamento. Pode ser necessário o aquecimento do combustível para evitar a obstrução dos filtros de combustível quando a temperatura cair abaixo do ponto de névoa do combustível – cerca de -6°C (20°F) para combustível de Grau 2-D e -26°C (-15°F) para Grau 1-D.
- Os requisitos de emissões podem ser aplicáveis. Consulte *Considerações Ambientais*.

Combustível Biodiesel

Combustíveis biodiesel derivam de uma ampla variedade de fontes renováveis como óleos vegetais, gorduras animais e óleos de cozinha. Genericamente, estes combustíveis são chamados Ésteres Metil-Ácido-Graxos (FAME). Quando usados em motores diesel, normalmente a emissão de fumaça, a potência e a economia de combustível são reduzidas. Embora a fumaça seja reduzida, o efeito em outras emissões varia, com redução de alguns poluentes e aumento de outros. O biodiesel é um combustível alternativo e o desempenho e as emissões do motor não podem ser garantidos se o mesmo utilizar este combustível².

Uma mistura de combustíveis biodiesel e diesel de qualidade na razão de até 5% de concentração de volume não deverá causar problemas graves. Concentrações acima de 5% podem causar vários problemas operacionais. A Cummins não aprova nem desaprova o uso de misturas de combustível biodiesel. Consulte a Cummins para obter outras informações.

Gás Natural

- Para a maioria das instalações, o armazenamento deve ser feito fora do local.
- O gás natural pode ser uma opção econômica de combustível quando disponível nas taxas de fluxo e pressão exigidos.
- Um suprimento de reserva de GLP combustível pode ser necessário para sistemas de fornecimento de energia elétrica de emergência.

- O gás natural pode ser utilizado em campo com certos grupos geradores. Entretanto, devem ser feitas análises do combustível e consultas com o fabricante do motor para se determinar o despotenciamento e também se a composição do combustível acarretará danos ao motor devido à fraca combustão, detonação ou corrosão.
- Poderão ocorrer danos e detonação do motor quando algumas empresas ocasionalmente adicionam butano para manter a pressão da linha. Os motores a gás natural requerem tubulações limpas e secas, gás de qualidade para gerar a potência nominal e assegurar uma vida útil ideal ao motor.
- A estabilidade de frequência de grupos geradores com motores de ignição por vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores com motores diesel. Uma boa estabilidade de frequência é importante na alimentação de cargas UPS.
- Climas frios – Em temperaturas ambientes abaixo de -7°C (20°F), os motores com ignição por vela geralmente são mais fáceis de partir e aceitam carga mais rapidamente do que os motores diesel.

NOTA: A Cummins Power Generation não recomenda o uso de gás natural em tubulação de alta pressão (34 kPa [5 psig] ou mais) em edifícios.

GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

- A disponibilidade local de GLP deverá ser investigada e confirmada antes de se optar por um grupo gerador com motor a GLP.
- Devem ser providenciados recursos para o armazenamento local de combustível. O GLP pode ser armazenado indefinidamente.
- A estabilidade de frequência de grupos geradores acionados por motores com ignição por vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores com motores a diesel. Esta é uma consideração importante para a alimentação de cargas UPS.
- Climas frios – O tanque de armazenamento de GLP deve ser dimensionado para fornecer a taxa necessária de vaporização na temperatura ambiente mais baixa esperada, ou ser providenciada a retirada de líquido com um aquecedor.

NOTA: A Cummins Power Generation não recomenda o uso de GLP em tubulação de alta pressão (138 kPa [20 psig] ou mais), de líquido ou de vapor em edifícios.

² A Cummins Power Generation não assume qualquer responsabilidade de garantia sobre reparos ou aumento de custos decorrentes do uso de bio-diesel combustível.

Gasolina

A gasolina não é um combustível adequado para grupos geradores standby estacionários devido à sua volatilidade e prazo de validade.

Combustíveis Alternativos

Em geral, os motores a diesel podem funcionar com **combustíveis alternativos com lubrificidade aceitável** durante os períodos em que o fornecimento do combustível diesel Nº 2-D esteja temporariamente limitado. O uso de combustíveis alternativos pode afetar a cobertura de garantia, o desempenho e as emissões do motor. Os combustíveis alternativos abaixo geralmente estão dentro dos limites prescritos:

- Combustível diesel 1-D e 3-D
- Óleo combustível de Grau 2 (combustível de aquecimento)
- Combustível para turbinas de aviões, Grau Jato A e Jato A-1 (combustível para jatos comerciais)
- Combustível para turbinas a gás para aplicações não aeronáuticas, Grau 1 GT e 2 GT
- Querosene Grau 1-K e 2-K

Considerações Ambientais

Veja a seguir uma breve abordagem para a avaliação dos problemas ambientais relacionados a ruídos, emissões do escape e armazenamento de combustível. Consulte o capítulo *Projeto Mecânico* para mais informações.

Ruídos e Controle de Ruídos

O controle de ruídos, se exigido, deve ser considerado no início do projeto preliminar. Geralmente, os métodos de controle de ruídos resultam em um custo considerável e aumentam a área física necessária para a instalação. Um grupo gerador é uma fonte complexa de ruídos que inclui ruídos do ventilador de arrefecimento, do motor e do escape. A eficiência do controle de ruídos deve levar em conta todas essas fontes. Na maioria dos casos, os métodos recomendados de controle de ruído alteram ou redirecionam

o caminho do ruído da fonte no grupo gerador até as pessoas que o ouvem. Simplesmente usar um abafador de grade poderá ou não contribuir para reduzir o nível do ruído em um determinado local. Como os ruídos são direcionais, deve-se considerar com cuidado os aspectos de localização, orientação e distância do grupo gerador em relação aos limites ou locais da propriedade onde os ruídos possam ser um problema.

Leis e Normas de Ruídos

Na América do Norte, regulamentações estaduais e municipais estabelecem os níveis máximos de ruído para determinadas áreas. As normas municipais, em sua maioria, definem as regulamentações sobre o nível máximo de ruído permitido nos limites da propriedade. Veja na **Tabela 2-2** algumas regulamentações representativas sobre o nível de ruído externo. A conformidade com as normas de controle de ruídos requer um conhecimento do nível de ruído ambiental e o nível do ruído resultante com o grupo gerador funcionando a plena carga naquele ambiente.

As normas sobre ruídos também existem para proteger a audição dos trabalhadores. As pessoas que trabalham em salas de gerador devem usar sempre proteção para os ouvidos enquanto um grupo gerador está funcionando.

Normas de Emissões de Escape de Motores

Os grupos geradores, independentemente da aplicação, podem estar sujeitos a normas de controle de emissões de escape do motor em nível local ou nacional, ou ambos. A conformidade com as normas de emissões geralmente requer permissões especiais. Certas localidades podem ter normas específicas exigindo o uso de motores alimentados a gás ou estratégias de pós-tratamento dos gases de escape para motores diesel. Ainda no início da fase de qualquer projeto, verifique junto ao órgão municipal de controle da qualidade do ar as normas existentes de controle de emissões.

A **Tabela 2-3** apresenta as emissões típicas de escape de motores diesel para grupos geradores de 40-2000 kW sem tratamento dos gases de escape que podem ser usadas para fins de estimativas. Consulte o fabricante do motor para obter informações detalhadas de produtos específicos.

ZONAS DE RUÍDOS	PICO DIURNO dB(A)	PICO NOTURNO dB(A)	CONTÍNUO DIURNO dB(A)	CONTÍNUO NOTURNO dB(A)
Residencial – Urbana	62	52	57	47
Residencial – Suburbana	57	47	52	42
Suburbana Muito Calma ou Residencial Rural	52	42	47	37
Urbana – Próxima a Indústrias	67	57	62	52
Altamente Industrializada	72	62	67	57

Tabela 2-2. Níveis Representativos de Ruídos Externos

CRITÉRIO SOBRE POLUENTES	GRAMAS/BHP•HR
HC (Total de Hidrocarbonetos Não Queimados)	0,1–0,7
NO _x (Óxidos de Nitrogênio como NO ₂)	6,0–13,0
CO (Monóxido de Carbono)	0,5–2,0
PM (Partículas de Materiais)	0,25–0,5
SO ₂ (Dióxido de Enxofre)	0,5–0,7

Tabela 2-3. Emissões Típicas de Escape de Motores Diesel

Na América do Norte, os grupos geradores móveis (movidos mais de uma vez por ano) estão sujeitos à Certificação da EPA a qual basicamente limita no nível federal as emissões de NO_x em 6,9 g/bhp•h. Consulte um distribuidor Cummins Power Generation para conhecer os modelos disponíveis.

Normas de Armazenamento de Combustíveis

O projeto e instalação de tanques de armazenamento de combustível em muitas áreas são controlados por normas criadas geralmente com dois fins distintos: proteção ambiental e proteção contra incêndio. Devido às regulamentações, cujas obrigações e isenções variam de acordo com o local, é necessário verificar e entender os requisitos locais.

Na América do Norte, as normas de proteção ambiental geralmente são criadas pelos governos federal e estadual. Conjuntos diferentes de normas aplicam-se a tanques de armazenamento de combustível subterrâneos e superficiais. Essas normas abrangem padrões de projeto e construção, registro, testes dos tanques e detecção de vazamento. Elas também atendem os requisitos de carenagens, a preparação

de planos de prevenção de derramamento, provisões para responsabilidade financeira e cobertura de fundos de reserva. Como regra geral sujeita à verificação local, as isenções das normas são concedidas para tanques de armazenamento de diesel subterrâneos e superficiais, destinados à alimentação de grupos geradores de emergência nos seguintes casos: 1) a capacidade dos tanques de armazenamento é de 500 L (1.320 galões) ou menos, 2) nenhum tanque isolado tem capacidade superior a 250 L (660 galões), e 3) o combustível é consumido na própria instalação (não distribuído).

Mesmo quando uma instalação está isenta de atender as normas, deve-se considerar que as despesas de limpeza podem ser muito altas no caso de derramamento de combustível, mesmo em pequenas quantidades, resultante de vazamentos, excesso de volume, etc. A tendência de armazenamento de combustível diesel para grupos geradores locais, internos e externos, é a instalação de tanques superficiais de parede dupla sob a base, com detecção de vazamento e proteção contra excesso de volume, fornecidos por empresas certificadas. Consulte a Seção 6, *Projeto Mecânico*, para mais informações sobre o projeto do sistema de combustível.

Proteção Contra Incêndio

Na América do Norte, as normas geralmente adotam ou fazem referência a um ou mais dos padrões da Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio (NFPA). Esses padrões abrangem requisitos relativos ao combustível, como: capacidade de armazenamento interno, sistemas de tubulação, projeto e construção de tanques, localização, represamento e/ou provisões para drenagem de segurança. Consulte a Norma Nº 37 da NFPA, *Instalação de Motores Estacionários*. O Corpo de Bombeiros local pode exigir requisitos mais rigorosos ou interpretar diferentemente os requisitos dos padrões federais.

Lista de Verificação do Projeto Preliminar

Tipo do Sistema

Emergência
Standby Legalmente Exigido
Standby Opcional
Energia Prime
Corte de Picos
Redução de Carga
Carga Básica

Classificação do Grupo Gerador

Standby
Prime
Contínua

Tamanho do Grupo Gerador

Unidade Simples ___ kW ___ kVA
___ FP
Unidades em Paralelo ___# ___ kW
___kVA ___FP

Voltagem e Frequência do Grupo Gerador

___ Voltagem ___ HZ
Monofásico
Trifásico

Localização

Interna
Nível do Solo
Acima do Nível do Solo
Abaixo do Nível do Solo
Externa
Nível do Solo
Sobre Laje
Acesso Direto para Instalação/Serviço
Sim ___ Não ___

Combustível

Diesel
Gás Natural
GLP

Fornecimento de Combustível - Diesel

Tanque Diário
Tanque Sob a Base
Tanque Externo

Fornecimento de Combustível - LP

Remoção de Vapor
Remoção de Líquido

Carenagem

Proteção contra Intempéries
Acústico
Com Passarelas
Coberto

Acessórios

Chave Seletora de Paralelismo
Chave de Transferência Automática
Carregadores de Bateria
Interface de Rede
Alarmes/Monitoração Remota
Disjuntor(es)
Módulos de Controle de Paralelismo
Silencioso
Isoladores de Vibração

Requisitos Especiais do Alternador

Classificação de Temperatura Reduzida,
105°C 80°C
RTDs ou Termistores

Sistema de Arrefecimento

Radiador Montado na Unidade
Radiador Remoto

3 IMPACTO DA CARGA ELÉTRICA NO DIMENSIONAMENTO DO GERADOR

Visão Geral

Esta seção discute o impacto das cargas elétricas no dimensionamento do grupo gerador. É importante preparar um esquema de cargas razoavelmente preciso na fase inicial do projeto de geração de energia uma vez que a carga é o fator mais importante no dimensionamento do gerador. Se todas as informações sobre o equipamento de carga, necessárias ao dimensionamento, não estiverem disponíveis no início do projeto, os cálculos preliminares de dimensionamento deverão basear-se em estimativas e projeções. Novos cálculos deverão ser feitos quando houver informações atualizadas e mais precisas. Diferentes tipos de carga – motores, fornecimentos ininterruptos de energia (UPS), equipamentos de frequência variável (VFD), equipamentos de diagnóstico por imagem e bombas de combate a incêndios têm influências consideráveis e diferentes no dimensionamento do grupo gerador.

Aplicações e Classificações de Trabalho

Classificações de Trabalho do Grupo Gerador

Determinar as cargas a serem suportadas por um grupo gerador é uma função do tipo da aplicação e do trabalho requerido. Geralmente, existem três classificações de trabalho para as aplicações de grupos geradores: Standby, Prime ou Contínua. Estas classificações estão definidas na Seção 2, *Projeto Preliminar*. Os tipos disponíveis de grupo gerador variam de acordo com estas classificações. Um grupo gerador usado em aplicações Standby é uma reserva da fonte de energia principal (concessionária de energia) e espera-se que o mesmo não seja utilizado com frequência, de modo que a classificação Standby é a mais alta disponível para o grupo gerador. Espera-se que os grupos geradores classificados como Prime funcionem durante um número ilimitado de horas e o grupo gerador é considerado a fonte principal de energia para cargas variáveis, de modo que a classificação Prime geralmente representa 90% da classificação Standby. Em aplicações de trabalho Contínuo, espera-se que o grupo gerador produza a saída nominal durante um número ilimitado de horas sob carga constante (aplicações onde o grupo gerador pode ser operado em paralelo com a fonte principal de energia e sob carga básica). Assim, a classificação Contínua normalmente é 70% da classificação Standby. A capacidade de suporte de carga do grupo gerador é uma função da vida esperada ou do intervalo entre revisões gerais.

Aplicações Obrigatórias e Opcionais

Genericamente, as aplicações de grupos geradores podem ser divididas em duas categorias básicas: aquelas que são obrigatórias por força de normas (exigência legal), e aquelas que são utilizadas por razões econômicas (geralmente associadas à disponibilidade ou confiabilidade de energia). Estas categorias definirão um conjunto completamente diferente de opções quando forem tomadas decisões sobre quais cargas serão alimentadas com o grupo gerador.

Obrigatórias por Força de Normas: Em geral, estas aplicações são aquelas consideradas pelas autoridades como de emergência ou standby legalmente exigidas, onde a segurança e o suporte à vida são essenciais. Estes tipos de aplicações podem ser definidos em normas de edifícios ou normas específicas de segurança da vida e normalmente envolvem instalações como centros de saúde (hospitais, enfermarias, clínicas), construção de edifícios altos e locais de grande tráfego de pessoas (teatros, locais de convenções, praças esportivas, hotéis). Normalmente, o grupo gerador fornecerá energia de reserva para cargas como iluminação de saídas, ventilação, detecção de incêndio e sistemas de alarme, sistemas de comunicação de segurança pública e até processos industriais onde a falta de energia cria riscos de vida ou de acidentes pessoais. Outros sistemas legalmente exigidos são obrigatórios quando for determinado que a falta de energia da empresa fornecedora de eletricidade constitui um risco ou um obstáculo para as operações de resgate ou de combate a incêndios. Para determinar as cargas mínimas que podem ser alimentadas pelo gerador, consulte as autoridades locais para obter normas e padrões associados. Opcionalmente, podem ser aplicadas cargas adicionais ao gerador desde que aprovadas pelas autoridades locais.

Standby Opcional: Este tipo de sistema tem sido usado com mais frequência uma vez que a disponibilidade de energia tem se tornado mais crítica. Estes sistemas de energia são empregados em instalações como edifícios industriais e comerciais e alimentam cargas como sistemas de aquecimento, refrigeração, comunicações e centros de processamento de dados, e processos industriais críticos. O emprego de geradores justifica-se onde a perda da energia da fonte normal possa causar desconforto ou onde a interrupção de processos críticos seja uma ameaça a produtos ou equipamentos.

Prime e Contínua: O uso de grupos geradores de energia prime ou contínua cresce especialmente em países em desenvolvimento e em muitas aplicações de geração de energia distribuída. Existem muitas oportunidades para as empresas fornecedoras em termos de geração e venda de energia. Novas regulamentações e normas ambientais mais rígidas forçam as empresas fornecedoras de energia a procurar outras formas de produção e distribuição para a construção de novas plantas de geração, como estruturas de corte de picos e taxas de interrupção para atender a demanda crescente. Os clientes das concessionárias de energia utilizam a geração local para reduzir a demanda de pico da fonte normal e continuam a buscar oportunidades de co-geração onde haja demanda para energia elétrica e energia térmica.

De qualquer modo, deve-se ter em mente que os grupos geradores são pequenas fontes de energia comparados com a fonte normal da rede pública, e as características operacionais das cargas podem ter um efeito profundo na qualidade da energia se o gerador não for dimensionado corretamente. Considerando que um gerador é uma fonte de energia limitada, sempre que forem conectadas ou desconectadas cargas de um gerador, deve-se esperar por alterações na voltagem e na frequência. Essas alterações devem ser mantidas dentro de limites aceitáveis para todas as cargas conectadas. Além disso, surgirão distorções de voltagem na saída do gerador quando forem conectadas cargas não lineares que produzem correntes harmônicas. Essas distorções podem ser consideravelmente maiores quando as cargas são alimentadas pelo gerador do que quando são alimentadas pela rede da concessionária, e provocarão um aquecimento adicional tanto no gerador quanto no equipamento de carga se não forem mantidas sob controle. Conseqüentemente, são necessários geradores maiores do que o exigido para alimentar cargas e limitar as alterações de voltagem e frequência durante as cargas transientes e as distorções harmônicas quando forem suportadas cargas não lineares como computadores, UPSs e VFDs.

Os atuais programas de software de dimensionamento de geradores permitem maior precisão na escolha do grupo gerador e fornecem um nível mais alto de confiança para a aquisição de um sistema grande o suficiente para as necessidades do cliente – e não maior. Embora a maioria dos exercícios de dimensionamento de geradores forneça melhores resultados com programas como o GenSize da Cummins Power Generation (veja o Apêndice A) – ou com

a ajuda de um representante do fabricante – ainda é útil saber o que envolve a escolha correta do grupo gerador para sua aplicação.

Além da carga conectada, vários outros fatores afetam o dimensionamento do grupo gerador: requisitos de partida de cargas como motores e suas cargas mecânicas, desbalanceamento de cargas monofásicas, cargas não-lineares como equipamentos UPS, restrições de queda de voltagem, cargas cíclicas, etc.

Conhecimento das Cargas

Requisitos de Carga Operacional e de Partida

A energia exigida por muitos tipos de carga pode ser consideravelmente maior durante a partida da carga do que a exigida para o funcionamento estável e contínuo (a maioria das cargas acionadas por motores não emprega nenhum tipo de equipamento de partida suave). Algumas cargas também requerem energia de pico mais alta durante sua operação do que durante o funcionamento (equipamentos de solda e de diagnóstico por imagem, por exemplo). Outras cargas (cargas não-lineares como computadores, UPS, VFDs e outras cargas eletrônicas) provocam distorção excessiva do gerador a menos que este seja dimensionado além do exigido para alimentá-las. A fonte de energia deve ser capaz de atender todos os requisitos de energia da carga.

Durante a partida ou em condições de funcionamento com carga de pico, cargas transientes súbitas podem provocar alterações de voltagem e de frequência prejudiciais à carga conectada ou grandes o suficiente para impedir uma partida bem-sucedida ou o funcionamento apropriado da carga se o gerador estiver subdimensionado. Embora algumas cargas sejam bastante tolerantes a oscilações transientes de voltagem e de frequência em curtos períodos, outras cargas são bastante sensíveis. Em alguns casos, o equipamento de carga deve ter controles de proteção que provoquem o desligamento da carga sob tais condições. Embora não tão críticos, outros efeitos como redução da intensidade da iluminação ou aceleração brusca de elevadores podem ser no mínimo incômodos.

Um grupo gerador é uma fonte limitada de energia tanto em termos de potência do motor (kW) quanto em volts-ampères do gerador (kVA), independentemente do tipo do sistema de excitação. Como resultado, as mudanças nas cargas causarão o surgimento de transientes de voltagem e de frequência.

A magnitude e a duração desses transientes são afetadas pelas características da carga e pelo tamanho do gerador com relação à carga. Um grupo gerador é uma fonte de impedância relativamente alta quando comparada com um transformador típico da rede pública de energia. Consulte a Seção 4, *Seleção do Equipamento*, para mais detalhes.

Seqüenciamento da Carga em Passos

Em muitas aplicações, pode ser aconselhável limitar a quantidade de cargas a serem conectadas ou iniciadas simultaneamente pelo grupo gerador. Normalmente, as cargas são conectadas ao grupo gerador em seqüência para reduzir os requisitos de partida e, conseqüentemente, o tamanho do gerador requerido. Isto requer controle da carga e equipamento para comutar a carga para o gerador¹. Para isso, são comumente utilizados vários comutadores de transferência. Comutadores de transferência individuais podem ser ajustados para conectar cargas em diferentes momentos utilizando conjuntos de transferência com retardo de tempo padrão para escalonar as cargas. Recomenda-se um atraso de tempo de alguns poucos segundos para permitir que o gerador estabilize a voltagem e a freqüência entre os passos de carga. Isto, é claro, significa que qualquer emergência ou cargas legalmente exigidas deverão ser conectadas em primeiro lugar para atender os requisitos das normas. As cargas que requerem mais energia para a partida, como grandes motores, deverão ser conectadas quando houver uma quantidade mínima de cargas. As cargas UPS podem ser deixadas por último uma vez que são alimentadas por bateria.

Com estas informações básicas, veja a seguir a discussão de características operacionais de cargas individuais.

Tipos de Carga

Cargas de Iluminação: Os cálculos de iluminação são bastante diretos, uma soma da potência de lâmpadas ou acessórios, ou da potência requerida para os circuitos de iluminação mais a potência requerida para reatores. Os tipos comuns de iluminação são: incandescente – conjuntos de padrão de lâmpadas de bulbo que geralmente usam um filamento de tungstênio; fluorescente – uma lâmpada de gás ionizado ativado por reator – aplica-se também para iluminação de descarga de gás; e descarga – sódio de baixa pressão, sódio de alta pressão, etc. As **Tabelas 3-1 e 3-2** contêm alguns dados úteis representativos.

TIPO DE ILUMINAÇÃO	SPF	RPF
Fluorescente	0.95	0.95
Incandescente	1.00	1.00
Descarga de Alta Intensidade	0.85	0.90

Tabela 3-1. Fatores de Potência de Iluminação (Partida e Funcionamento)

LÂMPADA	REATOR
48 Polegadas T-12, 40 W, Pré-aquecida	10 W
48 Polegadas T-12, 40 W, Partida Rápida	14 W
Saída Alta 40 W, Fluorescente	25 W
Mercúrio, 100 W	18-35 W
Mercúrio, 400 W	25-65 W

Tabela 3-2. Potência de Reatores

Cargas de Ar-condicionado: As cargas de ar-condicionado geralmente são especificadas em toneladas. Para estimar os requisitos de potência em quilowatts, uma conversão de 2 HP/ton é usada como uma estimativa muito conservadora da carga total para uma unidade de menor eficiência. Se desejar uma medida mais precisa e conhece as cargas individuais do motor e dos componentes do equipamento de A/C, some as cargas individualmente e acrescente um fator de demanda para as cargas que podem ser iniciadas simultaneamente.

Cargas de Motor: Existe uma grande variedade de tipos de motores e tipos de cargas conectadas a esses motores, cada uma das quais afeta a partida do motor e as características de funcionamento. Veja a seguir, uma discussão sobre essas diferenças e características e seus efeitos nas opções de dimensionamento do grupo gerador.

Baixa e Alta Inércia: A quantidade de inércia de uma massa rotativa, como um motor e sua carga, é uma medida de sua resistência à aceleração pelo torque de partida do motor. O torque de partida requer mais potência do grupo gerador (SkW) do que a carga em funcionamento. Entretanto, antes de fazer cálculos, geralmente é suficiente caracterizar as cargas como de alta inércia ou de baixa inércia com o objetivo de determinar a potência necessária do motor para a partida e para acelerar as cargas dos motores. Assim, as cargas de baixa inércia são aquelas que podem ser aceleradas quando pode-se assumir um fator de serviço de

¹ A Cummins Power Generation oferece rede baseada em sistemas de controle da carga em cascata.

Cargas de Baixa Inércia*	Cargas de Alta Inércia **
Ventiladores e ventoinhas centrífugas	Elevadores
Compressores rotativos	Bombas mono e multi-cilindros
Bombas rotativas e centrífugas	Compressores mono e multi-cilindros
	Moinhos de pedra
	Transportadores

* Excepcionalmente ventiladores ou bombas que trabalhem contra grandes cabeçotes não podem ser qualificados como cargas de baixa inércia. No caso de dúvidas, assuma Alta Inércia.

** As cargas de alta inércia incluem as cargas desbalanceadas mecanicamente ou pulsantes.

Tabela 3-3. Resumo da Inércia Rotativa

1,5 ou menos, enquanto que as cargas de alta inércia são aquelas para as quais deve-se assumir um fator de serviço maior que 1,5. Um fator de serviço maior também deve ser assumido para cargas desbalanceadas mecanicamente ou pulsantes. A **Tabela 3-3** mostra a divisão em categorias das cargas comuns.

Acima de 50 HP: A partida de um grande motor em-linha com um grupo gerador representa uma carga de baixa impedância num condição de o rotor travado ou de parada inicial. O resultado é um alto pico de corrente, normalmente seis vezes a corrente nominal (de funcionamento). O alto pico de corrente provoca uma queda na voltagem do gerador, que é a soma da queda de voltagem transiente instantânea mais a queda de voltagem de recuperação.

A queda de voltagem transiente instantânea ocorre no instante em que o motor é conectado na saída do gerador e é estritamente uma função das impedâncias relativas do gerador e do motor. A queda de voltagem instantânea é a queda de voltagem prevista pelas curvas de queda de voltagem, publicadas nas folhas de dados do alternador². Estas curvas de queda fornecem uma idéia do que se pode esperar como queda instantânea, assumindo-se que a frequência seja constante. Se o motor diminuir lentamente sua rotação devido a um grande requisito de kW para a partida, a queda de voltagem transiente pode ser acentuada à medida que a característica de acoplamento de torque do regulador de voltagem deixa de alimentar a excitação do alternador para auxiliar na retomada de rotação do motor.

Após a detecção da queda de voltagem transiente instantânea, o sistema de excitação do gerador responde aumentando a excitação para retomar a voltagem nominal – ao mesmo tempo que o motor é acelerado, aumentando assim sua rotação de funcionamento (assumindo-se que o motor desenvolva torque suficiente). O torque dos motores de indução é diretamente proporcional ao quadrado da voltagem aplicada. A aceleração do motor é uma função da diferença entre torque do motor e os requisitos de torque da carga. Para evitar tempos excessivos de aceleração, ou parada do motor, o gerador deve retomar a voltagem nominal assim que possível.

O modo no qual o gerador retoma a voltagem é uma função dos tamanhos relativos do gerador e do motor, da potência do motor (capacidade em kW) e da capacidade de forçar a excitação do gerador. Vários milissegundos após a queda de voltagem transiente inicial, o regulador de voltagem aplica voltagem com força plena ao excitador do gerador resultando no aumento da corrente de campo principal do gerador de acordo com as constantes de tempo do excitador e do campo principal. Os componentes do grupo gerador são projetados e dimensionados para se obter o menor tempo de resposta possível, mantendo ao mesmo tempo a estabilidade da voltagem e evitando a sobrecarga do motor. Os sistemas de excitação que respondem tão rapidamente ou que sejam tão “bruscos” podem de fato sobrecarregar o motor durante a partida de grandes motores. Dependendo da intensidade da carga, o gerador deverá retornar à voltagem nominal dentro de vários ciclos, ou pelo menos dentro de alguns segundos.

² As curvas de queda de voltagem para os equipamentos da Cummins Power Generation estão disponíveis no CD da Biblioteca do Power Suite.

Para aplicações de partida de motor, tanto a queda de voltagem transiente inicial quanto a voltagem de retomada devem ser consideradas. Um gerador deve ser dimensionado de modo a não exceder a queda de voltagem transiente inicial especificada para o projeto e de modo que ele retorne a um mínimo de 90% da voltagem nominal de saída com os kVA aplicados ao rotor do motor totalmente travado. Assim, o motor pode fornecer aproximadamente 81% ($0,9 \times 0,9 = 0,81$) de seu torque nominal durante a aceleração, o que tem provado ser adequado para a maioria das aplicações de partida. Em vez de especificações de um projeto único, uma queda de voltagem de 35% na partida é considerada aceitável em uma situação de partida do motor de um grupo gerador.

Existem vários tipos de motores de partida com voltagem reduzida para diminuir os kVA na partida de um motor onde o torque reduzido do motor é aceitável. Reduzindo-se os kVA de partida do motor, pode-se reduzir a queda de voltagem, o tamanho do grupo gerador e proporcionar uma partida mecânica mais suave. Entretanto, conforme discutido a seguir, deve-se tomar cuidado quando se usa estes motores de partida em grupos geradores.

Métodos de Partida Trifásica: Existem vários métodos disponíveis para a partida de motores trifásicos, conforme resumido na **Tabela 3-4** e conforme indicado no Apêndice C – Partida de Motores com Voltagem Reduzida. O método mais comum de partida é a partida direta através da linha (voltagem total). Os requisitos de partida do motor podem ser reduzidos aplicando-se algum tipo de motor de partida com voltagem reduzida ou de alimentação estável, resultando na recomendação de um grupo gerador menor. Entretanto, deve-se tomar cuidado ao aplicar qualquer um destes métodos de partida com voltagem reduzida. Como o torque do motor é uma função da voltagem aplicada, qualquer método que reduza a voltagem do motor também

reduzirá o torque do motor durante a partida. Estes métodos de partida devem ser aplicados somente para cargas de motores de baixa inércia, a menos que possa ser determinado que o motor produzirá torque adequado para a aceleração durante a partida. Além disso, estes métodos de partida podem produzir correntes de pico muito altas na transição de partida para funcionamento (caso a transição ocorra antes que o motor atinja a rotação de funcionamento), resultando em requisitos de partida próximos aos da partida através da linha. Se o motor não atingir uma rotação próxima à rotação de funcionamento antes da transição, poderão ocorrer quedas excessivas de voltagem e de frequência quando estes motores de partida forem utilizados com grupos geradores. Se você não estiver seguro sobre como o motor de partida e a carga reagirão, assuma a partida através da linha.

Acionamentos com Frequência Variável (VFDs): Entre todas as classes de carga não-linear, os acionamentos com frequência variável, utilizados para controlar a rotação de motores de indução, induzem a maior distorção na voltagem de saída do gerador. Alternadores maiores são necessários para evitar o superaquecimento do alternador devido às correntes harmônicas induzidas pelo acionamento com frequência variável, e para limitar a distorção de voltagem do sistema reduzindo a reatância do alternador.

Por exemplo, cargas VFD inversoras de fontes de corrente convencionais em um gerador devem ser menores que aproximadamente 50% da capacidade do gerador para limitar a distorção harmônica total para menos de 15%. Mais recentemente, VFD's Modulados em Largura de Pulso têm se tornado cada vez mais baratos e comuns e induzem substancialmente menos harmônicos. O alternador deve ser superdimensionado em apenas 40% para estes acionamentos.

MÉTODO DE PARTIDA	% DA VOLTAGEM TOTAL APLICADA (TAP)	% DE KVA COM VOLTAGEM TOTAL	% DE TORQUE COM VOLTAGEM TOTAL	FATOR DE MULTIPLICAÇÃO SKVA	SPF
Voltagem Total	100	100	100	1,0	–
Autotransformador com Voltagem Reduzida	80	64	64	0,64	–
	65	42	42	0,42	–
	50	25	25	0,25	–
Reator em Série	80	80	64	0,80	–
	65	65	42	0,65	–
	50	50	25	0,50	–
Resistência em Série	80	80	64	0,80	0,60
	65	65	42	0,65	0,70
	50	50	25	0,50	0,80
Estrela Triângulo	100	33	33	0.33	–
Enrolamento (Típico)	100	60	48	0.6	–
Motor com Rotor Enrolado	100	160*	100*	1.6*	–

* - Estas são porcentagens ou fatores da corrente de funcionamento que dependem dos valores das resistências em série adicionadas aos enrolamentos do rotor.

Tabela 3-4. Métodos e Características de Partida com Voltagem Reduzida

Para aplicações de acionamento com rotação variável, dimensione o grupo gerador para a classificação total indicada na plaqueta de identificação do acionamento e não para a classificação indicada na plaqueta de identificação do motor acionado. Os harmônicos podem ser maiores com o acionamento funcionando com carga parcial e é possível que um motor maior, com capacidade total igual à do acionamento, seja instalado no futuro.

Letra NEMA de Código do Motor: Na América do Norte, o padrão NEMA para motores e geradores (MG1) projeta as faixas aceitáveis para a partida do motor em kVA com Letras de Código de “A” até “V.” O projeto do motor deve limitar os kVA de partida (rotor travado) a um valor dentro da faixa especificada para a Letra de Código marcada no motor. Para calcular os kVA de partida do motor, multiplique a potência do motor em HP pelo valor na **Tabela 3-5** que corresponde à Letra de Código. Os valores na **Tabela 3-5** são as medias das faixas específicas de valores para as Letras de Código.

Letra	Fator	Letra	Fator	Letra	Fator
A	2	H	6,7	R	15
B	3,3	J	7,5	S	16
C	3,8	K	8,5	T	19
D	4,2	L	9,5	U	21,2
E	4,7	M	10,6	V	23
F	5,3	N	11,8		
G	5,9	P	13,2		

Tabela 3-5. Fatores de Multiplicação Correspondentes às Letras de Código

Projeto de Motores Trifásicos: Na América do Norte, o projeto de motores tipos B, C ou D são motores trifásicos de indução com gaiola, classificados pela NEMA (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos) com relação ao valor máximo de corrente com o rotor travado e ao valor mínimo de torque com o rotor travado, elevação e redução de torque. Os motores do tipo Alta Eficiência são motores trifásicos de indução com gaiola e de grande eficiência com valores mínimos de torque similares aos motores tipo B, porem com corrente máxima mais elevada com o rotor travado e com maior eficiência nominal com carga plena. Consulte a **Tabela 3-6** para obter os valores nominais padrão para o projeto de motores B, C, D e de Alta Eficiência.

Projeto de Motores Monofásicos: Consulte a **Tabela 3-7** para obter os valores nominais padrão para motores de indução monofásicos.

Cargas com Alimentação Ininterrupta de Energia: Um sistema estático de alimentação ininterrupta de energia (UPS) usa retificadores de silício controlados (SCRs) ou outros dispositivos estáticos para converter voltagem de CA em voltagem de CC. A voltagem de CC é usada para produzir voltagem de CA através de um circuito inversor na saída do UPS. A voltagem de CC também é usada para carregar as baterias, que são os componentes de armazenamento de energia para o UPS. A comutação dos SCRs na entrada induz correntes harmônicas no alternador do grupo gerador. Os efeitos dessas correntes incluem aquecimento adicional do enrolamento, redução da eficiência e distorção da forma de onda de CA. O resultado é um alternador maior para uma determinada saída em kW do grupo gerador.

Os dispositivos UPS também podem ser sensíveis a quedas de voltagem e oscilações de frequência. Quando o retificador está na parte ascendente da curva de retificação, podem ocorrer oscilações relativamente amplas em frequência e voltagem sem interrupção do funcionamento. Entretanto, assim que o desvio estiver habilitado, tanto a frequência quanto a voltagem devem ser muito estáveis ou poderá ocorrer uma condição de alarme.

No passado, problemas de incompatibilidade entre grupos geradores e dispositivos UPS estáticos levaram a muitas concepções erradas sobre o dimensionamento de grupos geradores para este tipo de carga. Os fornecedores de UPS recomendavam o superdimensionamento do grupo gerador de duas a cinco vezes a classificação do UPS, mas mesmo assim alguns problemas persistiam. Desde então, a maioria dos fabricantes de UPS tem resolvido os problemas de incompatibilidade e atualmente é mais barato exigir dispositivos UPS que sejam compatíveis com o grupo gerador do que superdimensioná-lo.

Ao dimensionar um gerador, use a classificação da plaqueta de identificação do UPS, mesmo que o UPS não esteja totalmente carregado, mais a classificação de carga da bateria. Normalmente, o UPS tem uma capacidade de carga

da bateria de 10 a 50% da classificação do UPS. Se as baterias estiverem descarregadas quando o UPS estiver operando no grupo gerador, este deverá ser capaz de fornecer tanto a carga de saída quanto a carga da bateria. A maioria dos UPSs tem um limite de corrente ajustável. Se este limite estiver configurado entre 110% e 150% da classificação do UPS, esta será a carga de pico que o grupo gerador terá que alimentar imediatamente após uma queda da energia da concessionária. Uma segunda razão para a utilização da classificação plena do UPS é que no futuro podem ser incluídas cargas adicionais até a classificação da plaqueta de identificação. O mesmo se aplica aos sistemas UPS redundantes. Dimensione o grupo gerador para as classificações combinadas das plaquetas individuais dos dispositivos UPS em aplicações onde, por exemplo, um UPS é instalado como reserva e o segundo está em linha o tempo todo com 50% ou menos da carga.

Por se tratarem de cargas não-lineares, o equipamento UPS induz harmônicos na saída do gerador. Os dispositivos UPS equipados com filtros de entrada de harmônicos apresentam correntes de harmônicos mais baixas do que os não equipados com filtros. Os filtros de harmônicos devem ser reduzidos ou desconectados quando a carga do UPS for pequena. Caso contrário, estes filtros podem afetar o fator de potência do grupo gerador. Consulte *Redução do Fator de Potência pela Carga* no Capítulo 6, *Projeto Mecânico*. O número de retificadores (pulsos) também define o grau exigido de superdimensionamento do alternador. Um retificador de 12 pulsos com um filtro de harmônicos resulta no menor grupo gerador recomendado.

A maioria dos dispositivos UPS possui uma função de limitação de corrente para controlar a carga máxima que o sistema pode aplicar à sua fonte de alimentação, expressa como uma porcentagem da classificação de carga plena do UPS. A carga total que o UPS aplica à sua fonte de alimentação é controlada pelo valor que limita a taxa de carga de sua bateria.

HP	PROJETO DE MOTORES <i>B, C & D</i>		MOTORES DE ALTA EFICIÊNCIA		PARA TODOS OS MOTORES	
	LETRA DE CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	LETRA DE CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	FP DE PARTIDA (SPF)	FP DE OPERAÇÃO (RPF)
1	N	73	N	86	0,76	0,70
1-1/2	L	77	L	87	0,72	0,76
2	L	79	L	88	0,70	0,79
3	K	83	L	89	0,66	0,82
5	J	84	L	90	0,61	0,85
7-1/2	H	85	L	91	0,56	0,87
10	H	86	K	92	0,53	0,87
15	G	87	K	93	0,49	0,88
20	G	87	K	93	0,46	0,89
25	G	88	K	94	0,44	0,89
30	G	88	K	94	0,42	0,89
40	G	89	K	94	0,39	0,90
50	G	90	K	95	0,36	0,90
60	G	90	K	95	0,36	0,90
75	G	90	K	95	0,34	0,90
100	G	91	J	96	0,31	0,91
125	G	91	J	96	0,29	0,91
150	G	91	J	96	0,28	0,91
200	G	92	J	96	0,25	0,91
250	G	92	J	96	0,24	0,91
300	G	92	J	96	0,22	0,92
350	G	93	J	97	0,21	0,92
400	G	93	J	97	0,21	0,92
500 & ACIMA	G	94	J	97	0,19	0,92

Tabela 3-6. Padrões para Motores Trifásicos: Códigos NEMA, EFF, SPF, RPF

HP	LETRA DE CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	FP DE PARTIDA (SPF)	FP DE OPERAÇÃO (RPF)
DIVISÃO DE FASE				
1/6	U	70	0,8	0,66
¼	T	70	0,8	0,69
1/3	S	70	0,8	0,70
1/2	R	70	0,8	0,70
CONDENSADOR DE DIVISÃO DE FASE (PSC)				
1/6	G	70	0,8	0,66
1/4	G	70	0,8	0,69
1/3	G	70	0,8	0,70
1/2	G	70	0,8	0,72
CONDENSADOR DE PARTIDA/FUNCIÓNAMENTO DA INDUÇÃO				
1/6	R	40	0,8	0,66
1/4	P	47	0,8	0,68
1/3	N	51	0,8	0,70
1/2	M	56	0,8	0,73
3/4	L	60	0,8	0,75
1	L	62	0,8	0,76
1-1/2	L	64	0,8	0,78
2	L	65	0,8	0,78
3 a 15	L	66	0,8	0,79
CONDENSADOR DE PARTIDA/CONDENSADOR DE FUNCIÓNAMENTO				
1/6	S	40	0,8	0,66
1/4	R	47	0,8	0,68
1/3	M	51	0,8	0,70
1/2	N	56	0,8	0,73
3/4	M	60	0,8	0,75
1	M	62	0,8	0,76
1-1/2	M	64	0,8	0,78
2	M	65	0,8	0,78
3 a 15	M	66	0,8	0,79

Tabela 3-7. Padrões de Motores Monofásicos: Códigos NEMA, EFF, SPF, RPF

Entretanto, se a carga máxima for limitada a 125% e o UPS estiver funcionando a 75% da capacidade nominal, a carga da bateria será limitada a 50% da capacidade do UPS. Alguns dispositivos UPS reduzem a taxa de carga da bateria a um valor mais baixo durante o tempo em que um grupo gerador estiver alimentando o UPS.

Cargas do Carregador de Bateria: Os carregadores normalmente utilizam retificadores controlados de silício (SCRs). Um carregador de bateria é uma carga não-linear, exigindo um alternador superdimensionado para acomodar o aquecimento adicional e minimizar as correntes harmônicas induzidas pelo carregador de bateria.

O número de retificadores (pulsos) define o grau exigido de superdimensionamento do alternador. Um retificador de 12 pulsos resulta no menor grupo gerador recomendado.

Equipamentos de Diagnóstico por Imagem (Raio-X, Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética): Os equipamentos de diagnóstico por imagem, como Raio-X, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética produzem características únicas de partida e funcionamento que devem ser consideradas no dimensionamento de um grupo gerador. A carga de pico em kVA ($Kvp \times ma$) e a queda de voltagem permitida são fatores essenciais para o dimensionamento de um grupo gerador para aplicações de equipamentos de diagnóstico por imagem. Dois fatores adicionais devem ser entendidos para todos esses tipos de aplicações.

Primeiro, quando o equipamento de diagnóstico por imagem é alimentado pelo grupo gerador, a imagem poderá ser diferente da imagem produzida quando o mesmo for alimentado pela fonte normal de energia. A razão disto deve-se à diferença nas características de queda de voltagem. Como ilustrado na **Figura 3-1**, a queda tenderá a ser constante quando a fonte de alimentação for rede elétrica pública e será maior e mais variável quando a fonte de alimentação for o grupo gerador. A tentativa de regular a voltagem pelo regulador de voltagem do grupo gerador também afeta a característica de queda de voltagem.

Segundo, entre o tempo que o operador faz os ajustes para a imagem e produz a imagem, não deve haver nenhuma grande mudança de cargas, como a partida de um elevador ou a ativação/desativação de sistemas de ar-condicionado.

Os equipamento de diagnóstico por imagem normalmente são projetados para serem alimentados pela energia da fonte normal. Contudo, a maioria dos equipamentos possui um compensador de voltagem da linha, ajustável pelo instalador ou pelo operador. Nas aplicações em que o grupo gerador é a única fonte de energia, o compensador de voltagem da linha pode ser ajustado para a queda de voltagem esperada com o grupo gerador. Quando o equipamento de diagnóstico por imagem tiver sido ajustado para a energia da fonte normal, o grupo gerador terá que duplicar, tanto quanto possível, a queda de voltagem da fonte normal. A partir de experiências no passado, pode-se esperar por imagens satisfatórias quando a classificação em kVA do gerador (alternador) for pelo menos 2,5 vezes o pico em kVA do equipamento de diagnóstico por imagem. Pode-se esperar uma queda de voltagem de 5 a 10% quando o dimensionamento é feito nestas bases. A **Tabela 3-8** mostra o pico de kVA e a quantidade de kVA exigida pelo grupo gerador para equipamentos de diagnóstico por imagem de várias capacidades nominais.

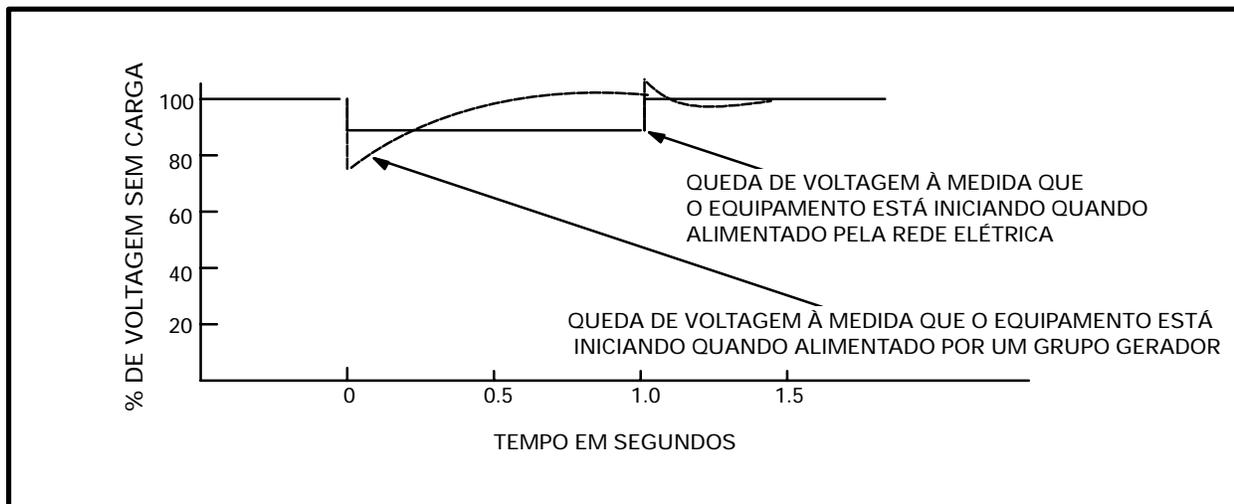


Figura 3-1. Queda de Voltagem em Aplicações Médicas de Diagnóstico por Imagem

CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE IMAGEM		PICO EM kVA*	kVA MÍNIMO DO GERADOR
Ma	kVP		
15	100	1,5	3,8
20	85	1,7	4,3
40	125	5,0	12,5
50	125	6,3	15,8
100	125	12,5	31,3
200	125	25,0	62,5
300	125	37,5	93,8
300	150	45,0	112,0
500	125	62,5	156,0
500	150	75,0	187,0
700	110	77,0	192,0
1200	90	108,0	270,0

* - Multiplique o pico em kVA pelo fator de potência (FP) para obter o pico em kW. Se o FP for desconhecido, assumo 1,0.

Tabela 3-8. Requisitos do Grupo Gerador para Aplicações de Imagens Médicas

Aplicações em Bombas de Combate a Incêndios³: As bombas de combate a incêndios requerem considerações especiais devido a seu status crítico e requisitos de normas especiais. O Código Elétrico Nacional da América do Norte (NEC) contém requisitos de limitação de queda de voltagem de 15% na partida das bombas de combate a incêndios. Este limite é imposto de modo que os motores de partida suportem condições prolongadas com o rotor travado e que os motores das bombas de combate a incêndios forneçam torque adequado para acelerá-las até as rotações nominais para que obtenham as pressões e fluxos nominais. O grupo gerador não precisa ser dimensionado para fornecer indefinidamente os kVA com o rotor travado do motor da bomba de combate a incêndios. Isto resultaria em um grupo gerador superdimensionado, o que poderia levar a problemas de manutenção e confiabilidade de um grupo gerador subutilizado.

Sempre que um motor de partida com voltagem reduzida for utilizado para um motor de bomba de combate a incêndio, independentemente do tipo, considere uma capacidade de partida do gerador através da linha. O controlador da bomba de combate a incêndios inclui meios de partida da bomba através da linha, sejam eles manuais/mecânicos, manuais/elétricos ou automáticos, no caso de falha de funcionamento do controlador.

³ Esta é a interpretação da Cummins Power Generation sobre a edição de 1996 do Padrão NFPA Nº 20, sobre Bombas Centrifugas de Combate a Incêndios. Os engenheiros de projeto também deverão revisar o padrão.

A capacidade de geração adicional pode ser controlada, se desejado, através da instalação de controles automáticos de desconexão de carga em cargas conectadas com baixa prioridade de modo que a capacidade do grupo gerador em marcha lenta possa ser utilizada para essas mesmas cargas. Os controles devem ser dispostos para desconectar as cargas antes de dar partida na bomba de combate a incêndios.

Uma outra opção a considerar é uma bomba de combate a incêndios acionada por um motor diesel em vez de uma bomba com motor elétrico. A economia geralmente favorece as bombas acionadas por motor elétrico. Desta forma, o sistema de proteção contra incêndios e o sistema de energia de emergência são mantidos inteiramente separados. Alguns engenheiros e seguradoras acreditam que isto melhora a confiabilidade de ambos os sistemas. O custo de um comutador de transferência para a bomba de combate a incêndios deve ser evitado. O grupo gerador não precisa ser dimensionado para fornecer indefinidamente os kVA de rotor travado do motor da bomba de combate a incêndios. Isto poderá resultar em um grupo gerador superdimensionado, o qual poderá apresentar problemas de manutenção e confiabilidade por ser subutilizado.

Características da Carga

Tolerâncias da Carga de Voltagem e Freqüência: A **Tabela 3-9** resume as tolerâncias de várias cargas a oscilações de voltagem e freqüência.

Potência Regenerativa: A aplicação de grupos geradores para cargas acionadas por motor-gerador (MG), tais como elevadores, guindastes e guinchos, requer a consideração da potência regenerativa. Nestas aplicações, a descida do carro do elevador ou do guincho é tornada mais lenta pelo motor-gerador que “bombeia” a energia elétrica de volta à fonte para ser absorvida. A fonte normal de energia absorve facilmente a energia “regenerada” por ser uma fonte de energia essencialmente ilimitada. A energia produzida pela carga simplesmente serve outras cargas reduzindo a carga atual da rede da fornecedora (principal). Por outro lado, um grupo gerador é uma fonte isolada de energia que tem uma

capacidade limitada de absorção da potencia regenerativa. A absorção da potência regenerativa é uma função da potência de fricção do motor em rotação governada, da potencia do ventilador, da fricção do gerador, das perdas nos enrolamentos e no núcleo (a potência necessária para manter a saída do gerador na voltagem nominal). A potência regenerativa do grupo aparece na Folha de Especificações do grupo gerador recomendado e normalmente é de 10 a 20% da classificação de potência do grupo gerador. (O gerador aciona o motor, que absorve energia através das perdas por fricção.)

EQUIPAMENTO	VOLTAGEM	FREQÜÊNCIA	COMENTÁRIOS
Motores de Indução	+/-10%	+/-5%	A baixa voltagem resulta em torque baixo e no aumento da temperatura. A alta voltagem resulta no aumento do torque e dos ampères de partida.
% de Bobinas e Motores de Partida	+/-10%	N/D	A força de retenção de uma bobina e sua constante de tempo de descarga são proporcionais aos ampères-espiras da bobina. Bobinas menores podem ficar fora destas tolerâncias para quedas transientes. Uma queda transiente de voltagem de 30 a 40% durante mais de 2 ciclos pode provocar a queda da bobina.
Iluminação Incandescente	+10%, -25%	N/D	Voltagem baixa resulta em 65% de luz. Voltagem alta resulta em 50% da vida. Freqüência baixa pode resultar em luz piscante
Iluminação Fluorescente	+/- 10%	N/D	Voltagem alta resulta em superaquecimento.
Iluminação HID	+10%, -20%	N/D	Voltagem baixa resulta em extinção. Voltagem alta resulta em superaquecimento.
UPS Estático	+10%, -15%	+/- 5%	Nenhuma descarga da bateria abaixo de -20% da voltagem. UPS são sensíveis a uma taxa de mudança de freqüência maior que 0,5 Hz/seg (taxa de risco). O superdimensionamento do gerador poderá ser necessário para limitar a distorção harmônica de voltagem.
Acionamento com Freqüência Variável (VFD)	+10%, -15%	+/- 5%	VFDs são sensíveis a uma taxa de mudança de freqüência maior que 1 Hz/seg. O superdimensionamento do gerador poderá ser necessário para limitar a distorção harmônica de voltagem.
Se a voltagem não recuperar em 90%, dispositivos de proteção contra voltagem baixa podem travar, dispositivos contra corrente excessiva podem interromper, motores de partida com voltagem reduzida podem travar ou engripar e motores podem parar ou não ter aceleração aceitável.			

Tabela 3-9. Tolerâncias Típicas de Voltagem e Freqüência

Uma classificação de potência regenerativa insuficiente para a aplicação pode resultar em descida excessivamente rápida de elevadores e sobrerotação do grupo gerador.

NOTA: Cargas regenerativas excessivas podem causar rotação excessiva e desligamento de um grupo gerador. As aplicações mais susceptíveis a este tipo de problema são pequenos edifícios onde o elevador é a maior carga no grupo gerador.

Geralmente, o problema de regeneração pode ser resolvido assegurando-se de que existam outras cargas conectadas para absorver a potência regenerativa. Por exemplo, em pequenos edifícios onde o elevador é a maior carga, a iluminação deve ser transferida para o gerador antes da transferência do elevador. Em alguns casos, podem ser necessários bancos de carga auxiliares com controles dos bancos de carga para ajudar a absorver as cargas regenerativas.

Fator de Potência da Carga (FP): Indutâncias e capacitâncias em circuitos de carga de CA podem fazer que o ponto em que a onda senoidal da corrente passa através de zero fique adiantado ou atrasado em relação ao ponto em que a onda de voltagem passa através de zero. Cargas capacitivas, motores síncronos superexcitados, etc., causam o avanço do fator de potência, onde a corrente fica adiantada em relação à voltagem. O atraso do fator de potência, onde a corrente fica atrasada em relação à voltagem, são os casos mais comuns e resultam da indutância no circuito. O fator de potência é o co-seno do ângulo que a corrente adianta ou atrasa em relação à voltagem, onde um ciclo senoidal completo é de 360 graus. Geralmente, o fator de potência é expresso na forma decimal (0,8) ou como uma porcentagem (80%). O fator de potência é a razão entre kW e kVA. Conseqüentemente:

$$kW = kVA \times PF$$

Note que grupos geradores trifásicos são classificados para cargas com FP 0.8 e grupos geradores monofásicos para cargas com FP 1.0. Cargas que causam fatores de potência mais baixos que aqueles para os quais os geradores são classificados poderão fazer que se recomende um alternador ou um grupo gerador maior para alimentar a carga corretamente.

As cargas reativas que provocam o aumento do fator de potência podem ser problemáticas, causando danos aos alternadores, às cargas ou ao equipamento de proteção. As fontes mais comuns de aumento do fator de potência são sistemas UPS levemente carregados que utilizam filtros de harmônicos na entrada da linha ou dispositivos de correção do fator de potência (bancos de condensadores) utilizados com os motores. As cargas que aumentam o fator de potência devem ser evitadas com grupos geradores. A capacitância do sistema torna-se uma fonte de excitação do gerador e a perda do controle de voltagem poderá tornar-se um problema. Comute sempre os condensadores de correção do fator de potência ligando e desligando o sistema com a carga. Consulte Cargas que Aumentam o Fator de Potência na seção *Projeto Elétrico*.

Cargas Monofásicas e Balanceamento das Cargas: As cargas monofásicas devem estar distribuídas tão uniformemente quanto possível entre as três fases do grupo gerador trifásico, a fim de utilizar plenamente a capacidade do gerador e limitar o desbalanceamento de voltagem. Por exemplo, um desbalanceamento de carga monofásica de apenas 10% pode exigir a limitação da carga trifásica balanceada para não mais de 75% da capacidade nominal. Para ajudar a evitar superaquecimento e falhas prematuras de isolamento em motores trifásicos, o desbalanceamento de voltagem deve ser mantido abaixo do limite em 2% aproximadamente. Consulte Cálculo do Desbalanceamento Permitido em Cargas Monofásicas na seção *Projeto Elétrico*.

4 SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO

Visão Geral

Depois de tomada a decisão sobre o tamanho do grupo gerador e a seqüência da carga, pode ser iniciada a tarefa de escolha do equipamento.

Esta seção trata dos vários equipamentos de grupos geradores para uma instalação completa e funcional. Serão discutidas as características funcionais, os critérios de escolha e os equipamentos opcionais necessários.

Alternadores CA

Voltagem

Voltagem baixa: A aplicação determina em grande parte a voltagem do grupo gerador selecionado. Em aplicações de emergência e standby, a voltagem de saída do gerador normalmente corresponde à voltagem utilizada pelas cargas. Em geral, as voltagens e configurações de conexões utilizadas comercialmente são fornecida como opções padrão pelos fabricantes de alternadores. Algumas voltagens raramente utilizadas podem exigir enrolamentos especiais, os quais podem levar tempos consideráveis para serem produzidos. A maioria dos alternadores tem um ajuste de voltagem de pelo menos $\pm 5\%$ a partir da voltagem nominal especificada para permitir o ajuste aos requisitos especiais do local. Consulte a Tabela de Voltagens e Fontes Utilizadas Mundialmente no *Apêndice B*.

Voltagem média¹: Em aplicações de energia prime ou de carga básica, ou quando as condições gerais da aplicação forem favoráveis, os grupos geradores para voltagens médias (maior que 600 volts) são utilizados com maior freqüência. Geralmente, as voltagens médias devem ser consideradas quando a saída exceder 2.000 ampères em um gerador de voltagem baixa. Um outro critério que conduz ao uso de voltagem média é o tamanho/capacidade do equipamento de comutação de energia e a quantidade de condutores necessários em função da voltagem baixa. Embora os equipamentos para voltagem média sejam mais caros, os condutores necessários (da ordem de 10 a 20

vezes menos amperagem) combinados com a redução de conduítes, estruturas de suporte e tempo de instalação, podem compensar o custo mais alto do alternador.

Isolamento e Classificações

Geralmente, os alternadores na faixa entre 20 kW a 2.000 kW possuem isolamento de enrolamentos nas Classes NEMA F ou H. O isolamento Classe H é projetado para suportar temperaturas mais altas do que a Classe F. As classificações dos alternadores estão relacionadas com os limites de temperaturas elevadas. Os alternadores com isolamento Classe H têm classificações de saída em kW e kVA que se situam dentro das classes de temperaturas elevadas de 80° C, 105° C, 125° C e 150° C acima de uma temperatura ambiente de 40° C. Um alternador operado em sua classificação de 80° C terá uma vida mais longa do que em suas classificações de temperaturas mais elevadas. Os alternadores classificados com uma temperatura máxima mais baixa para uma dada classificação de grupo gerador resultarão em melhoria da partida do motor, menor ocorrência de quedas de voltagem, maior capacidade de carga não-linear ou desbalanceada, bem como uma maior capacidade contra falhas de corrente. A maioria dos grupos geradores da Cummins Power Generation possui mais do que um tamanho de alternador disponível, possibilitando sua utilização em uma ampla faixa de aplicações.

Muitos alternadores para um grupo gerador específico terão várias classificações como 125/105/80 (S,P,C). Isto quer dizer que o alternador escolhido irá operar dentro de um limite diferente de temperatura dependendo da classificação do grupo gerador, ou seja, o mesmo permanecerá dentro da temperatura limite de 125° C na classificação Standby, dentro do limite de 105° C na classificação Prime e dentro do limite de 80° C na classificação Contínua.

Enrolamentos e Conexões

Os alternadores são fornecidos em várias configurações de enrolamentos e de conexões. Entender a terminologia utilizada ajudará na escolha para uma determinada aplicação.

¹ Alternadores para voltagens médias são disponíveis nos produtos da Cummins Power Generation classificados para 750 kW e maiores.

Reconectável: Muitos alternadores são projetados com cabos individuais de saída dos enrolamentos das fases separadas e que podem ser reconectados em configurações de Estrela ou Triângulo. Estes são chamados comumente de alternadores com 6 cabos. Em geral, alternadores reconectáveis possuem seis enrolamentos separados, dois em cada fase, que podem ser reconectados em série ou em paralelo e em configurações de estrela ou triângulo. Estes são chamados de reconectáveis com 12 cabos. Estes alternadores são produzidos principalmente com fins de flexibilidade e eficiência de fabricação e são conectados e testados pela fábrica na configuração desejada.

Faixa Ampla: Alguns alternadores são projetados para produzir uma ampla faixa de voltagens nominais de saída tais como uma faixa de 208 a 240 ou de 190 a 220 volts com apenas um ajuste do nível de excitação. Quando combinados com o recurso de reconexão, estes são chamados de **Reconectáveis de Faixa Ampla**.

Faixa Estendida: Este termo refere-se a alternadores projetados para produzir uma faixa de voltagens mais abrangente do que a faixa ampla. Onde uma faixa ampla pode produzir nominalmente 416-480 volts, uma faixa estendida pode produzir 380-480 volts.

Faixa Limitada: Como o próprio nome sugere, os alternadores de faixa limitada possuem um ajuste muito limitado de faixa de voltagem nominal (por exemplo 440-480 volts) ou podem ser projetados para produzir apenas uma voltagem nominal e conexão específicas, como 480 volts em Estrela.

Maior Capacidade de Partida do Motor: Este termo é usado para descrever um alternador maior ou com características de enrolamentos especiais para uma capacidade maior de corrente de partida do motor. Entretanto, como dito anteriormente, uma capacidade maior de partida do motor também pode ser obtida com um alternador de limite mais baixo de elevação de temperatura.

Fundamentos e Excitação

É desejável algum conhecimento sobre os fundamentos de geradores de CA e dos sistemas de excitação dos geradores em relação à resposta a cargas transientes, interação do regulador de voltagem com a carga e a resposta do sistema de excitação às falhas de saída do gerador.

Um gerador converte a energia mecânica de rotação em energia elétrica. O gerador consiste essencialmente de um rotor e de um induzido, como mostrado na seção em corte da **Figura 4-1**. O rotor transporta o campo do gerador (mostrado como quatro pólos), o qual é girado pelo motor. O campo é energizado por uma fonte de CC chamada de excitador, a qual é conectada aos terminais “+” e “-” dos enrolamentos do campo. O gerador é construído de tal forma que as linhas de força do campo magnético cortam perpendicularmente os enrolamentos do induzido quando o motor gira o rotor, induzindo voltagem nos elementos do enrolamento do induzido. A voltagem em um elemento do enrolamento é invertida toda vez que a polaridade é mudada (duas vezes a cada rotação em um gerador de quatro pólos).

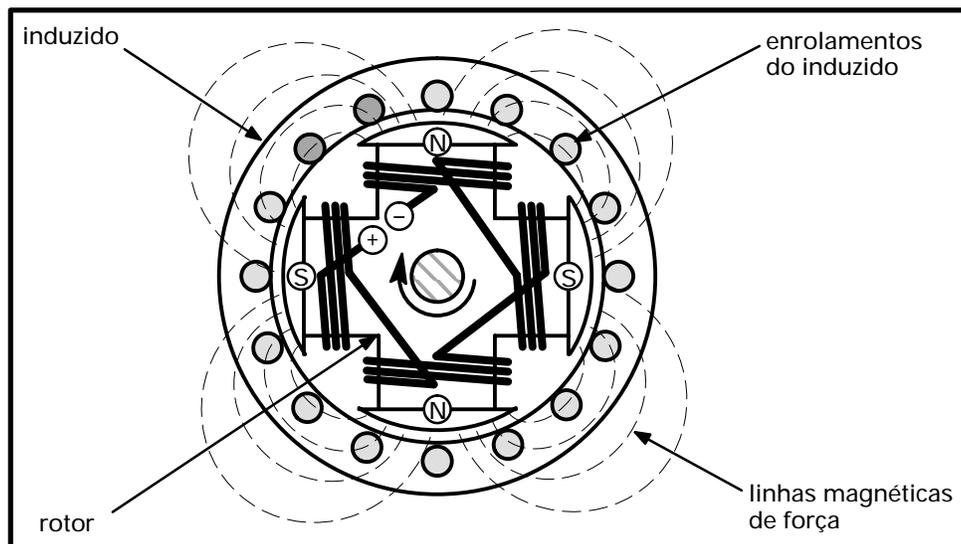


Figura 4-1. Seção Transversal de um Gerador de 4 Pólos

Normalmente, um gerador tem quatro vezes mais “bornes de enrolamento” do que o mostrado e é “enrolado” para obter uma saída senoidal, alternante, monofásica ou trifásica.

A voltagem induzida em cada elemento do enrolamento depende da intensidade do campo (que pode ser representada por uma densidade maior das linhas de força), da velocidade com que as linhas de força cortam os elementos do enrolamento (rpm), e do “comprimento do enrolamento”. Assim, para variar a voltagem de saída de um gerador de um determinado tamanho e sua rotação de funcionamento, é necessário variar a intensidade do campo. Isto é feito pelo regulador de voltagem, que controla a saída de corrente do excitador.

Os geradores são equipados com sistemas de excitação auto-excitados ou excitados separadamente (PMG).

Geradores Auto-excitados: O sistema de excitação de um gerador auto-excitado é alimentado através do regulador automático de voltagem (AVR), recebendo a alimentação (ponte) a partir da saída do gerador. O regulador de voltagem analisa a voltagem e a frequência de saída do gerador, compara as mesmas com valores de referência e então fornece uma saída de CC regulada ao excitador dos enrolamentos do campo. O campo do excitador induz uma saída de CA no rotor do excitador, o qual gira no eixo do gerador acionado pelo motor. A saída do excitador é retificada pelos diodos giratórios, também no eixo do gerador, para fornecer a CC para o rotor principal (campo do gerador). O regulador de voltagem aumenta ou diminui a corrente do excitador à medida que detecta mudanças na

voltagem e na frequência de saída resultantes da mudança de carga, aumentando ou diminuindo a intensidade do campo do gerador. A saída do gerador é diretamente proporcional à intensidade do campo. Veja a **Figura 4-2**.

Normalmente, um sistema de excitação de um gerador auto-excitado é o sistema menos dispendioso disponível a partir de um fabricante. O mesmo proporciona bom serviço sob todas as condições de funcionamento quando o grupo gerador for dimensionado apropriadamente para a aplicação. A vantagem de um sistema auto-excitado sobre um sistema excitado separadamente é que o sistema auto-excitado é inerentemente auto-protetor sob condições de curto-circuito simétrico porque o campo “colapsa”. Devido a isto, um disjuntor da linha principal para a proteção do gerador e dos condutores no primeiro nível de distribuição pode não ser considerado necessário, além de reduzir o custo instalado do sistema.

As desvantagens de um sistema auto-excitado são:

- Pode ser necessário selecionar um gerador maior para um desempenho mais aceitável de partida do motor.
- As máquinas auto-excitadas contam com o magnetismo residual para energizar o campo. Se o magnetismo residual não for suficiente, será necessário “alimentar instantaneamente” o campo com uma fonte de CC.
- O mesmo poderá não sustentar as correntes de falha o tempo suficiente para desarmar os disjuntores.

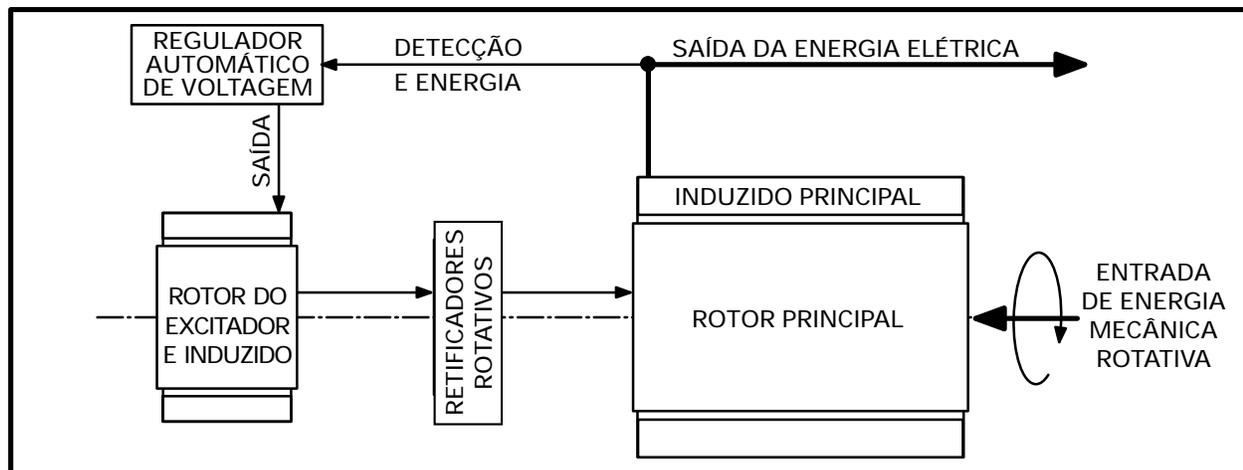


Figura 4-2. Gerador Auto-excitado

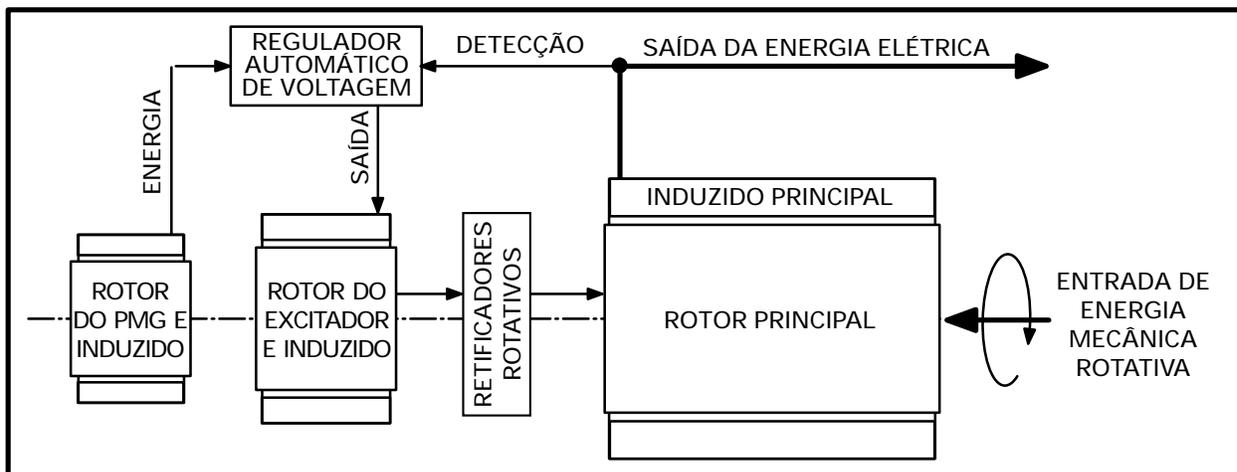


Figura 4-3. Gerador Excitado Separadamente (PMG)

Geradores Excitados Separadamente: O sistema de excitação de um gerador excitado separadamente é similar ao de um gerador auto-excitado exceto pelo fato de que um gerador com ímã permanente (PMG) localizado na extremidade do eixo do gerador principal alimenta o regulador de tensão. Veja a **Figura 4-3**. Por ser uma fonte separada de energia, o circuito de excitação não é afetado pelas cargas no gerador. O gerador é capaz de sustentar duas ou três vezes a corrente nominal cerca de dez segundos. Por isso, recomendamos os sistemas de excitação de geradores excitados separadamente para aplicações que requerem melhor capacidade de partida do motor, bom desempenho com cargas não-lineares ou desempenho em curtos-circuitos prolongados.

Com este sistema de excitação é necessário proteger o gerador contra condições de falha uma vez que ele pode operar continuamente até ser irremediavelmente danificado. O Sistema de Controle PowerCommand com AmpSentry™ oferece esta proteção regulando a corrente de curto-circuito sustentado e desligando o grupo gerador se a corrente de falha persistir antes que o alternador seja danificado. Consulte a seção *Projeto Elétrico* para mais detalhes.

Carga Transiente: Independentemente do tipo de sistema de excitação, um grupo gerador é uma fonte limitada de energia tanto em termos de potência do motor (kW) quanto de volts-ampères do gerador (kVA). Por isso, as mudanças de carga causarão oscilações transientes de tensão e de frequência. A magnitude e a duração destas oscilações são afetadas principalmente pelas características da carga

e pelo tamanho do alternador em relação à carga. Um grupo gerador é uma fonte de impedância relativamente alta quando comparado com um transformador típico da empresa fornecedora de energia.

A **Figura 4-4** mostra um perfil típico de tensão em aplicação e remoção de cargas. No lado esquerdo do gráfico, o estado de tensão estável sem carga está sendo regulado em 100% da tensão nominal. Quando é aplicada uma carga, ocorre imediatamente uma queda de tensão. O regulador de tensão detecta a queda de tensão e responde aumentando a corrente de campo para retornar à tensão nominal. O tempo de recuperação da tensão é a duração entre a aplicação da carga e o retorno da tensão à faixa de tensão regulada (mostrada como $\pm 2\%$). Normalmente, as faixas iniciais de queda de tensão variam entre 15 a 45% da tensão nominal quando 100% da carga classificada do grupo gerador (com FP 0,8) é conectada em um único passo. A retomada ao nível de tensão nominal ocorre entre 1 a 10 segundos dependendo da natureza da carga e do projeto do grupo gerador.

A diferença mais significativa entre um grupo gerador e a energia da concessionária (principal) é que quando uma carga é aplicada subitamente na rede da concessionária, em geral não há variação de frequência. Quando são aplicadas cargas em um grupo gerador, a rpm (frequência) da máquina é reduzida. A máquina deve detectar a mudança na rotação e reajustar sua taxa de combustível para regular em seu novo nível de carga.

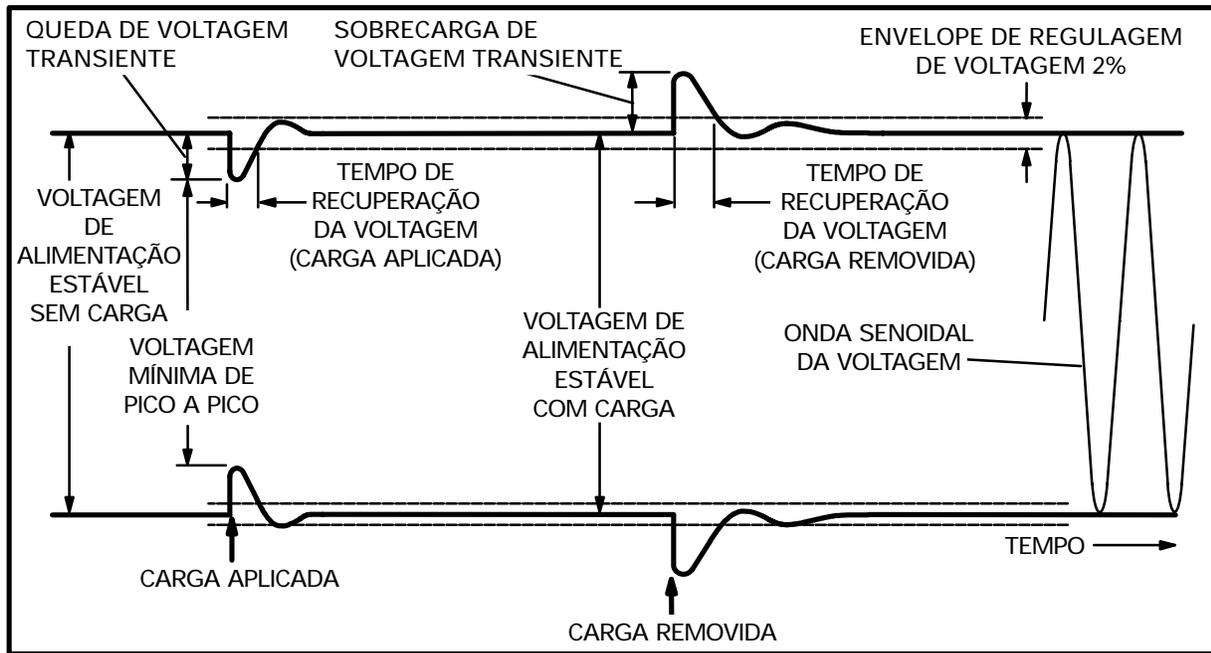


Figura 4-4. Perfil Típico de Tensão em Aplicação e Remoção de Carga

Até que sejam obtidas uma nova carga e taxa de combustível adequadas, a frequência será diferente da nominal. Normalmente, a queda de frequência varia entre 5 a 15% da frequência nominal quando 100% da carga nominal é adicionada em um único passo. A recuperação pode levar vários segundos.

Nota: Nem todos os grupos geradores são capazes de aceitar um bloco de carga de 100% em um único passo.

O desempenho de grupos geradores varia devido às diferenças nas características do regulador de tensão, resposta do governador, projeto do sistema de combustível quanto à aspiração do motor (natural ou turbocomprimido) e como os motores são combinados. Um fator importante no projeto de um grupo gerador é a limitação das oscilações de tensão e frequência em níveis aceitáveis.

Curvas de Saturação do Gerador: As curvas de saturação do gerador mostram a tensão de saída do gerador para as várias cargas à medida que é modificada a corrente no enrolamento do campo. Para o gerador típico mostrado, a curva **A** de saturação sem carga intersecciona a linha da tensão nominal do grupo gerador quando a corrente do campo for aproximadamente 18 ampères. Em outras palavras, cerca de 18 ampères de corrente de campo são necessários para manter a tensão nominal de saída do gerador sem carga.

A curva **B** de saturação com carga plena mostra que aproximadamente 38 ampères da corrente de campo são necessários para manter a tensão nominal de saída do gerador quando o fator de potência com carga plena é 0,8. Veja a **Figura 4-5**.

Resposta do Sistema de Excitação: A corrente de campo não pode ser modificada instantaneamente em resposta à mudança de carga. O regulador, o campo do excitador e o campo principal todos têm constantes de tempo que devem ser adicionadas. O regulador de tensão tem uma resposta relativamente rápida, enquanto o campo principal tem uma resposta significativamente mais lenta do que o campo do excitador porque ele é muitas vezes maior. Deve-se notar que a resposta de um sistema auto-excitado será aproximadamente igual a de um sistema excitado separadamente porque as constantes de tempo para os campos principal e do excitador são fatores significativos a este respeito e são comuns a ambos os sistemas.

A intensidade do campo é projetada considerando-se todos os componentes do sistema de excitação para otimizar o tempo de retomada. Ela deve ser suficiente para minimizar o tempo de retomada, mas não tanto a ponto de provocar instabilidade (ultrapassar) ou superar o motor (o qual é uma fonte limitada de energia). Veja a **Figura 4-6**.

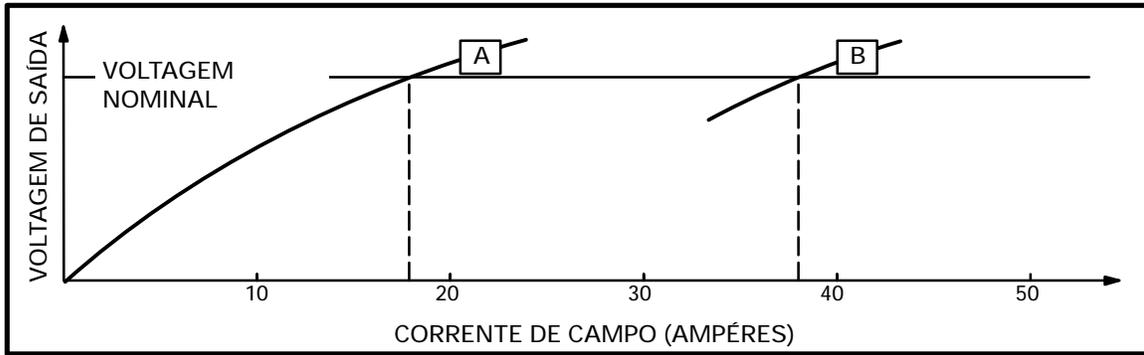


Figura 4-5. Curvas Típicas de Saturação do Gerador

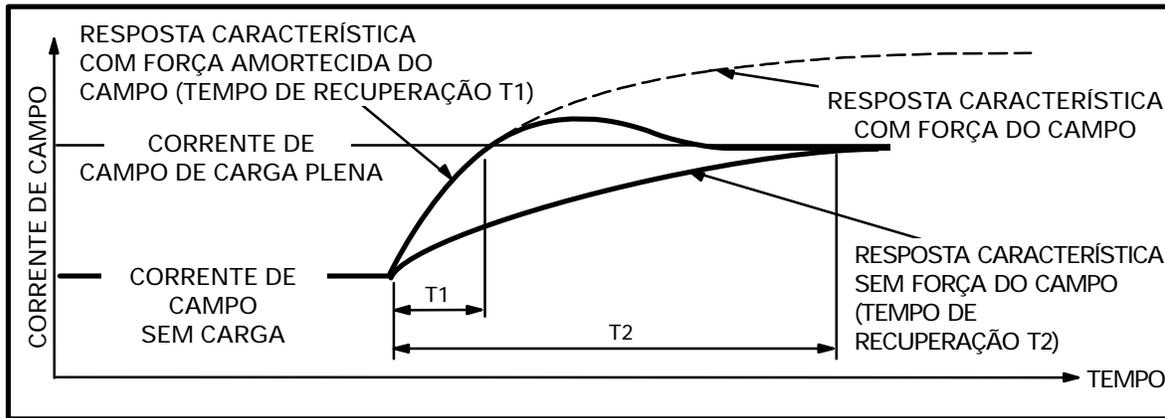


Figura 4-6. Características de Resposta do Sistema de Excitação

Resposta à Partida do Motor: Quando se dá partida em motores, ocorre uma queda de tensão que consiste principalmente de uma queda de tensão instantânea mais a queda de tensão resultante da resposta do sistema de excitação. A **Figura 4-7** ilustra estes dois componentes que juntos representam a queda de tensão transitória. A queda de tensão instantânea é simplesmente o produto da corrente com o rotor do motor travado pela reatância subtransiente do grupo gerador. Esta ocorre antes que o sistema de excitação possa responder com o aumento da corrente de campo e, conseqüentemente, não é afetada pelo tipo de sistema de excitação. Esta queda de tensão inicial pode ser seguida por queda posterior causada pela função de “casamento de torque” do regulador de tensão que reduz a tensão para descarregar o motor se este detectar uma redução significativa da rotação. Um grupo gerador deve ser projetado para otimizar o tempo de retomada e ao mesmo tempo evitar instabilidade ou tração do motor.

kVA com Rotor Travado: A corrente de partida do motor (rotor travado) é aproximadamente seis vezes a corrente nominal e não é reduzida significativamente até o motor aproximar da rotação nominal como mostra a **Figura 4-8**. Esta grande corrente “momentânea” do motor causa a queda de tensão do gerador. Além disso, a potência do motor necessária para a partida atinge aproximadamente três vezes a potência nominal do motor quando este atinge cerca de 80% da rotação nominal. Se o motor não tiver três vezes a potência nominal do motor na partida, o regulador de tensão reduzirá a tensão do gerador para descarregar o motor a um nível que ele possa suportar. Enquanto o torque do motor for maior que o torque da carga durante o período de aceleração, o motor será capaz de acelerar a carga até a rotação máxima. A retomada para 90% da tensão nominal (81% do torque do motor) geralmente é aceitável pois resulta em apenas um leve aumento no tempo de aceleração do motor.

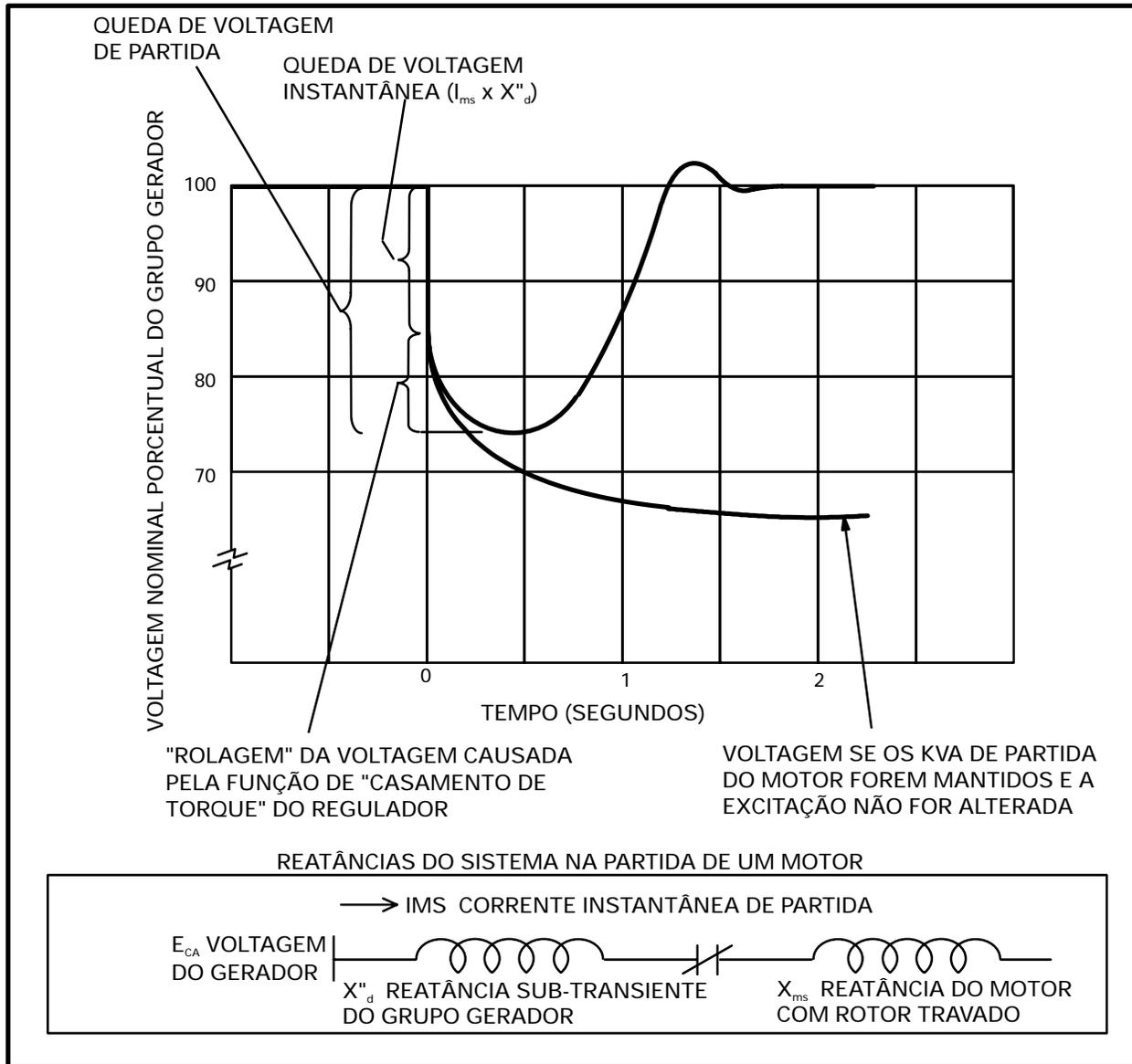


Figura 4-7. Queda de Voltagem Transiente

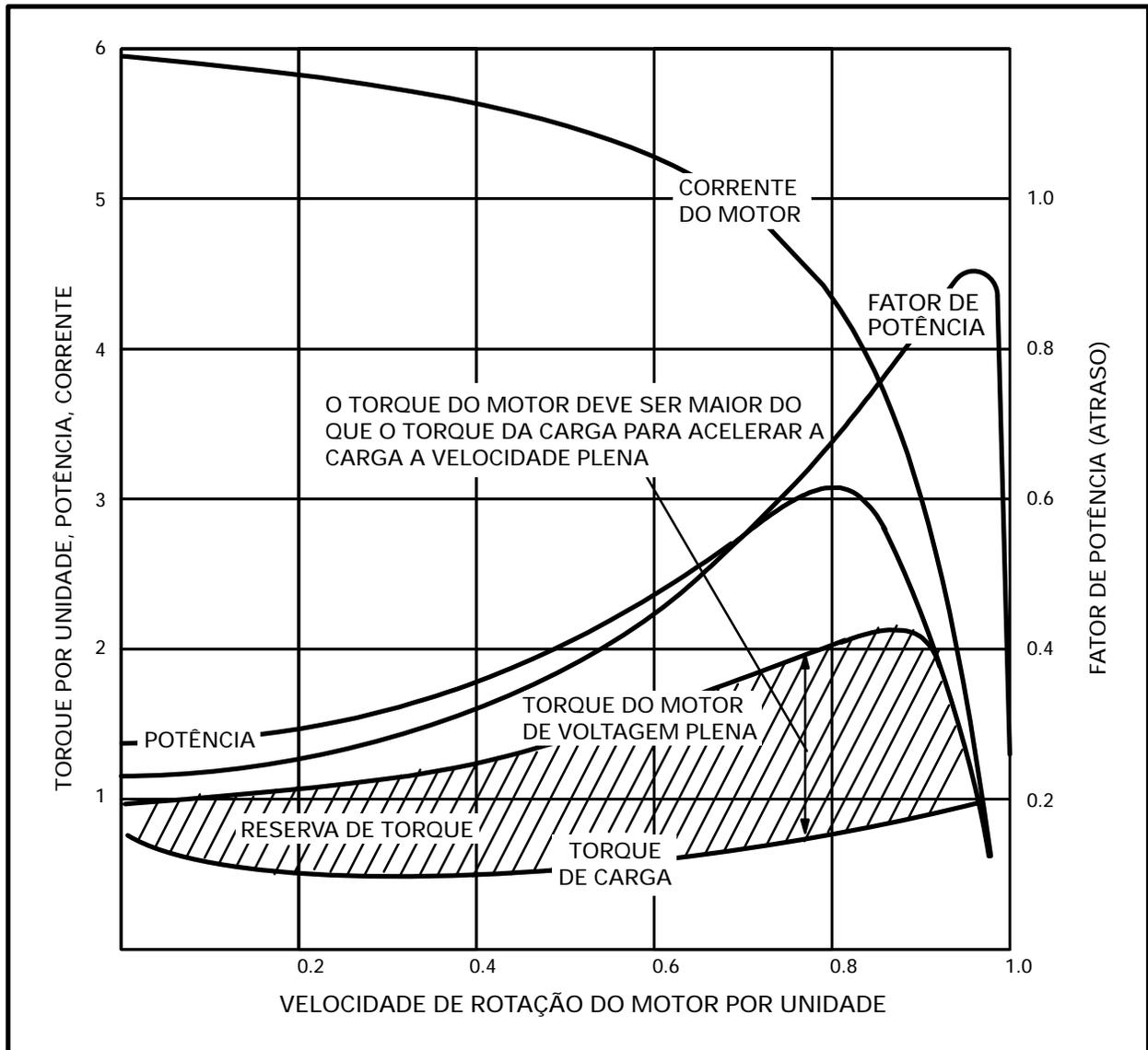


Figura 4-8. Características Típicas de Partida do Motor Através da Linha
(Assume 100% da Tensão Nominal nos Terminais do Motor)

Queda de Tensão Sustentada: Após um tempo relativamente curto (normalmente menos de 10 ciclos mas de até vários segundos), o passo de queda de tensão transiente é um período sustentado de retomada de tensão como mostra a **Figura 4-9**. O máximo de kVA para a partida do motor na Folha de Especificações do grupo gerador é o máximo em kVA que o gerador pode

sustentar e ainda retomar até 90% da tensão nominal, como mostra a **Figura 4-10**. Deve-se notar que este é o desempenho combinado do alternador, excitador e AVR somente. O desempenho de partida de motor de um determinado grupo gerador depende do motor, do governador e do regulador de tensão, bem como do gerador.

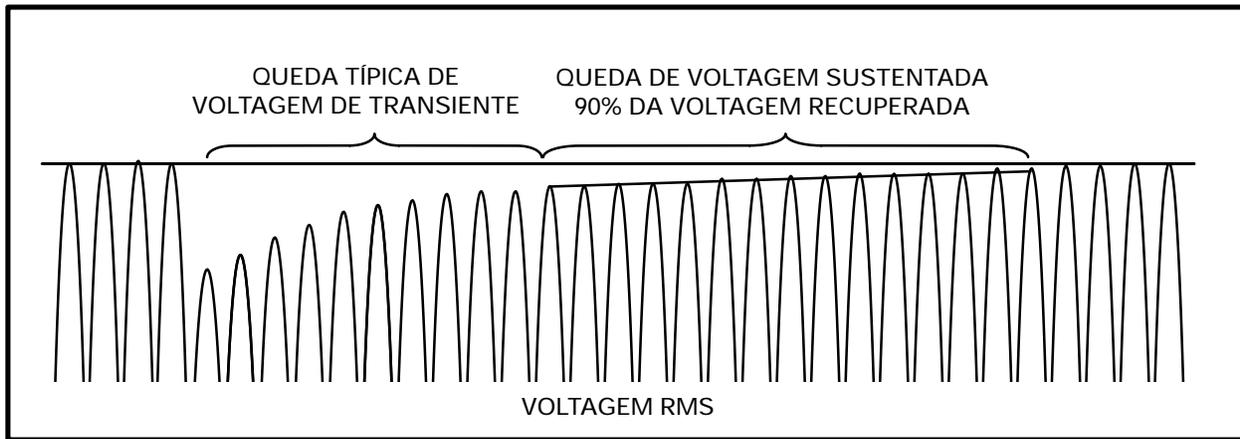


Figura 4-9. Queda de Tensão Sustentada

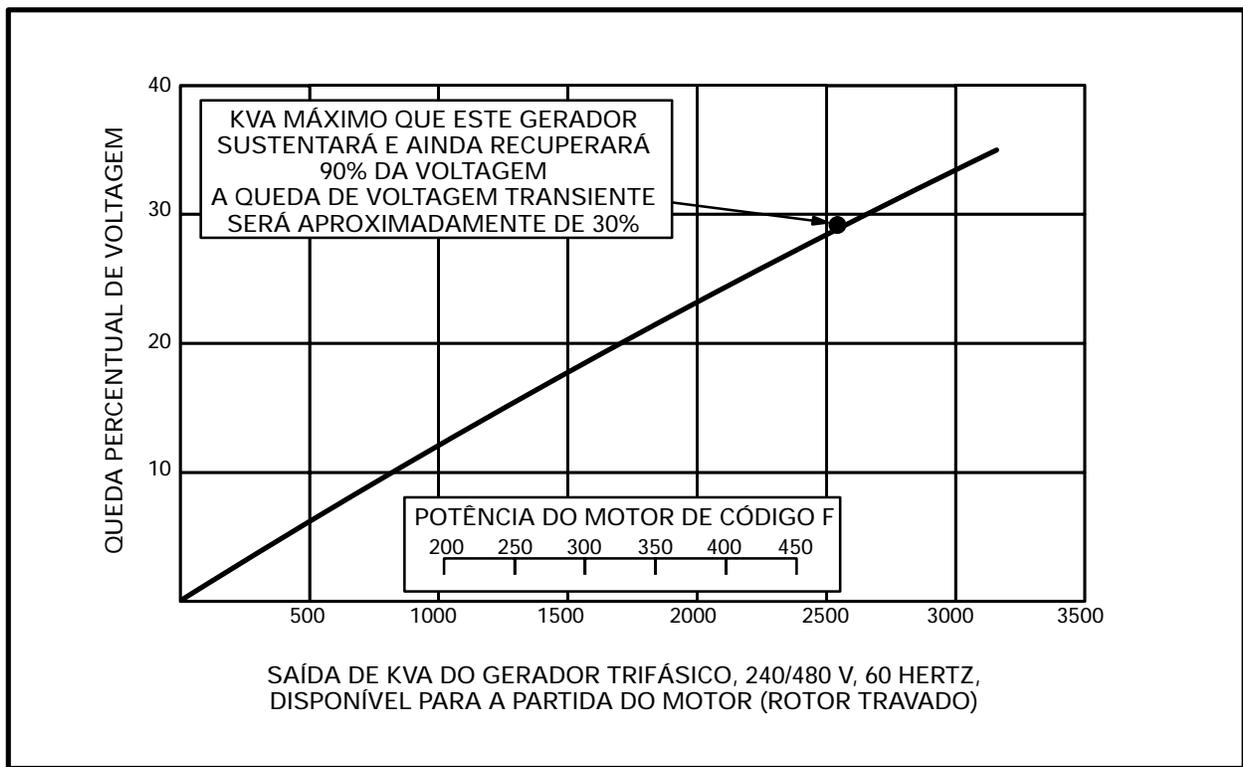


Figura 4-10. Gráfico Típico NEMA de Gerador da Queda de Tensão Transiente em função do kVA de Partida do Motor

Resposta à Falha: A resposta à falha de curto-circuito de geradores auto-excitados e excitados separadamente é diferente. Um gerador auto-excitado é chamado de gerador de “campo colapsante” porque o campo colapsa quando os terminais de saída do gerador estão em curto (3 fases em curto ou L-L em curto através da separação de fases). Um gerador excitado separadamente pode sustentar o campo do gerador durante um curto-circuito porque a excitação é fornecida por um gerador de ímã permanente separado. A **Figura 4-11** mostra a resposta de corrente

típica de curto-circuito simétrica entre as três fases de geradores auto-excitados e excitados separadamente. A corrente inicial do curto-circuito é nominalmente 8 a 10 vezes a corrente nominal do gerador e é uma função recíproca da reatância subtransiente do gerador, $1/X''_d$. Para os primeiros poucos ciclos (A), praticamente não há diferença entre as respostas de geradores auto-excitados e excitados separadamente uma vez que eles seguem a mesma curva de redução da corrente de curto-circuito à medida que a energia do campo é dissipada.

Após os primeiros poucos ciclos (B), um gerador auto-excitado continuará a seguir a curva de redução de curto-circuito até a corrente ser praticamente zero. Para um gerador excitado separadamente, como a energia do campo é derivada independentemente, ele pode sustentar 2,5 a 3 vezes a corrente nominal com uma falha aplicada nas 3 fases. Este nível de corrente pode ser mantido durante aproximadamente 10 segundos sem danos ao alternador.

A **Figura 4-12** é uma outra forma de visualizar a diferença na resposta para uma falha trifásica. Se o gerador for auto-excitado, a voltagem e a corrente “colapsarão” em zero quando a corrente for aumentada além do joelho da curva. Um gerador excitado separadamente pode sustentar um curto-circuito direto porque ele não depende da voltagem de saída do gerador para a energia de excitação.

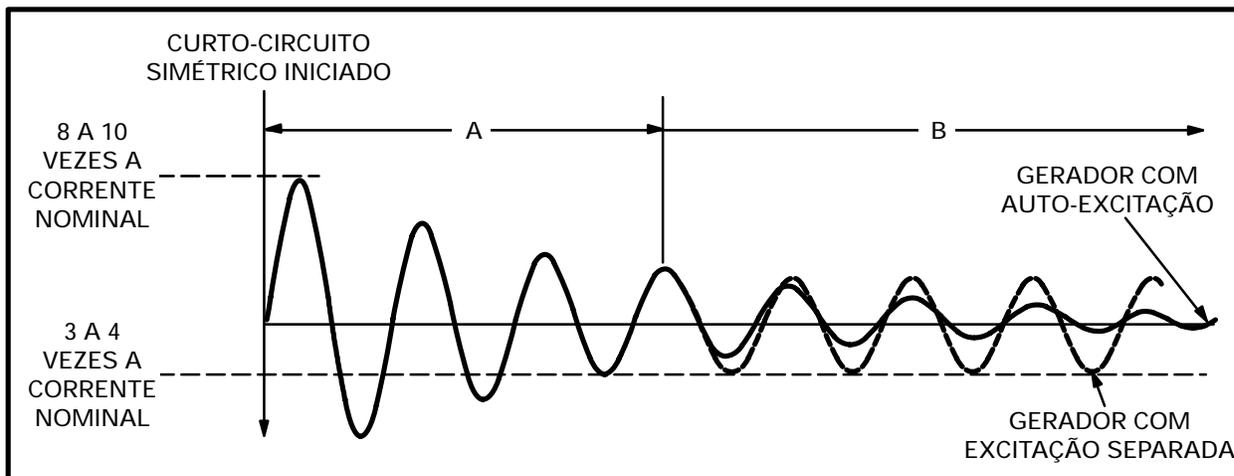


Figura 4-11. Resposta de Curto-circuito Simétrico entre as Três Fases

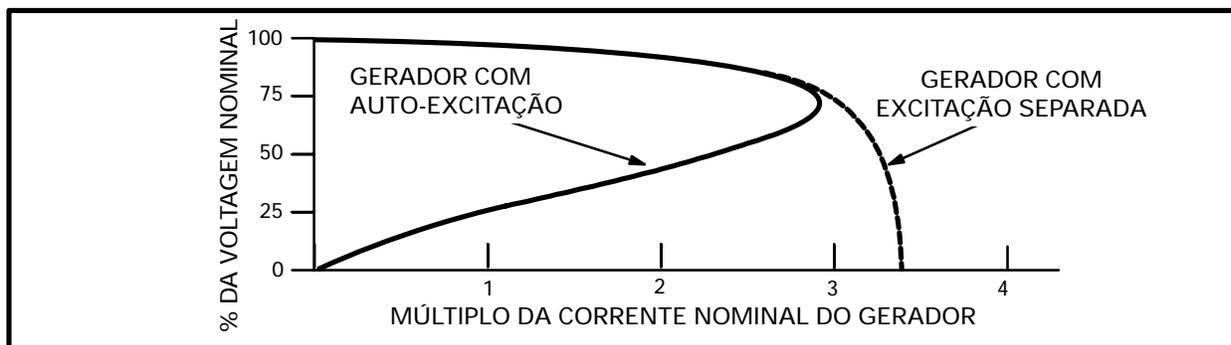


Figura 4-12. Capacidade de Curto-circuito

Temperaturas dos Enrolamentos em Curto-circuito: O problema a ser considerado na manutenção da corrente de curto-circuito é que o gerador pode ser danificado antes que um disjuntor desarme para eliminar a falha. As correntes de curto-circuito podem superaquecer rapidamente os enrolamentos do induzido do gerador. Por exemplo, um L-N desbalanceado em curto num gerador excitado separadamente, projetado para sustentar três vezes a corrente nominal, resulta em uma corrente cerca de 7,5 vezes a corrente nominal. Nesse nível de corrente,

assumindo-se uma temperatura inicial do enrolamento de aproximadamente 155° C, os enrolamentos podem chegar a 300° C em menos de cinco segundos – a temperatura aproximada na qual ocorrerão imediatamente danos permanentes nos enrolamentos. Um L-L desbalanceado em curto leva poucos segundos a mais para que a temperatura dos enrolamentos atinja 300° C, e uma trifásica balanceada em curto leva um pouco mais. Veja a **Figura 4-13**. Consulte também Proteção do Alternador na seção *Projeto Elétrico*.

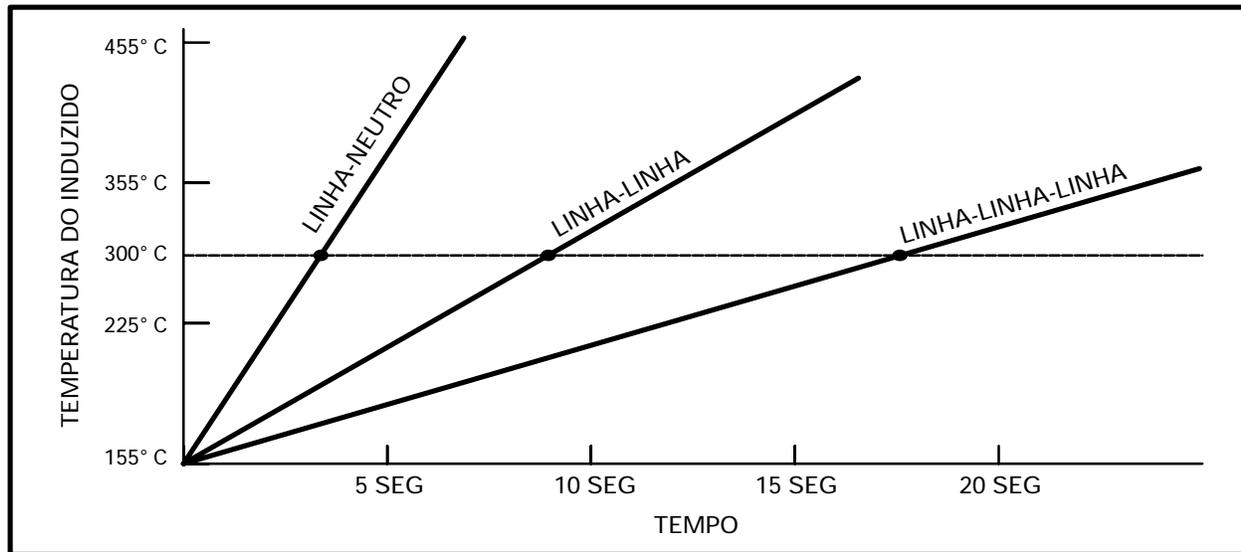


Figura 4-13. Temperaturas Aproximadas dos Enrolamentos em Curto-circuito

Como o leitor pode ver a partir desta extensa subseção sobre fundamentos e excitação, apenas duas formas básicas de sistemas de excitação influenciam uma ampla variedade de características de desempenho. Funcionamento em modo estável, condições transientes, partida de motor, resposta a falhas, etc., são afetados por este sistema. Estes efeitos nas características são importantes nos estudos de desempenho do sistema. Veja abaixo um breve resumo das diferentes características dos sistemas auto-excitado e excitado separadamente.

- Auto-excitado
 - Quedas Maiores de Voltagem
 - Campo Colapsante
 - Detecção Média Monofásica
 - Menor Tolerância a Cargas Não-lineares
 - Menor Capacidade de Partida de Motor
- Excitado separadamente
 - Quedas Menores de Voltagem
 - Corrente de Falha Sustentada
 - Detecção RMS Trifásica
 - Melhor Imunidade a Cargas Não-lineares
 - Melhor Partida de Motores

Motores

Governadores

Governadores Mecânicos: Os governadores mecânicos, como o nome sugere, controlam o fornecimento de combustível ao motor com base na detecção mecânica da rotação do motor através de contrapesos ou mecanismos similares. Estes sistemas apresentam aproximadamente 3 a 5% de corte de rotação entre uma condição sem carga e com carga plena inerente no projeto. Este tipo de sistema geralmente é o mais barato e adequado para aplicações onde o corte de frequência não é um problema para as cargas sendo alimentadas. Alguns grupos geradores são fornecidos com o governador mecânico opcional.

Governadores Eletrônicos: Os governadores eletrônicos são usados em aplicações onde é exigido o governo isócrono (queda zero) ou onde são especificados equipamentos de sincronização ativa e paralelismo. A RPM do motor normalmente é detectada por um sensor eletromagnético e o fornecimento de combustível para o motor é controlado por solenóides acionados por circuitos eletrônicos. Estes circuitos, sejam controladores auto-contidos ou parte do

microprocessador controlador do grupo gerador, utilizam algoritmos sofisticados para manter o controle preciso da rotação (e conseqüentemente da freqüência). Com os governadores eletrônicos, a retomada de passos de carga transiente dos grupos geradores é mais rápida do que com os governadores mecânicos. Os governadores eletrônicos devem sempre ser utilizados quando as cargas incluem equipamento UPS.

Motores modernos, especialmente motores diesel com sistemas eletrônicos de injeção de combustível, são os únicos disponíveis com sistemas eletrônicos de governo. Os requisitos de demanda ou regulagem para atingir o aumento da eficiência do combustível, baixas emissões de escape e outras vantagens requerem o controle preciso oferecido por estes sistemas.

Sistemas de Partida de Motores

Partida com Bateria: Os sistemas de partida com bateria de grupos geradores geralmente usam 12 ou 24 volts. Em geral, os grupos menores utilizam sistemas de 12 volts e as máquinas maiores usam sistemas de 24 volts. A **Figura 4-14** ilustra as conexões típicas da bateria com o motor de partida. Considere o seguinte ao escolher ou dimensionar as baterias e os equipamentos relacionados:

- As baterias devem ter capacidade suficiente (APF, Ampères de Partida a Frio) para fornecer a corrente para o giro do motor, indicada na Folha de Especificações do grupo gerador recomendado. As baterias podem ser tanto de chumbo-ácido quanto de níquel-cádmio. As mesmas devem ter sido projetadas para este uso e ter sido aprovadas pelas autoridades locais.
- Um alternador acionado por motor com regulador de voltagem automático integrado é fornecido normalmente para recarregar as baterias durante o funcionamento.

- Para a maioria dos sistemas de energia através de grupos geradores, um carregador de bateria, tipo líquida, alimentado pela fonte normal de energia, é desejável ou exigido para manter as baterias plenamente carregadas quando o grupo gerador não estiver funcionando. Os carregadores de bateria líquida são exigidos para sistemas standby de emergência.
- As normas geralmente especificam um tempo máximo de carga da bateria. A seguinte regra prática pode ser utilizada para dimensionar os carregadores de baterias auxiliares:

$$\text{Corrente Necessária para a Carga da Bateria} = \frac{1.2 \times \text{Amp-Hora da Bateria}}{\text{Horas Necessárias de Carga}}$$

- As normas locais podem exigir aquecedores para manter uma temperatura mínima da bateria de 10° C (50° F) se o grupo gerador estiver sujeito a temperaturas ambiente de congelamento. Consulte informações complementares em Acessórios e Opções (nesta seção), Dispositivos de Aquecimento Standby para Grupos geradores.
- Os grupos geradores normalmente incluem cabos de bateria e bandejas para bateria são disponíveis.

Distribuição das Baterias de Partida: Se as baterias forem montadas a uma distância do motor de partida maior que o comprimento normal dos cabos, estes deverão ser projetados de acordo com essa distância. A resistência total dos cabos mais as conexões não deverá resultar em uma queda excessiva de voltagem entre a bateria e o motor de partida. As recomendações para o motor são que a resistência total do circuito de partida mais a dos cabos e conexões não exceda 0,00075 ohms para sistemas de 12 volts e 0,002 ohms para sistemas de 24 volts. Veja o seguinte exemplo de cálculo.

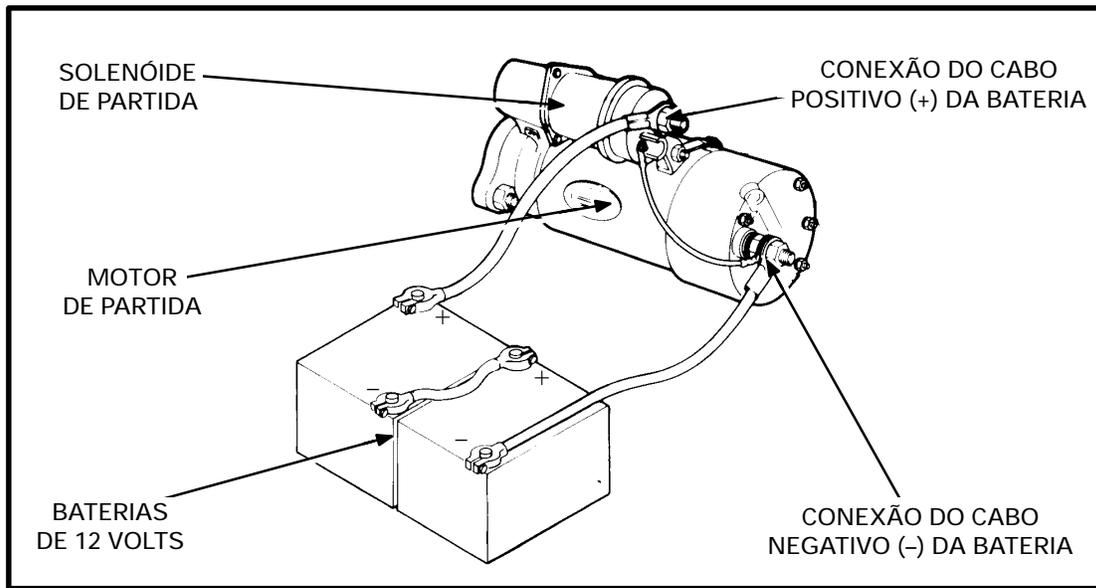


Figura 4-14. Conexões Típicas do Motor de Partida Elétrico (Mostrado um Sistema de 24 Volts)

Exemplo de Cálculo: Um grupo gerador possui um sistema de partida de 24 VCC, alimentado por duas baterias de 12 volts em série (*Figura 4-14*). O comprimento total dos cabos é de 375 polegadas (9,52 m), incluindo o cabo entre as baterias. Existem seis conexões de cabos. Calcule a bitola dos cabos necessários como segue:

1. Assuma uma resistência de 0,0002 ohms para o contato do solenóide do motor de partida (R_{CONTATO}).
2. Assuma uma resistência de 0,00001 ohms para cada conexão de cabo ($R_{\text{CONEXÃO}}$), num total de seis.
3. Com base na fórmula que:
 - Resistência Máxima Permitida do Cabo

$$= 0,002 - R_{\text{CONEXÃO}} - R_{\text{CONTATO}}$$

$$= 0,002 - 0,0002 - (6 \times 0,00001)$$

$$= 0,00174 \text{ ohms}$$
4. Veja a **Figura 4-15** para as resistências dos cabos AWG (Bitola Americana de Cabos). Neste exemplo, como mostram as linhas pontilhadas, a menor bitola de cabo que pode ser utilizada é 2 cabos No. 1/0 AWG em paralelo.

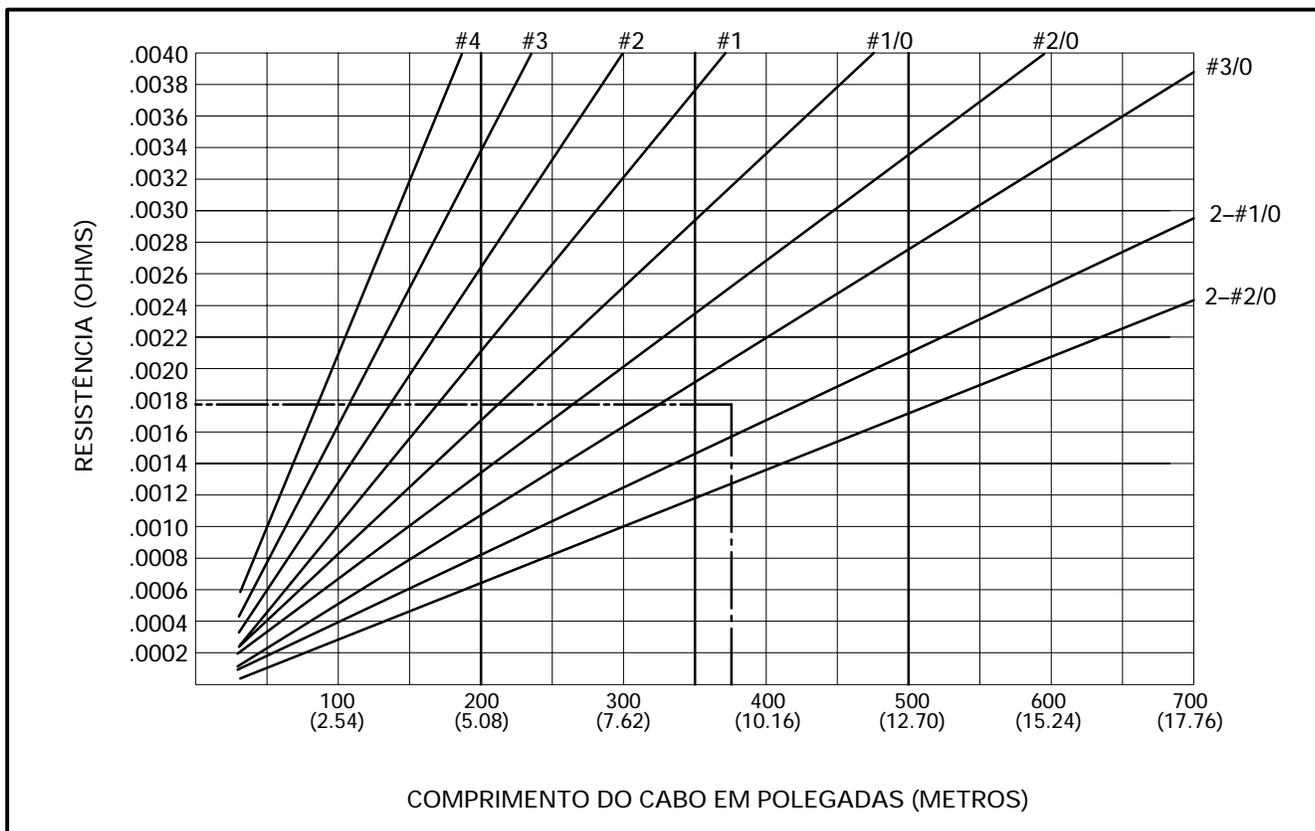


Figura 4-15. Resistência vs. Comprimento para Vários Tamanhos de Cabos AWG

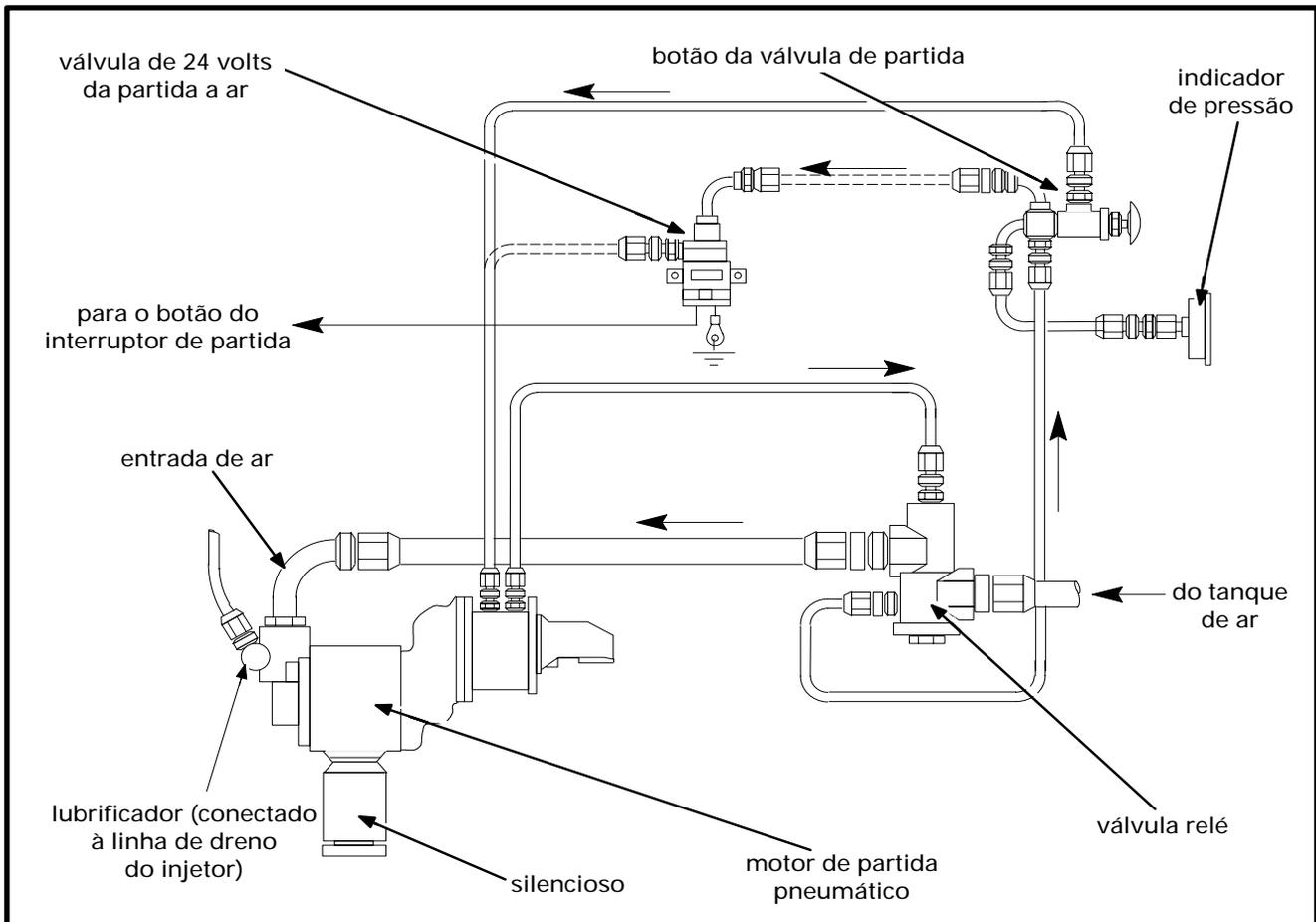


Figura 4-16. Arranjo Típico de Tubulação para um Motor de Partida a Ar

Partida com Ar Comprimido: Os sistemas de partida do motor com ar comprimido estão disponíveis para alguns grupos geradores maiores. A partida a ar pode ser indicada para algumas aplicações de energia Prime desde que o ar comprimido esteja prontamente disponível. A **Figura 4-16** mostra um arranjo típico de tubulação para um sistema de motor de partida a ar. Considere os itens abaixo para determinar os equipamentos necessários para a instalação de um sistema de partida a ar:

- O fabricante do motor deverá ser consultado quanto à recomendações relativas à bitola da mangueira de ar e o volume mínimo exigido do tanque para cada segundo de partida. O tamanho do tanque dependerá do tempo mínimo de partida necessário. Todos os motores de partida fornecidos pela Cummins Power Generation têm uma classificação máxima de pressão de 1035 kPa (150 psig).

- Os tanques de ar (receptores) devem ser equipados com uma válvula de dreno do tipo roscada (outros tipos não são recomendados por serem uma fonte comum de vazamentos de ar). A umidade pode danificar os componentes do motor de partida.
- Todas as válvulas e acessórios do sistema devem ser projetados para a partida a ar de motores diesel.
- As conexões de tubos devem ser do tipo de vedação seca e devem ser feitas com selador de rosca. Não é recomendado uso de fita Teflon pois ela não fixa as roscas adequadamente e é uma fonte de resíduos que podem obstruir as válvulas.

Nota: As baterias, embora de capacidade muito menor, ainda serão necessárias para o controle do motor e para a monitoração dos sistemas quando for utilizada a partida a ar.

Controles

Baseados em Relés

Até há alguns anos, os sistemas de controle baseados em relés eram comuns em quase todos os grupos geradores. Eles podem ser projetados para fornecer partida manual ou totalmente automática, além das funções básicas de proteção do gerador e incluir os equipamentos necessários para atender às normas locais para grupos geradores.

Os sistemas baseados em relés (veja a **Figura 4-17**) controlam a partida e as funções operacionais do motor, as funções de monitoração de falhas ou desempenho fora das especificações do motor e do alternador e fornecem indicadores, medições e alertas para a interface do usuário. Funções como o controle de voltagem do alternador são executadas por uma placa de circuito AVR separada. Analogamente, um circuito controlador separado opera o governador eletrônico e outros equipamentos opcionais. Existem vários recursos opcionais disponíveis para melhorar o desempenho/controle e aumentar a funcionalidade de tarefas especiais como a interface do equipamento de paralelismo e funções adicionais de monitoração de equipamentos, como tanques de combustível, líquido de arrefecimento ou baterias.

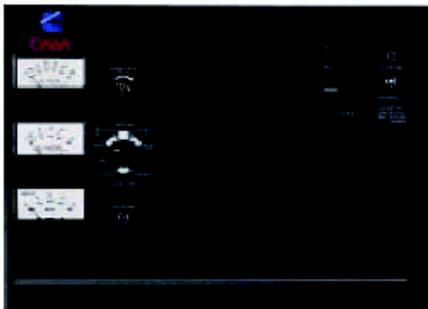


Figura 4-17. Painel de Interface do Controle a Dois Fios

Alguns grupos geradores são equipados com sistemas híbridos de controle (veja a **Figura 4-18**) que empregam relés e circuitos integrados. Tais controles oferecem maior funcionalidade do que os sistemas puros baseados em relés, mas ainda são limitados em sua capacidade de oferecer controles complexos ou interfaces avançadas de operação.



Figura 4-18. Painel de Interface do Controle Detector 12

Baseados em Circuitos Eletrônicos (Microprocessador)

As demandas atuais de alto nível de desempenho, melhor funcionalidade, controle de sistemas sofisticados e interfaces de rede requerem as capacidades dos sistemas de controle baseados em microprocessadores. A era dos microprocessadores e computadores tem permitido o desenvolvimento de controles eletrônicos totalmente integrados e baseados em microprocessadores, como a série de controles PowerCommand™ (veja a **Figura 4-19**) da Cummins Power Generation. O sistema PowerCommand integra o funcionamento do motor, o controle do alternador e as funções de monitoração de um controle totalmente equipado com base em relés, além do governo eletrônico e regulagem de voltagem e muitos outros recursos e funções adicionais. A monitoração plena das características elétricas da saída, kW, kVA, kVAR, voltagem alta e baixa, realimentação, etc., permite o controle total do sistema de geração de energia.



Figura 4-19. Sistema PowerCommand com Microprocessador

Circuitos Eletrônicos com “Autoridade Plena”

Os projetos de motores avançados incorporam sistemas sofisticados de fornecimento de combustível, de ignição ou de controle do ponto de injeção, e a monitoração ativa do desempenho e ajustes. Estes sistemas e funções são necessários para se obter eficiência de combustível e baixas emissões de escape. Os motores com “autoridade plena”, como são geralmente chamados, requerem sistemas com microprocessadores igualmente sofisticados para operar e controlar estas funções. Uma versão mais avançada do Controle PowerCommand™ incorpora capacidade dinâmica de controle do motor com os recursos e a funcionalidade da versão mencionada anteriormente, além de muitos outros recursos (veja a **Figura 4-20**). Em grupos geradores com motores eletrônicos com “autoridade plena”, este tipo de sistema avançado de controle é parte integral da unidade motor-gerador e não há opção para sistemas baseados em relés ou outros sistemas de controle.

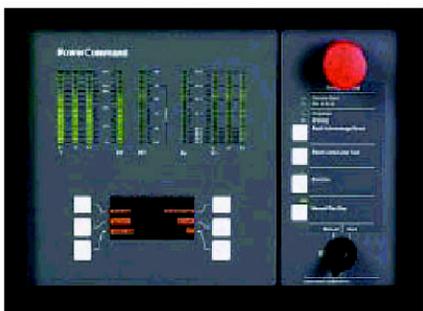


Figura 4-20. PowerCommand Eletrônico com Plena Autoridade

Opções de Controle

Os equipamentos opcionais para os sistemas eletrônicos de controle incluem todas as funções necessárias para o controle e monitoração do paralelismo de vários grupos geradores, entre si e com a rede da concessionária. Existem também controles intermediários de paralelismo que podem ser atualizados.

A função de interface de rede disponível para tais controles pode ser um recurso importante a ser considerado como equipamento opcional. A função de rede permite a monitoração e controle remotos do grupo gerador, bem como a integração com o edifício e sistema automatizados de geração de energia.

Existem também disponíveis pacotes opcionais de relés para o controle de equipamentos periféricos.

Acessórios e Opções

Recursos de Segurança e Alertas de Controle

Os sistemas de controle e monitoração baseados em relés existentes em muitos grupos geradores podem incluir vários avisos e alarmes de desligamento para a proteção do motor/gerador. Equipamentos opcionais são geralmente necessários para a monitoração plena ou alertas remotos, bem como medição de CA do grupo gerador. Se a função de comunicação em rede for desejada, serão necessários equipamentos adicionais, embora estes tenham capacidade limitada. Com o advento dos complexos requisitos eletrônicos de controle do motor e do alternador, além dos elevados níveis de dados de diagnóstico e serviços, os sistemas podem funcionar mesmo com as limitações de capacidade desses tipos de sistemas de controle.

Os sistemas eletrônicos de controle e monitoração, que geralmente são equipamentos padrão em muitos grupos geradores, incluem um menu completo de avisos e alarmes de desligamento integrados para proteger o equipamento motor/gerador e acionar esses alarmes. Alguns destes alarmes podem ser selecionados ou programados pelo cliente. Todos os alarmes podem ser exibidos no painel de controle ou em um local remoto. O envio de avisos remotos é feito de várias maneiras:

1. Saídas de contatos de relés para alarmes comuns ou individuais.
2. Painéis de avisos especialmente projetados para o sistema de controle, acionados por vários tipos de interfaces de rede.
3. Comunicações através de Redes Locais ou conexões via modem para locais de monitoração remota utilizando softwares baseados em PCs.

As normas podem exigir diferentes níveis de alarmes para diferentes tipos de aplicações. As normas de segurança à vida (Nível 1 da NFPA 110 nos EUA) ou todas as outras normas de emergência/standby (Nível 2 da NFPA 110 nos EUA), ou equivalentes, especificam os recursos mínimos de alarme necessários para essas aplicações. Outras normas também podem ter requisitos específicos. Consulte as normas individuais em vigor para obter os requisitos de alarme.

O Controle PowerCommand™ da Cummins Power Generation é projetado para atender ou exceder estes tipos de requisitos e vários outros padrões. (Consulte a Folha de Especificações do Controle PowerCommand™ para obter detalhes.)

Disjuntores da Linha Principal

Disjuntores do tipo de carcaça moldada e do tipo de circuito de força podem ser utilizados em grupos geradores. Os disjuntores de carcaça moldada geralmente são fornecidos montados diretamente no grupo gerador. Entretanto, muitos disjuntores podem ser montados em um painel separado sobre uma parede ou pedestal. Os tamanhos podem variar de 10 a 2500 ampères e são adequados para a montagem em uma caixa de saída diretamente sobre o grupo gerador. Os disjuntores de circuito de força podem ser encontrados em tamanhos que variam de 800 a 4.000 ampères ou mais, e são mais rápidos mas consideravelmente mais caros que os disjuntores de carcaça moldada. Os disjuntores de circuito de força geralmente são montados em um painel isolado próximo ao grupo gerador, e não no próprio grupo gerador, devido ao seus tamanhos e susceptibilidade a danos por vibração. Quando são necessários disjuntores da linha principal para um projeto, as especificações do projeto devem incluir o tipo de disjuntor, o tipo de unidade de desarme e a classificação básica (contínua ou não-contínua). Consulte a seção *Projeto Elétrico* para mais detalhes sobre a escolha de disjuntores.

Comutadores de Carcaça Moldada: Nos casos onde um meio de desconexão é desejado, mas a proteção do gerador ou dos condutores não é necessária (i. é., a proteção é oferecida pelo AmpSentry™, ou é utilizado um gerador auto-excitado), geralmente é usado um comutador com carcaça moldada em vez de um disjuntor. Esses comutadores têm os mesmos contatos e mecanismos de comutação que os disjuntores, porém não detectam o corte de corrente. O comutador também fornece um ponto de conexão e os terminais para a conexão dos condutores da carga.

Caixas de Entrada: Uma caixa de entrada é essencialmente uma caixa de disjuntor sem o disjuntor. Se o disjuntor não for necessário ou desejado, a caixa de entrada terá espaço adicional para a entrada, roteamento e conexão dos condutores.

Disjuntores Múltiplos: Geralmente, são necessários vários disjuntores e os mesmos são fornecidos pela fábrica para a maioria dos grupos geradores. As opções padrão disponíveis são dois disjuntores montados (exceto no maior alternador). Em certos alternadores e grupos geradores isto

simplesmente não é prático ou não existe um local para a montagem das caixas dos disjuntores. Consulte o representante do fabricante sobre a disponibilidade de equipamentos específicos. Podem ser considerados pedidos especiais para a montagem de três ou mais disjuntores em alguns grupos geradores, mas isto normalmente requer o uso de um painel de distribuição montado em uma parede ou isolado.

Baterias e Carregadores de Bateria

Talvez o subsistema mais crítico de um grupo gerador seja o sistema da baterias para a partida do motor e controle do grupo gerador. A escolha e a manutenção corretas das baterias e do carregador de bateria são essenciais para a confiabilidade do sistema.

O sistema consiste de baterias, *racks* de baterias, um carregador de bateria que é acionado pela fonte normal de energia elétrica durante o tempo em que o grupo gerador estiver em espera (standby), e um alternador de carga das baterias acionado por motor que carrega as baterias e fornece a energia CC para o sistema de controle quando o grupo gerador estiver funcionando.

Quando os grupos geradores estão em paralelo, os bancos de baterias de cada grupo gerador geralmente são colocados em paralelo para fornecer a energia de controle para o sistema de paralelismo. O fabricante do sistema de paralelismo deve sempre ser consultado para determinar se o sistema de controle do motor é adequado para a aplicação, uma vez que uma queda de voltagem no banco de baterias poderia interromper alguns sistemas de controle de paralelismo e exigir o uso das baterias em estações separadas para alimentar o equipamento de paralelismo.

As baterias devem estar tão próximas quanto possível do grupo gerador para minimizar a resistência no circuito de partida. A localização deve permitir fácil acesso de serviço às baterias e minimizar sua exposição à água, sujeira e óleo. O gabinete das bateria deve permitir ampla ventilação para que os gases explosivos gerados pela bateria possam ser dissipados. As normas em regiões sísmicas exigem que os *racks* de bateria tenham recursos especiais para evitar o derramamento e quebra do eletrólito durante um terremoto.

O projetista do sistema deve especificar o tipo do sistema de baterias (geralmente limitado ao tipo chumbo-ácido ou níquel-cádmio, como explicado a seguir), bem como sua capacidade.

A capacidade necessária do sistema da baterias depende do tamanho do motor (cilindrada), das temperaturas mínimas esperadas do líquido de arrefecimento do motor, do óleo lubrificante e das baterias (veja abaixo Dispositivos de Aquecimento em Standby para Grupos Geradores), a viscosidade do óleo lubrificante e o número necessário e a duração dos ciclos de partida¹. O fornecedor do grupo gerador deve fazer as recomendações com base nestas informações.

As baterias de chumbo-ácido são o tipo mais comumente escolhido para grupos geradores. Elas são relativamente econômicas e oferecem bom serviço em temperaturas ambientes entre -18°C (0°F) e 38°C (100°F). As baterias de chumbo-ácido podem ser recarregadas por carregadores convencionais, que podem ser montados em paredes próximas ao grupo gerador ou em um comutador de transferência automática (se o grupo gerador NÃO for parte de um sistema de paralelismo). O carregador deve ser dimensionado para recarregar o banco de baterias em aproximadamente 8 horas e ao mesmo tempo atender todas as necessidades de energia de controle do sistema.

Uma bateria de chumbo-ácido pode ser do tipo selada “livre de manutenção” ou do tipo de célula inundada. As baterias livres manutenção suportam melhor as negligências de manutenção porém não são monitoradas e mantidas tão facilmente quanto as baterias de célula inundada.

Todas as baterias de chumbo-ácido devem ser carregadas no local antes de sua utilização inicial. Mesmo as baterias livres de manutenção não retêm a carga indefinidamente. As baterias de célula inundada requerem a adição de eletrólito no local de uso e atingem cerca de 50% da condição de carga total pouco tempo depois da adição do eletrólito.

Os sistemas de bateria NiCad (níquel-cádmio) são geralmente especificados para locais onde as temperaturas ambientes podem ser extremamente altas ou baixas, visto que seu desempenho é menos afetado por temperaturas extremas do que no caso das baterias de chumbo-ácido. Os sistemas de bateria NiCad são consideravelmente mais caros do que as baterias de chumbo-ácido, mas eles têm uma vida útil mais longa.

¹ As aplicações NFPA 110 requerem dois ciclos de partida contínua de 45 segundos com um período de descanso entre eles, ou dois ciclos de partida de 15 segundos com 15 segundos de descanso.

Uma das maiores desvantagens dos sistemas de baterias NiCad é que seu descarte pode ser difícil e caro, uma vez que os materiais que compõem essas baterias são tóxicos. Além disso, as baterias NiCad requerem carregadores especiais para que atinjam o nível de carga plena. Esses carregadores devem ser fornecidos com filtros para reduzir o “ruído do carregador” o qual pode interromper os sistemas de controle do motor e do gerador.

Sistemas de Escape e de Silencioso

Dois elementos determinam a escolha dos sistemas de escape e do silencioso: o nível de ruído, evidentemente, e a acomodação do movimento relativo entre o sistema de escape e o grupo gerador.

As regulamentações de controle de ruídos ou as preferências pessoais determinam as escolhas do tipo de silencioso. As seleção do sistema de escape e do silencioso dependem obviamente do local onde o grupo gerador será instalado: interno ou externo. Uma carenagem para proteção externa contra intempéries fornecida por um fabricante de grupo gerador geralmente oferece várias opções de silenciosos e normalmente com sua instalação no teto. As opções de silenciosos são classificadas como industrial, residencial ou crítica dependendo de sua atenuação. As carenagens acústicas geralmente incluem um sistema de silencioso integrado como parte do pacote acústico completo. Para mais informações sobre ruídos e conhecer níveis de ruído, consulte a seção VI – Projeto Mecânico.

Um elemento-chave do sistema completo de escape é o fato de o grupo gerador vibrar, isto é, movimentar-se com relação à estrutura que o contém. Assim, é necessário instalar uma tubulação flexível de escape na saída de escape do grupo gerador. Os sistemas internos com longos percursos de tubo de escape também requerem tolerância à expansão para evitar danos no sistema de escape e nos coletores de escape ou nos turbocompressores do motor.

Carenagens (Coberturas)

As carenagens podem ser classificadas em três tipos gerais: carenagens de proteção contra intempéries, acústicas e com passarelas. Os nomes são auto-explicativos.

Proteção Contra Intempéries: As carenagens protegem o grupo gerador, tanto contra intempéries quanto contra violação, pois são fornecidas com fechaduras. Defletores ou painéis perfurados incorporados permitem a passagem do fluxo de ar para ventilação e arrefecimento. Pouca ou nenhuma atenuação de ruídos é obtida e às vezes pode haver aumento do nível de ruídos induzidos pela vibração. Tais tipos de carenagens não retêm calor nem mantêm a temperatura acima da ambiente.

Acústica: As carenagens com atenuação sonora são especificadas em função de uma determinada quantidade de atenuação de ruídos ou de uma classificação do nível externo de ruídos. Os níveis de ruído devem ser especificados com base em uma dada distância e para se comparar os níveis de ruído todas as especificações devem ser convertidas na mesma distância básica. A atenuação sonora requer material e espaço, portanto, esteja certo de que as unidades indicadas nos desenhos incluam as informações corretas da carenagem acústica.

Embora alguns destes projetos de carenagens tenham alguma capacidade de isolamento para reter calor, esta não é a intenção do projeto. Se for necessária a manutenção acima da temperatura ambiente, será preciso uma carenagem com passarela.

Carenagem Com Passarela: Este termo engloba uma ampla variedade de carenagens que são fabricadas de acordo com as especificações de cada cliente. Geralmente, essas carenagens incluem atenuação sonora, comutação de energia e equipamento de monitoração, pára-raios, sistemas de proteção contra incêndios, tanques de combustível e outros equipamentos. Estes tipos de carenagens são construídas como unidades simples, sem cobertura, e como unidades integradas com grandes portas ou painéis removíveis para acesso de serviços. Estas carenagens podem ser construídas com recursos de isolamento e aquecimento.

Nota: A instalação de carenagens externas (especialmente carenagens acústicas) dentro de edifícios não é uma prática recomendada por duas razões principais. Primeira, as carenagens acústicas usam a capacidade de restrição do excesso de ventilação para reduzir ruídos através de deflexão da ventilação. Conseqüentemente, resta uma pequena ou nenhuma capacidade de restrição para quaisquer dutos de ar, defletores ou outros equipamentos que invariavelmente acrescentarão restrição. Segunda, os sistemas de escape de carenagens externas não são necessariamente sistemas selados, ou seja, possuem abraçadeiras, juntas de encaixe deslizante no lugar de conexões rosqueadas ou flangeadas. Essas conexões com abraçadeiras podem permitir que o gás de escape vaze para a sala.

Configurações Alternativas de Arrefecimento e Ventilação

Os motores refrigerados a água são arrefecidos pelo bombeamento do líquido de arrefecimento (uma mistura de água e anticongelante) através de passagens no bloco de cilindros e cabeçotes do motor por uma bomba acionada pelo motor. O motor, a bomba e o radiador ou trocador de calor líquido-líquido formam um sistema de arrefecimento

fechado e pressurizado. Recomenda-se, sempre que possível, que o grupo gerador inclua este tipo de radiador montado na fábrica para o arrefecimento e ventilação do motor. Esta configuração resulta no sistema de menor custo, melhor confiabilidade e melhor desempenho do conjunto. Além disso, os fabricantes de tais grupos geradores podem testar o protótipo para verificar o desempenho do sistema.

Classificações do Sistema de Arrefecimento: A maioria dos grupos geradores da Cummins Power Generation tem classificações opcionais do sistema de arrefecimento para os modelos com radiador. Geralmente, existem disponíveis sistemas de arrefecimento projetados para operar em temperaturas ambientes de 40°C e 50°C. Verifique o desempenho ou disponibilidade de cada unidade nas Folhas de Especificações. As classificações têm uma capacidade máxima de restrição estática associada a elas. Consulte Ventilação na seção *Projeto Mecânico* para mais detalhes.

Nota: Seja cauteloso ao comparar classificações de sistemas de arrefecimento cuja classificação seja baseada na temperatura ambiente e não na temperatura do ar no radiador. Uma classificação de temperatura do ar no radiador restringe a temperatura do ar que flui para o radiador e não permite que ela aumente devido à energia térmica irradiada do motor e do alternador. Os sistemas classificados com base na temperatura ambiente levam em conta este aumento de temperatura em sua capacidade de arrefecimento.

Alternativas de Arrefecimento Remoto: Em algumas aplicações, a restrição ao fluxo do ar pode ser muito grande devido ao longo comprimento dos dutos, por exemplo, para que o ventilador de um radiador acionado pelo motor forneça o fluxo de ar necessário para arrefecimento e ventilação. Em tais aplicações, e onde os ruídos do ventilador são um problema, deve-se considerar uma configuração envolvendo um radiador remoto ou trocador de calor líquido-líquido. Nestas aplicações, um grande volume do fluxo de ar da ventilação ainda é necessário para remover o calor irradiado pelo motor, gerador, silencioso, tubo de escape e outros equipamentos, para manter a temperatura da sala do gerador em níveis apropriados para o funcionamento correto do sistema.

Radiador Remoto: Uma configuração de radiador remoto requer um cuidadoso projeto do sistema para proporcionar o arrefecimento adequado do motor. Deve-se prestar atenção a detalhes como limitações da coluna de fricção e estática da bomba d'água do motor e para a desaeração, abastecimento e drenagem apropriados do sistema de arrefecimento, bem como a contenção de quaisquer vazamentos de anticongelante.

Trocador de Calor: Um trocador de calor líquido-líquido requer muita atenção no projeto do sistema para que forneça o meio para arrefecer o trocador de calor. Deve-se observar que as normas sobre a conservação de água no local e sobre o meio ambiente talvez não permitam que a água da cidade seja utilizada como meio de arrefecimento e que, em regiões de riscos sísmicos, a água da cidade possa ser interrompida durante um terremoto.

Consulte a seção *Projeto Mecânico* para informações mais detalhadas sobre as alternativas de arrefecimento.

Sistemas de Manutenção do Nível do Óleo Lubrificante

Um sistema de manutenção do nível do óleo lubrificante pode ser desejável para aplicações onde o grupo gerador funcione sob condições de energia Prime, ou em aplicações Standby não assistidas com um número de horas de funcionamento maior que o normal. Os sistemas de manutenção do nível do óleo não estendem os intervalos de troca de óleo para o grupo gerador, a menos que uma filtragem especial também seja incorporada ao sistema.

Dispositivos de Aquecimento Standby para Grupos Geradores

Partida a Frio e Aceitação de Carga: Uma consideração crítica do projetista do sistema é o tempo que o sistema de energia de emergência ou standby leva para detectar uma falha de energia, dar a partida no grupo gerador e transferir a carga. Algumas normas e padrões para sistemas de energia de emergência estabelecem que o grupo gerador deve ser capaz de alimentar todas as cargas de emergência em até 10 segundos após a falha de energia. Alguns fabricantes de grupos geradores limitam a classificação do desempenho de partida a frio a uma porcentagem da classificação standby do grupo gerador. Esta prática reconhece que em muitas aplicações, apenas uma parte da carga total conectável é a carga de emergência (as cargas não críticas podem ser conectadas posteriormente), e que é difícil dar a partida e atingir a aceitação de carga total com grupos geradores a diesel.

Os critérios de projeto para partida a frio e aceitação de carga da Cummins Power Generation são que o grupo gerador seja capaz de dar partida e alimentar todas as cargas de emergência até a classificação de standby em até 10 segundos após a falha de energia. Este nível de desempenho presume que o grupo gerador esteja em um local com temperatura ambiente mínima de 4° C (40° F) e que esteja equipado com aquecedores do líquido de arrefecimento. Isto deve ser conseguido instalando-se o grupo gerador em uma sala ou carenagem aquecida. Carenagens externas, protegidas contra intempéries

(inclusive os chamados de “roupa justa”) geralmente não são isoladas, dificultando a manutenção de um grupo gerador aquecido em temperaturas ambiente mais frias.

Abaixo de 4° C (40° F), e até -32° C (-25° F), para a maioria dos grupos geradores Cummins Power Generation é dada a partida mas estes não aceitarão carga em um único passo em até dez segundos. Se um grupo gerador precisar ser instalado em um gabinete não aquecido num local com baixas temperaturas, o projetista deverá consultar o fabricante. O operador é responsável pela monitoração do funcionamento dos aquecedores do líquido de arrefecimento do grupo gerador (a norma NFPA 110 exige um alarme de baixa temperatura do líquido de arrefecimento para esta finalidade) e pela obtenção de um grau ideal do combustível para as condições ambiente.

Os grupos geradores em aplicações de energia de emergência devem partir e alimentar todas as cargas de emergência em até 10 segundos após uma falha de energia. Para atender tais normas, geralmente são necessários aquecedores do líquido de arrefecimento do motor mesmo em ambientes aquecidos, especialmente para grupos geradores a diesel. A NFPA 110 tem requisitos específicos para os sistemas de Nível 1 (onde uma falha do sistema pode resultar em sérios acidentes ou perdas de vidas):

- Aquecedores do líquido de arrefecimento são necessários a menos que a temperatura ambiente da sala do gerador não seja menor que 21° C (70° F).
- Aquecedores do líquido de arrefecimento são necessários para manter a temperatura do bloco do motor acima de 32° C (90° F) se houver a possibilidade de que a temperatura ambiente da sala do gerador caia até 4° C (40° F), porém nunca abaixo deste valor. O desempenho em temperaturas mais baixa não é definido. (Em temperaturas ambientes mais baixas, o grupo gerador pode não dar a partida, ou pode não alimentar as cargas tão rapidamente. Além disso, os alarmes de baixa temperatura podem indicar problemas se o aquecedor do líquido de arrefecimento não mantiver a temperatura do bloco num nível alto o suficiente para a partida em 10 segundos.)
- Aquecedores de bateria são necessários se houver a possibilidade de que a temperatura ambiente da sala do gerador caia abaixo de 0° C (32° F).
- É necessário um alarme de baixa temperatura do motor.
- Os aquecedores de líquido de arrefecimento e da bateria devem ser alimentados pela fonte normal de energia.

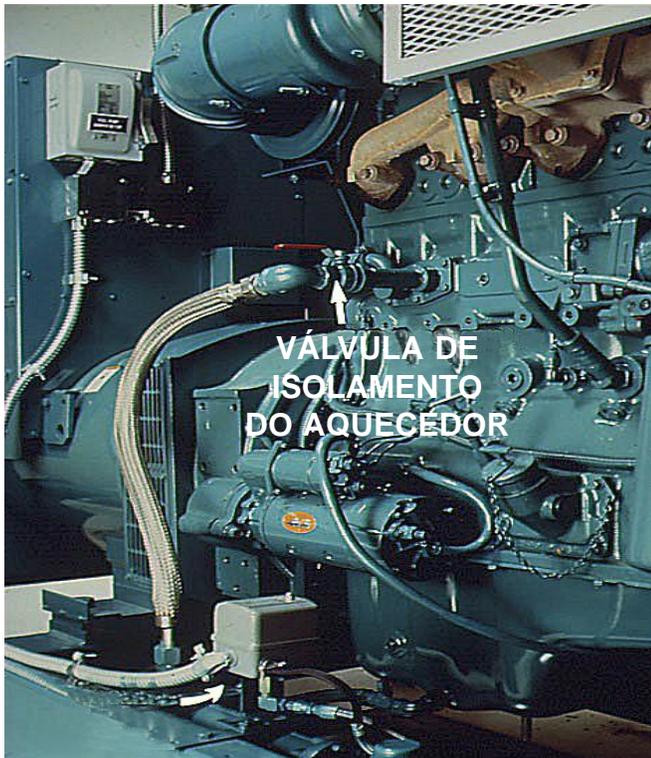


Figura 4-21. Instalação do Aquecedor na Jaqueta de Água. Note a Válvula de Isolamento do Aquecedor, e o Tipo e o Percurso da Mangueira.

Aquecedores do Líquido de Arrefecimento: Aquecedores do líquido de arrefecimento controlados termostaticamente são necessários para partidas rápidas e boa aceitação de carga em grupos geradores utilizados em aplicações de emergência ou standby². É importante entender que os aquecedores de líquido de arrefecimento normalmente são projetados para manter o motor aquecido o suficiente para uma partida rápida e confiável e alimentação da carga, e não para aquecer o ambiente onde se encontra o grupo gerador. Assim, além da operação do aquecedor do líquido de arrefecimento sobre o motor, a temperatura do ar ambiente ao redor do grupo gerador deverá ser mantida a um mínimo de 10° C (40° F)³. Se a área em torno do grupo gerador não for mantido nesta temperatura, deverão ser considerados: o uso de combustível de tipo especial ou aquecimento do combustível (para grupos geradores a

2 Nota sobre o Código Americano: Para os sistemas de energia de emergência Nível 1, a NFPA 110-1999(?) exige que o líquido de arrefecimento do motor seja mantido a uma temperatura mínima de 32°C (90°F). A NFPA110 exige também a monitoração de falha do aquecedor na forma de um alarme de baixa temperatura do motor.

3 Nota sobre o Código Canadense: A CSA282-2000 exige que os grupos geradores utilizados em aplicações de emergência sejam sempre instalados de modo que o grupo gerador seja mantido a uma temperatura ambiente mínima de 10° C (40° F).

diesel), aquecedores de alternador, aquecedores de controle e aquecedores de bateria.

Uma falha no aquecedor da jaqueta de água ou uma redução da temperatura ambiente ao redor do motor não evitará necessariamente a partida do motor, mas afetará o tempo para que o motor parta e quão rapidamente a carga poderá ser conectada ao sistema de geração de energia local. Funções de alarme de baixa temperatura do motor são geralmente adicionadas aos grupos geradores para alertar os operadores sobre a possibilidade de ocorrência deste problema nos sistemas em funcionamento.

Os aquecedores de jaquetas de água são um item de manutenção e, portanto, é de se esperar que o elemento de aquecimento deva ser substituído algumas vezes durante a vida da instalação. Para substituir o elemento do aquecedor sem a drenagem completa do sistema de arrefecimento do motor, devem ser fornecidas válvulas de isolamento (ou outros meios) do aquecedor.

Os aquecedores de jaqueta de água podem funcionar em temperaturas consideravelmente mais altas do que a temperatura das linhas do líquido de arrefecimento do motor, razão pela qual devem ser usadas mangueiras de silicone de alta qualidade, ou mangueiras trançadas para evitar falha prematura das mangueiras do líquido de arrefecimento associadas com o aquecedor de jaqueta de água. Deve-se tomar cuidado no projeto de instalação do aquecedor do líquido de arrefecimento para se evitar voltas sobre o cabeçote no roteamento da mangueira que possam resultar em bolsões de ar, causando falha de superaquecimento do sistema.

Os aquecedores do líquido de arrefecimento do motor funcionam normalmente quando o grupo gerador não está em operação, razão pela qual os mesmos são conectados à fonte normal de energia. O aquecedor deverá ser desativado sempre que o grupo gerador estiver funcionando. Isto pode ser feito de várias maneiras, como um interruptor de pressão de óleo, ou pela lógica de controle do grupo gerador.

Aquecedores de Óleo e de Combustível: Para as aplicações onde o grupo gerador será exposto a baixas temperaturas ambientes (menos de -18° C [0° F]), também podem ser necessários aquecedores do óleo lubrificante e das linhas e filtro de combustível para evitar que o combustível se torne pastoso.

Aquecedores Anti-condensação: Para aplicações onde o grupo gerador será exposto a alta umidade ou temperaturas que oscilam em torno do ponto de orvalho, devem ser usados aquecedores para o gerador e uma caixa de controle para evitar a condensação. A condensação na caixa de controle, nos circuitos de controle ou no isolamento dos enrolamentos do gerador pode causar corrosão, deterioração dos circuitos e até mesmo curtos-circuitos e falhas prematuras de isolamento.

Tanques de Combustível (Diesel)

Tanques diários: Os tanques instalados no grupo gerador, ou próximo destes, que fornecem o combustível para o grupo gerador são chamados de tanques diários (embora os mesmos não contenham necessariamente o combustível suficiente para um dia de operação). Esses tanques são usados como uma conveniência ou quando não é prático trazer o combustível do local de armazenamento principal do sistema. A distância, a altura acima ou abaixo, ou o tamanho do tanque principal são razões para o uso de um tanque diário. Todos os motores diesel têm limitações de capacidade de elevação do combustível (ou restrição de coleta de combustível), pressão nas linhas de combustível (tanto de alimentação quanto de retorno) e temperatura de alimentação do combustível. O combustível é transferido do tanque principal para o tanque diário através de uma bomba de transferência geralmente controlada por sistema automático por meio de sensores de nível no tanque diário. Se o tanque for pequeno, o retorno do combustível é bombeado de volta ao tanque principal para evitar o superaquecimento do combustível. Consulte sistemas de combustível na seção *Projeto Mecânico*.

Tanques Sob a Base: Geralmente maiores do que os tanques diários, os tanques sob a base são construídos na estrutura de base do grupo gerador ou de modo que o chassi do grupo gerador possa ser montado diretamente sobre ela. Estes tanques armazenam uma quantidade de combustível para um certo número de horas de operação, como 12 ou 24 horas. Frequentemente, os tanques sob a base são de parede dupla e incorporam um tanque secundário ao redor do reservatório do combustível para fins de retenção do combustível em caso de vazamento no tanque principal. Muitas normas locais exigem um reservatório secundário de contenção de combustível como uma estrutura de parede dupla juntamente com monitoração total dos tanques principal e secundário.

Montagem dos Isoladores de Vibração

Para reduzir as vibrações transmitidas ao edifício ou à estrutura de montagem, os grupos geradores são frequentemente montados sobre isoladores de vibração. Estes isoladores podem ser de mola (mais comum) ou coxins de borracha. Geralmente, os isoladores de vibração têm um desempenho de 90% e é comum excederem 95%. A capacidade de suporte de peso e o posicionamento correto dos isoladores são críticos para seu desempenho. No caso de grupos geradores maiores com tanques sob a base, os isoladores frequentemente são instalados entre o tanque e a estrutura da base.

Equipamento de Comutação de Energia

Os equipamentos de transferência ou comutação de energia como comutadores de transferência ou chaves seletoras de paralelismo, embora não sejam o assunto deste manual, são partes essenciais de um sistema de energia standby. São mencionados aqui para ressaltar a importância das considerações e decisões sobre esses equipamentos na fase inicial de um projeto. O esquema de comutação de energia para um projeto está diretamente relacionado à classificação do grupo gerador (consulte a seção *Projeto Preliminar*), à configuração de controle aos equipamentos acessórios que possam ser necessários para o grupo gerador. Para mais detalhes sobre este tópico, consulte os outros manuais de aplicação: *T011 – Sistemas de Transferência de Energia e T016 – Paralelismo e Chaves Seletoras de Paralelismo*.

Dispositivos Necessários para o Paralelismo de Grupos Geradores: Em aplicações de paralelismo, para melhorar seu desempenho e proteger o sistema contra as falhas que geralmente ocorrem, os grupos geradores devem ser equipados com:

- Supressores de paralelismo para proteger o sistema de excitação do gerador dos efeitos de defasagem do paralelismo.
- Perda da proteção do campo que desconecta o grupo gerador do sistema para evitar uma possível falha no sistema.
- Proteção contra realimentação que desconecta o grupo gerador do sistema para que uma falha no motor não provoque uma condição de realimentação que possa danificar o grupo gerador ou desabilitar o restante do sistema.
- Governo eletrônico isocrônico para permitir o uso de sincronizadores ativos e equipamento de compartilhamento de carga isocrônica.
- Equipamento para controlar a energia de saída reativa do grupo gerador e compartilhar a carga corretamente com outros grupos geradores em operação. Isto pode incluir compensação de corrente cruzada ou controle das cortes reativos.
- Controlador Var/FP para controlar a potência de saída reativa do grupo gerador nas aplicações de paralelismo com a rede da fonte de energia principal.

Os controles baseados em relés ou em relés/circuitos integrados requerem equipamento adicional para atender os requisitos mencionados.

Do ponto de vista da conveniência e da confiabilidade, um controle integrado baseado em microprocessador contendo as funções acima (como o sistema PowerCommand™ da Cummins Power Generation) é desejável.

Necessidades de Equipamentos Adicionais

Em certas aplicações, como de energia Prime ou Contínua, voltagem média, paralelismo com a rede da concessionária e outras, equipamentos adicionais podem ser necessários (ou desejáveis), geralmente disponíveis como opcionais ou especialmente solicitados. Alguns destes incluem:

- RTDs, dispositivos de medição da temperatura resistiva nos enrolamentos do alternador para monitorar diretamente a temperatura nos enrolamentos.
- Termistores nas extremidades das espiras do alternador para monitorar a temperatura nos enrolamentos.
- CTs diferenciais para monitorar a quebra de isolamento dos enrolamentos.
- Monitoração e proteção contra falha de terra.
- Pirômetros para medição da temperatura do escape.
- Sistemas de recirculação de vapores do respiro do cárter do motor.

5 PROJETO ELÉTRICO

Visão Geral

O projeto elétrico e o planejamento do sistema de geração local são críticos para a operação correta e a confiabilidade do sistema. Esta seção abrange o projeto de instalação do gerador e os sistemas elétricos relacionados, sua interface com a rede da concessionária e tópicos relativos à proteção da carga e do gerador. Um elemento-chave para se entender o projeto do sistema elétrico é um diagrama de uma linha, como o exemplo mostrado na **Figura 2-1**.

A instalação elétrica do grupo gerador e de seus acessórios deve seguir a Norma Elétrica em vigor dos órgãos locais de inspeção. A instalação elétrica deverá ser feita por eletricitistas qualificados e experientes ou por uma empresa contratada.

Considerações sobre o Projeto

Em vista de grandes diferenças entre aplicações, instalações e condições, os detalhes da fiação e da proteção contra excesso de corrente do sistema de distribuição elétrica para geração local devem ser ficar a cargo do engenheiro. Entretanto, existem algumas diretrizes gerais a serem consideradas no projeto.

- O projeto da distribuição elétrica para sistemas de geração local de energia de emergência deve minimizar as interrupções causadas por problemas internos como sobrecargas e falhas. Isto inclui a coordenação seletiva de dispositivos de proteção contra excesso de corrente e a decisão sobre o número e a localização dos equipamentos de comutação de transferência a serem usados no sistema. Para oferecer proteção contra falhas internas de energia, o equipamento de comutação de transferência deverá estar localizado o mais próximo possível do equipamento que utilizará a carga.
- Separação física entre a alimentação do gerador e a fonte normal de energia para evitar possível destruição de ambas como resultado de uma catástrofe local, como incêndio ou inundação.
- Desvio de isolamento do equipamento de comutação de transferência de modo que os comutadores de transferência possam receber manutenção ou reparos sem interrupção de equipamentos de cargas críticas.

- Provisões para bancos de carga permanentes ou para facilitar a conexão com bancos de carga temporários sem afetar a fiação permanente, como um disjuntor da alimentação de reserva instalado convenientemente para permitir o teste do grupo gerador sob uma carga substancial.
- Circuitos de divisão de cargas ou sistemas de prioridade de cargas no caso de redução da capacidade do gerador ou perda de uma unidade em paralelo com o sistema.
- Proteção contra incêndio para os condutores e equipamentos de funções críticas, como bombas de combate a incêndio, elevadores para uso do corpo de bombeiros, iluminação das saídas de emergência para uma evacuação, remoção de fumaça ou ventiladores de pressurização, sistemas de comunicação, etc.
- A segurança e a capacidade de acesso de quadros de comutação e painéis de comando com dispositivos contra sobrecorrente e equipamento de comutação de transferência no sistema de distribuição do gerador de energia local.
- Provisões para a conexão de geradores temporários (locação de grupos geradores portáteis) em períodos que o grupo gerador permanente encontrar-se fora de serviço ou quando interrupções prolongadas do fornecimento da energia normal tornarem necessário o fornecimento de energia para outras cargas (ar-condicionado local, etc.).

Conexões Elétricas

Visão Geral

Isolamento de Vibrações: Todos os grupos geradores vibram durante o funcionamento normal, um fato simples que deve ser levado em conta. Os grupos geradores são projetados com isoladores integrados ou todo o *skid* é montado sobre isoladores com molas para permitir os movimentos e isolar as vibrações do edifício ou de outras estruturas. Também podem ocorrer movimentos maiores devido a uma mudança súbita de carga ou a uma falha e durante a partida ou a parada da unidade. Assim, todas as conexões mecânicas e elétricas com o grupo gerador devem ser capazes de absorver os movimentos de vibrações e de partida/parada.

A saída de energia, a função de controle, os alertas e os circuitos acessórios requerem a instalação de cabos de malha e conduítes flexíveis entre o grupo gerador e o edifício, estrutura de montagem, ou fundação.

Grandes cabos rígidos não oferecem capacidade suficiente para instalação em curvas, embora sejam considerados flexíveis. Isto também vale para alguns tipos de conduítes, como conduítes impermeáveis que são praticamente rígidos. Além disso, tenha em mente que cabos ou conduítes não podem ser expandidos ou contraídos ao longo de seu comprimento e, portanto, a flexibilidade em seu eixo longitudinal deve ser obtida com comprimento suficiente, compensações ou curvas.

Também, os pontos de conexão elétrica no grupo gerador – buchas, barramentos, blocos de terminais, etc. – não são projetados para absorver tais movimentos nem tensões associadas. (Novamente, isto é especialmente verdadeiro para os grandes cabos rígidos ou para conduítes “flexíveis” rígidos.) A falta de flexibilidade suficiente resultará em danos a gabinetes, cabos, isolamento ou pontos de conexão.

Nota: Simplesmente acrescentar conduítes ou cabos flexíveis pode não resultar em capacidade suficiente para absorver os movimentos de vibração de um grupo gerador. Os cabos e conduítes flexíveis variam em flexibilidade e não se expandem nem se contraem. Esta condição pode ser evitada incluindo-se pelo menos uma curva entre a saída do gabinete do gerador e a estrutura (piso de cimento, corredor, parede, etc.) para permitir movimentos tridimensionais.

Áreas Sísmicas: Em áreas de risco de abalos sísmicos, são necessárias práticas especiais de instalações elétricas, como a montagem de sismógrafos. Os desenhos descritivos devem indicar a massa, o centro de gravidade e as dimensões de montagem do sismógrafo.

Fiação de Controle: A fiação de controle de CC e CA (para o equipamento de controle remoto e para os avisos remotos) deve ser feita em um conduíte separado dos cabos de força para minimizar a interferência dos circuitos de força no circuito de controle. Devem ser utilizados condutores de malha e seções de conduítes flexíveis para as conexões do grupo gerador.

Circuitos de Ramificação para Acessórios: Devem ser providenciados circuitos de ramificação para todos os equipamentos acessórios necessários para a operação do grupo gerador. Estes circuitos devem ser alimentados pelos

terminais de carga de um comutador de transferência automática ou pelos terminais do gerador. São exemplos de acessórios: a bomba de transferência de combustível, as bombas de líquido de arrefecimento para radiadores remotos e defletores motorizados para a ventilação.

Devem ser instalados circuitos de ramificação, alimentados pelo painel de comando da energia normal, para o carregador de bateria e para os aquecedores de líquido de arrefecimento, se utilizados. Veja a **Figura 5-1**.

Conexões de CA no Gerador

Verifique a correspondência apropriada do número de condutores por fase e suas bitolas com as capacidades dos terminais do equipamento (disjuntores e comutadores de transferência).

Um dispositivo de desconexão da rede (disjuntor/comutador) deverá ser supervisionado e ajustado para ativar um alarme quando aberto. Alguns fornecedores ajustam um alarme “fora de automático” para a condição de disjuntor aberto.

As opções de conexão no gerador podem incluir:

Disjuntores com Carcaça Moldada, Montados no Gerador (Termomagnéticos ou de Circuito Integrado): Podem ser feitas conexões em um disjuntor montado no gerador. O disjuntor deve ter capacidade adequada de interrupção com base na corrente de curto-circuito disponível. Com um grupo gerador simples, a corrente máxima disponível de curto-circuito no primeiro ciclo simétrico é da ordem de 8 a 12 vezes a corrente nominal. Para um dado gerador, esta corrente é igual ao inverso da reatância subtransiente por unidade do gerador, ou $1/X''_d$. Use a tolerância mínima de reatância subtransiente fornecida pelo fabricante do gerador para os cálculos.

Comutador (Carcaça Moldada) de Desconexão Montado no Gerador: Podem ser feitas conexões em um comutador de desconexão montado no gerador. Isto é permitido em locais onde o gerador possui meios intrínsecos de proteção contra sobrecorrente do gerador, como o PowerCommand™. O comutador não é projetado para interromper correntes de falha e possui uma capacidade de interrupção suficiente apenas para as correntes de carga.

Terminais do Gerador: Podem ser feitas conexões nos terminais do gerador em locais onde não são requeridos disjuntores montados no gerador ou comutadores de desconexão e onde o gerador possui os meios intrínsecos de proteção contra sobrecarga do gerador.

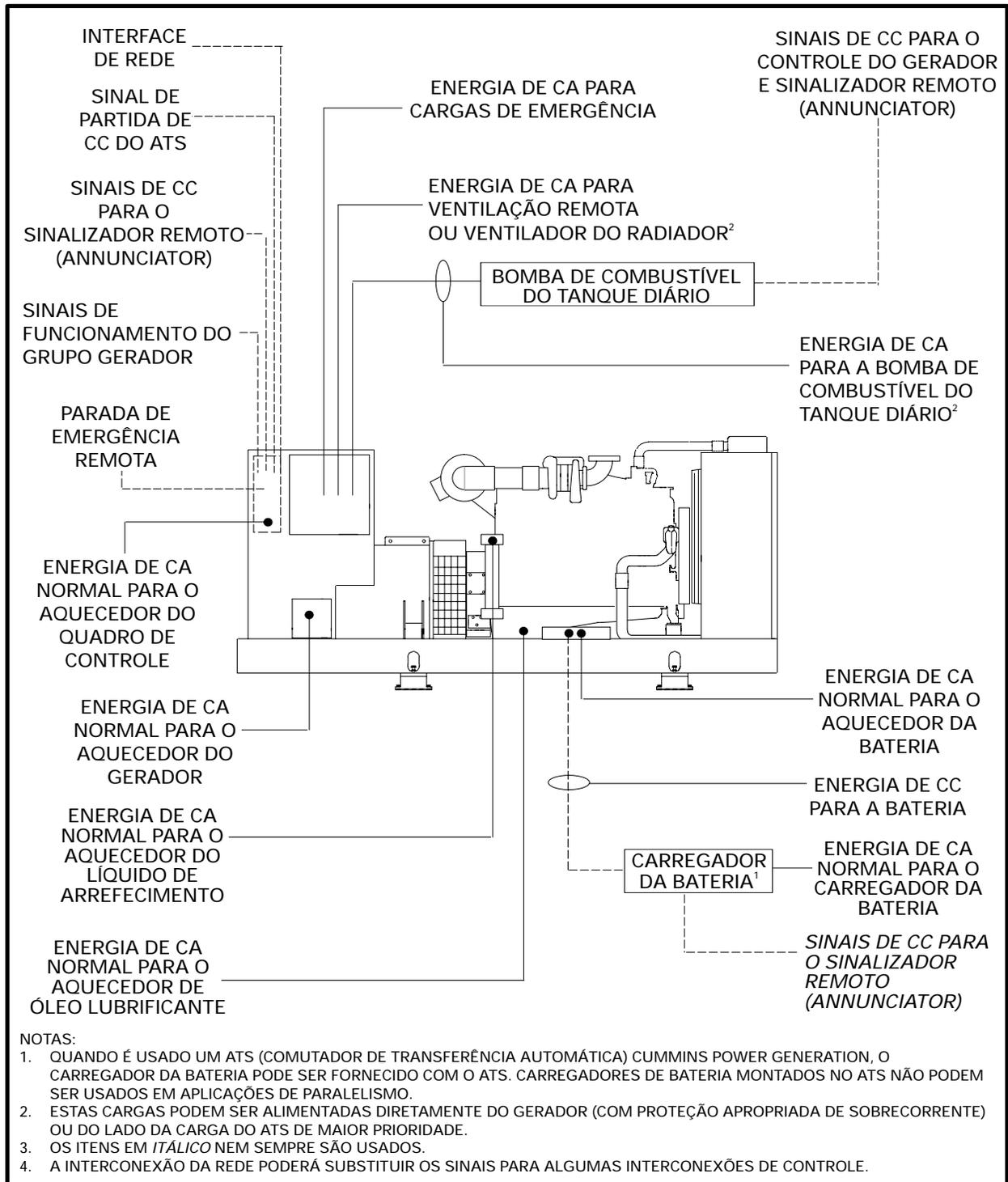


Figura 5-1. Fiação Típica de Controle e de Acessórios de um Grupo Gerador

Condutores de CA

A saída CA do grupo gerador é conectada aos condutores de campo instalados dimensionados conforme exigido pelas cargas correntes, pela aplicação e pelas normas. Os condutores dos terminais do gerador até o primeiro dispositivo contra sobrecorrente são considerados condutores de derivação e podem funcionar em curtas distâncias sem proteção contra curto-circuito. O disjuntor de um gerador pode ser instalado na extremidade de carga dos condutores de alimentação do gerador (por exemplo, disjuntores de paralelismo no quadro de comutação de paralelismo ou um disjuntor principal no painel de distribuição) e ainda oferecer proteção contra sobrecarga para os condutores.

Se o grupo gerador não for equipado na fábrica com um disjuntor da linha principal, a amperagem dos condutores de fase de CA instalados pelo campo a partir dos terminais de saída do gerador até o primeiro dispositivo de sobrecorrente deverá ser pelo menos igual a 115% da corrente de carga nominal total, sem despotenciamento por temperatura ou altitude. A amperagem dos condutores pode ser 100% da corrente de carga nominal total se o grupo gerador estiver equipado com o PowerCommand™.

O fabricante do grupo gerador especificará as classificações de ampère-linha de um dado grupo gerador na voltagem específica necessária. Se desconhecida, calcule usando uma das seguintes fórmulas :

$$I_{\text{LINHA}} = \frac{\text{kW} \cdot 1000}{V_{\text{L-L}} \cdot 0.8 \cdot 1.73} \text{ OU } I_{\text{LINHA}} = \frac{\text{kVA} \cdot 1000}{V_{\text{L-L}} \cdot 1.73}$$

Onde:

I_{LINHA} = Corrente da linha (amps).

kW = Classificação em quilowatts do grupo gerador.

kVA = Classificação em kVA do grupo gerador.

$V_{\text{L-L}}$ = Voltagem nominal linha-a-linha.

Consulte os esquemas (a) e (b) na **Figura 5-2**. O comprimento dos condutores de derivação do gerador até o primeiro dispositivo de sobrecorrente deve ser mantido tão curto quanto possível (geralmente de 25 a 50 pés).

NOTA: Se o gerador for fornecido com cabos, a bitola dos cabos pode ser menor que a necessária para os condutores instalados pelo campo porque o gerador tem cabos do tipo CCXL ou similar, capacidade nominal de isolamento a altas temperaturas de 125° C ou mais.

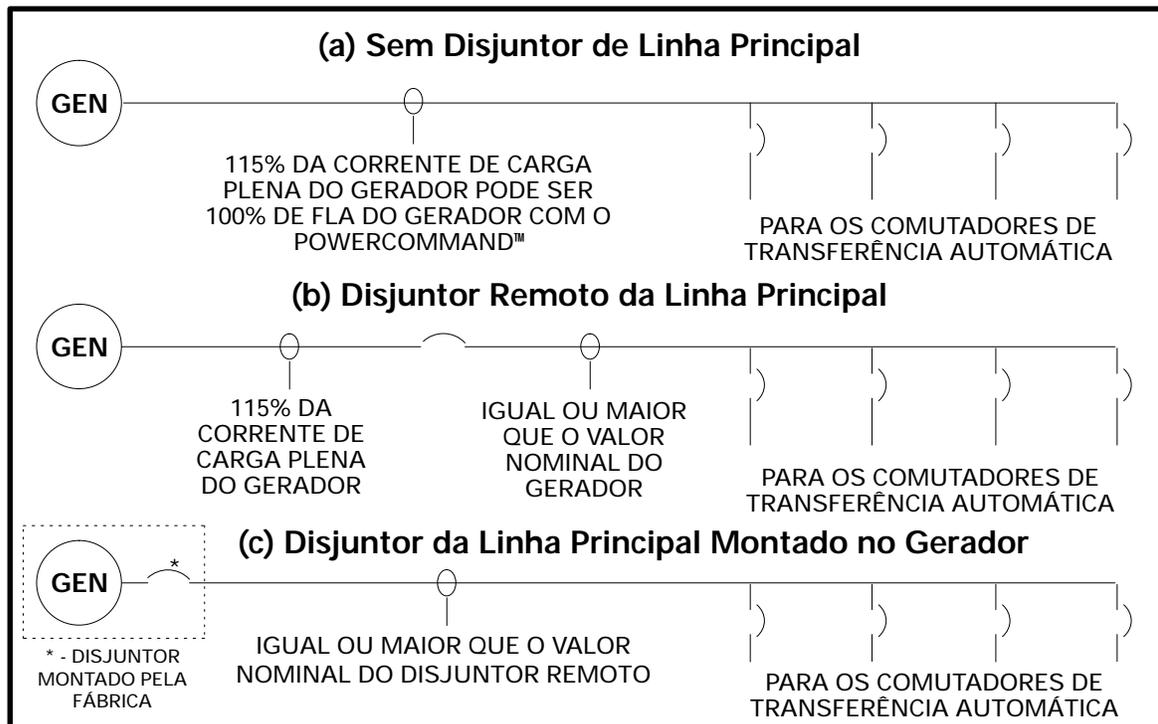


Figura 5-2. Amperagem do Alimentador

Se o grupo gerador for equipado de fábrica com um disjuntor da linha principal, a amperagem do campo instalado nos condutores das fases de CA conectados aos terminais do disjuntor deverá ser maior ou igual à da classificação do disjuntor. Veja o Esquema (c) na **Figura 5-2**.

Geralmente, a amperagem mínima do condutor do neutro pode ser maior ou igual do que o máximo calculado para o desbalanceamento de carga monofásica. Em aplicações onde uma parte significativa da carga é não-linear, o neutro deverá ser dimensionado de acordo com a corrente estimada do neutro mas nunca menos do que 100% da nominal. O neutro do gerador fornecido pela Cummins Power Generation tem amperagem igual aos condutores das fases.

Nota: O cabo de voltagem média (maior que 600 VCA) deve ser instalado e terminado exatamente como recomendado pelo fabricante, por pessoas treinadas sob supervisão.

Cálculos de Queda de Voltagem: A impedância dos condutores devida à resistência e reatância causa a queda de voltagem num circuito de CA. Para obter o desempenho esperado do equipamento de carga, os condutores devem ser dimensionados de modo que a voltagem não caia além de 3% num circuito de ramificação ou de alimentação, ou de 5% entre a queda de serviço e o equipamento de carga. Embora cálculos exatos sejam complexos, podem ser estabelecidas aproximações bastante razoáveis através da seguinte relação:

$$V_{\text{QUEDA}} = \frac{(I_{\text{FASE}} \cdot Z_{\text{CONDUTOR}})}{V_{\text{NOMINAL}}}$$

Exemplo de Cálculo: Calcule a porcentagem de queda de voltagem em 500 pés num cabo de cobre 1/0 AWG em um condúite de aço que alimenta uma carga trifásica de 100 kW, 480 volts, (linha-a-linha) impondo um FP (Fator de Potência) de 0,91.

$$Z(\text{ohms}) = \frac{L}{(1000 \cdot N)} [(R \cdot \text{pf}) + X \sqrt{(1 - \text{pf}^2)}]$$

Onde:

Z = Impedância do condutor

R = Resistência do condutor

X = Reatância do condutor

L = comprimento do condutor em pés

N = número de condutores por fase

fp = Fator de potência

R = 0,12 ohms/1000 pés (NEC Capítulo 9, Tabela 9, Resistência para condutores de cobre 1/0 AWG em condúite de aço.)

X = 0,055 ohms/1000 pés (NEC Capítulo 9, Tabela 9, Reatância para condutores de cobre 1/0 AWG em condúite de aço.)

$$Z = \frac{500}{(1000 \cdot 1)} [0.12 \cdot 0.91 + 0.055 \sqrt{(1-0.91^2)}]$$

$$= 0.066 \text{ por cento}$$

$$I_{\text{FASE}} = \frac{\text{kW}}{\text{kV} \cdot 1.73} = \frac{100}{0.48 \cdot 1.73}$$

$$= 120.3 \text{ amps}$$

$$V_{\text{QUEDA}} (\%) = 100 \cdot \frac{120.3 \cdot 0.066}{480}$$

$$= 1.65 \text{ por cento}$$

Desbalanceamento Permitido para Carga Monofásica: As cargas monofásicas devem ser distribuídas tão uniformemente quanto possível entre as três fases de um grupo gerador trifásico de modo a utilizar plenamente a capacidade nominal (kVA e kW) do grupo gerador e limitar o desbalanceamento da voltagem. A **Figura 5-3** pode ser utilizada para determinar a porcentagem máxima permitida de desbalanceamento de carga monofásica, como ilustra o exemplo de cálculo.

A potência monofásica pode ser tomada até 67% da classificação trifásica nos grupos geradores da Cummins Power Generation, até 200/175 kW.

Geralmente, quanto maior for o grupo gerador, menor será a potencia monofásica que pode ser tomada. A **Figura 5-3** inclui as linhas de porcentagem de potência monofásica dos geradores de tamanhos intermediários, Chassi-4 e Chassi-5 da Cummins Power Generation. Confirme o tamanho do chassi consultando a Folha de Dados aplicável do Alternador indicada na Folha de Especificações do grupo gerador. O desbalanceamento da carga monofásica não deverá exceder 10%.

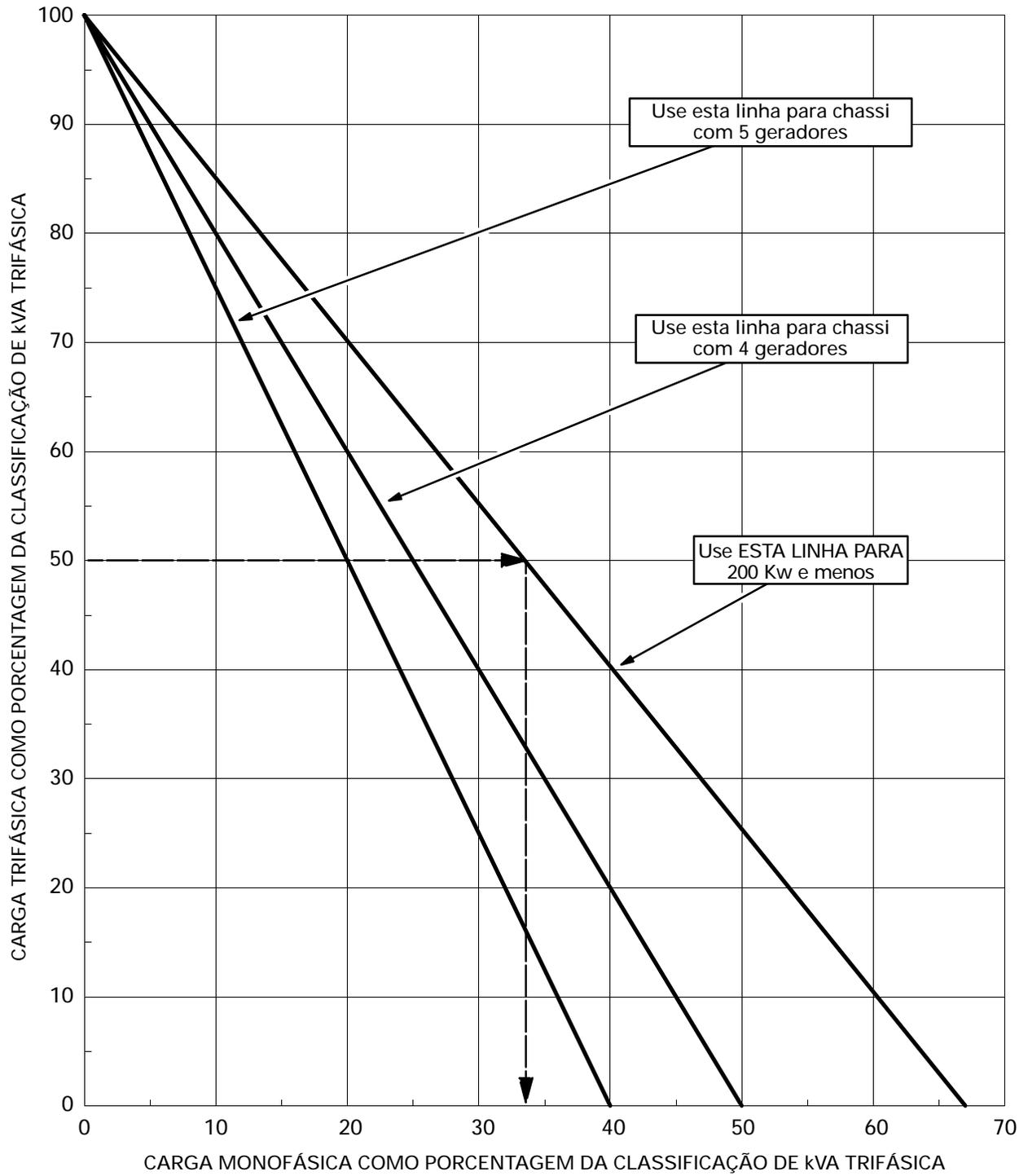


Figura 5-3. Desbalanceamento Permitido para Carga Monofásica (Típico Gerador Trifásico da Cummins Power Generation)

Exemplo de Cálculo: Calcule a carga monofásica máxima que pode ser alimentada com uma carga trifásica total de 62 kVA por um grupo gerador de 100kW/125 kVA.

1. Calcule a carga trifásica como uma porcentagem da classificação de kVA do gerador:

$$\% \text{ de Carga Trifásica} = \left(\frac{62 \text{ kVA}}{125 \text{ kVA}} \right) \cdot 100\% = 50\%$$

2. Calcule a porcentagem de carga monofásica permitida, como mostram as setas na **Figura 5-3**. Neste caso, ela é de aproximadamente 34% da classificação trifásica.

3. Calcule a carga monofásica máxima:

$$\text{Carga Monofásica Máxima} = \left(\frac{125 \text{ kVA} \cdot 34\%}{100\%} \right) = 42.5 \text{ kVA}$$

4. Note, como segue, que a soma das cargas trifásica e monofásica máxima permitida é menor que a classificação de kVA do grupo gerador:

$$62 \text{ kVA} + 42.5 \text{ kVA} = 104.5 \text{ kVA}$$

e

$$104.5 \text{ kVA} < 125 \text{ kVA} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Classificação do} \\ \text{Grupo Gerador} \end{array} \right)$$

NOTA: O desbalanceamento da carga de um grupo gerador causa o desbalanceamento das voltagens das fases. Os níveis de desbalanceamento de carga calculados por estas técnicas não deverão resultar em danos ao grupo gerador. Entretanto, os níveis correspondentes de desbalanceamento de voltagem podem não ser aceitáveis para cargas como motores trifásicos.

Devido ao desbalanceamento da voltagem de fase, as cargas críticas deverão ser conectadas na fase que o regulador de voltagem usa como voltagem de referência (L_1 - L_2 como definido no esquema do grupo gerador) quando apenas uma fase é utilizada como referência.

Redução do Fator de Potência pela Carga

Os grupos geradores trifásicos são classificados para operação contínua com FP 0,8 (normal) e podem operar durante curtos períodos com fatores de potência mais baixos, como na partida de motores. As cargas reativas que podem causar a redução do fator de potência podem fornecer energia de excitação para o alternador e, se alta o

suficiente, pode fazer a voltagem do alternador aumentar descontroladamente, danificando o alternador ou as cargas, ou desarmando o equipamento de proteção. A **Figura 5-4** é uma curva típica da capacidade de potência reativa (kVAR) de um alternador. Uma diretriz razoável é que um grupo gerador pode suportar até 10% de sua capacidade nominal de kVAR com cargas que reduzam o fator de potência sem ser danificado ou perder o controle da voltagem de saída.

As fontes mais comuns de redução do fator de potência são sistemas UPS levemente carregados, com filtros de entrada e dispositivos de correção do fator de potência para motores. A estabilidade pode ser melhorada carregando-se o grupo gerador com as cargas que aumentem o fator de potência antes das cargas que reduzam o fator de potência. Também é aconselhável conectar e desconectar os condensadores de correção do fator de potência com a carga. Geralmente, não é prático superdimensionar um grupo gerador (conseqüentemente reduzindo a porcentagem de carga não-linear) para corrigir este problema.

Aterramento do Sistema e dos Equipamentos

Veja a seguir uma descrição geral do aterramento do sistema e dos equipamentos para geradores de CA permanentes. Estas diretrizes são apenas um guia. É importante que sejam satisfeitas as normas elétricas locais.

Aterramento do Sistema (Ligação à Terra): O aterramento do sistema (ligação à terra) é o aterramento intencional do ponto de neutro de um gerador conectado em estrela, o vértice de um gerador conectado em triângulo, ou o ponto médio do enrolamento monofásico de um gerador conectado em triângulo, com a terra. É mais comum aterrar o ponto de neutro de um gerador conectado em estrela e transformar o neutro (condutor aterrado do circuito) em um sistema trifásico de 4 fios.

Um sistema triângulo com vértice aterrado possui um condutor aterrado do circuito que não é um neutro. Ele também possui uma "ramificação selvagem" que deve ser identificada por uma codificação na cor laranja e conectada no pólo intermediário de um equipamento trifásico.

Aterramento Sólido: Um sistema solidamente aterrado é aterrado diretamente por um condutor (condutor do eletrodo de aterramento) sem impedância intencional com a terra (eletrodo de aterramento). Este método é normalmente usado, e exigido pelas normas elétricas, em todos os sistemas de baixa voltagem (600 volts ou menos) com um condutor aterrado do circuito (geralmente um neutro) que alimenta as cargas L-N.

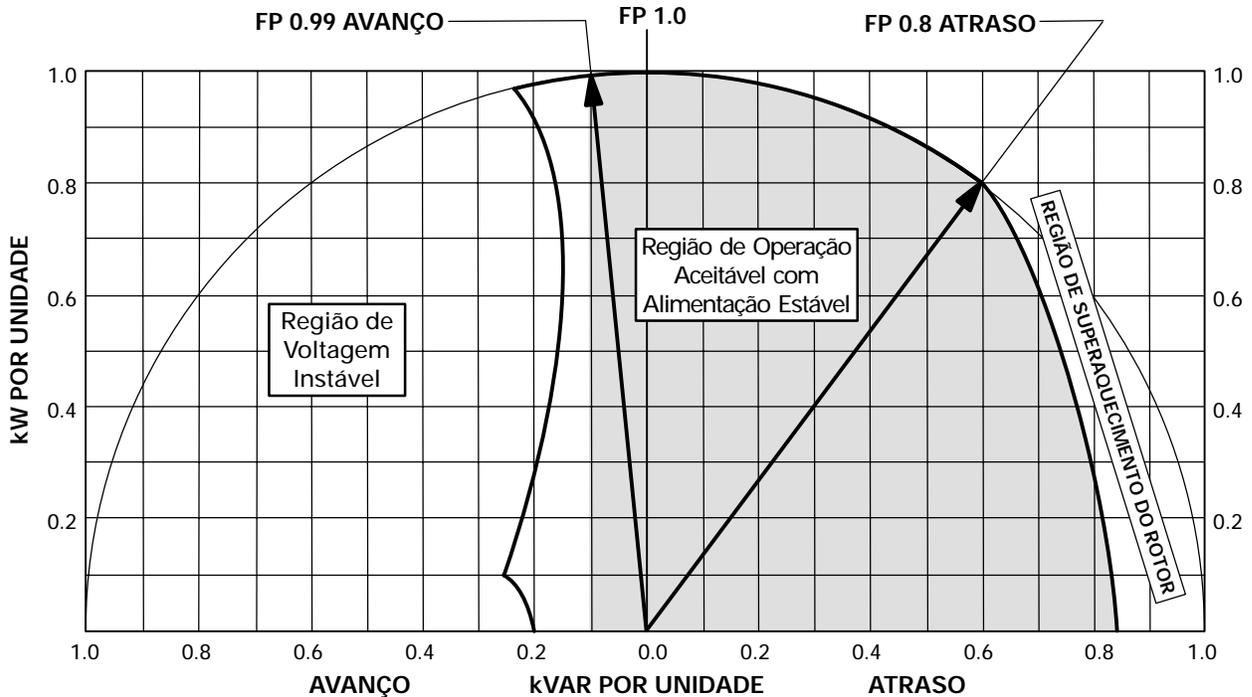


Figura 5-4. Curva Típica da Capacidade de Potência Reativa de um Alternador de Estado Sólido

O aterramento correto em sistemas standby aterrados solidamente é uma função do equipamento de comutação de transferência (neutro sólido ou neutro comutado) utilizado. Veja a **Figura 5-5**.

O terminal de neutro de um gerador Cummins Power Generation não é conectado à terra. Se o gerador for uma fonte de energia derivada separadamente (p.ex. comutador de transferência com 4 pólos), um electricista de instalação deverá conectar o neutro à terra e um condutor do eletrodo de aterramento ao sistema do eletrodo de aterramento.

Se o neutro do gerador for conectado a um neutro aterrado, geralmente no bloco de neutro de um comutador de transferência com 3 pólos, o neutro do gerador não deverá ser aterrado no gerador. Neste caso, a norma elétrica pode exigir que seja colocado um sinal na alimentação de serviço indicando que o neutro do gerador está aterrado nesse lugar.

Impedância (Resistência) de Aterramento: Uma resistência de aterramento é instalada permanentemente no caminho entre o ponto de neutro do gerador e o eletrodo de aterramento. Ocasionalmente, este método é utilizado em sistemas trifásicos de três fios (sem condutor aterrado do circuito) operando em 600 volts ou menos em locais onde deve ser mantida a continuidade de energia com a primeira e única falha acidental de terra. Transformadores estrela-triângulo podem ser utilizados no sistema de distribuição para derivar um neutro para o equipamento de carga linha-neutro.

Geralmente, um sistema de baixa tensão e resistência alta aterrada usa um resistor de aterramento dimensionado para limitar a corrente de falha de terra, na tensão linha-neutro, em 25, 10, ou 5 ampères nominais (classificação de tempo contínuo). Geralmente, também são instalados sistemas de detecção de falha de terra e de alarme.

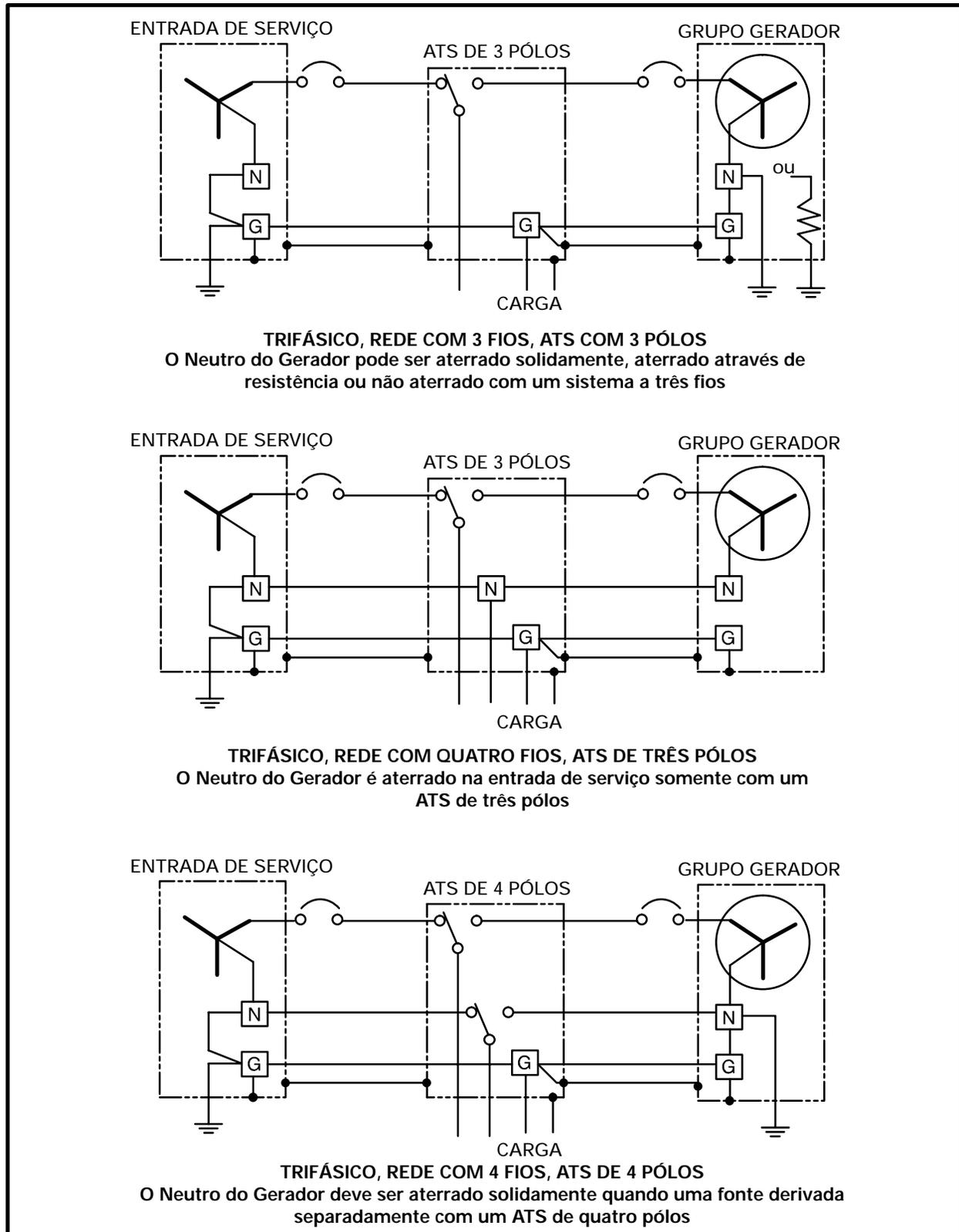


Figura 5-5. Diagramas de Uma Linha Típicos de Métodos Alternativos de Aterramento de Sistemas

Selecione uma resistência de aterramento baseado em:

1. Classificação de Voltagem: Voltagem fase-a-fase (voltagem do sistema) dividida pela raiz quadrada de três (1,73).
2. Classificação de Corrente: Baixa o suficiente para limitar os danos, porém alta o suficiente para uma operação confiável dos relés de proteção.
3. Classificação de Tempo: Geralmente 10 segundos para os sistemas de relés de proteção e maior tempo para sistemas sem relés.

*NOTA: O aterramento com baixa resistência é recomendado em sistemas geradores operando entre 601 a 15.000 volts a fim de limitar o nível de corrente de falha de terra (geralmente de 200 a 400 ampères) e permitir tempo para a coordenação seletiva dos relés de proteção. Veja a **Figura 5-6** e **Aterramento de Voltagem Média**.*

Não aterrado: Nenhuma conexão intencional é feita entre o sistema do gerador de CA e a terra. Este método é usado ocasionalmente em sistemas trifásicos de três fios (sem condutor aterrado do circuito) operando a 600 volts ou menos, em locais onde é exigido, ou desejável, manter a continuidade da energia com uma falha de terra, e existam eletricitistas de serviço qualificados. Um exemplo seria a alimentação de carga para um processo crítico. Podem ser utilizados transformadores estrela-triângulo no sistema de distribuição para derivar um neutro para o equipamento de carga linha-neutro.

Aterramento do Equipamento (Ligação à Terra): O aterramento do equipamento (ligação à terra) é a ligação entre si e a conexão com a terra de todos os conduítes metálicos que não transportam corrente (durante a operação normal), gabinetes dos equipamentos, base do gerador, etc. O equipamento de aterramento fornece um caminho permanente, contínuo e de baixa impedância elétrica para o retorno à fonte de energia. O aterramento correto praticamente elimina o “potencial de toque” e facilita o desarme dos dispositivos de proteção durante as falhas de terra. Uma ponte de ligação principal na fonte liga o sistema de aterramento do equipamento ao condutor aterrado do circuito (neutro) do sistema de CA em um único ponto. Um

local de conexão de aterramento é fornecido na estrutura do alternador ou, se for fornecido um disjuntor montado no grupo, é fornecido um terminal de aterramento dentro da caixa do disjuntor. Veja a **Figura 5-7**.

Coordenação Seletiva

Coordenação Seletiva: É a eliminação imediata de uma falha de curto-circuito em todos os níveis de corrente de falha pelo dispositivo de sobrecorrente no lado de linha da falha e somente por esse dispositivo. “A eliminação incômoda” de uma falha por dispositivos de sobrecorrente após o dispositivo mais próximo à falha causa a interrupção desnecessária de ramificações sem falha no sistema de distribuição e pode causar a partida desnecessária do sistema de emergência.

As falhas de energia elétrica incluem falhas externas, tais como corte ou total ou parcial da energia da concessionária e falhas internas dentro no sistema de distribuição de um edifício, tais como uma falha de curto-circuito ou sobrecarga que faz com que um dispositivo de proteção contra corrente excessiva abra o circuito. Como os sistemas de emergência e standby destinam-se a manter a energia para certas cargas críticas, o sistema de distribuição elétrica deve ser projetado para maximizar a continuidade da energia na eventualidade de uma falha dentro do sistema. Portanto, o sistema de proteção contra sobrecorrente deverá ser coordenado seletivamente.

A proteção contra sobrecorrente para o equipamento e os condutores que fazem parte do sistema de energia de emergência ou standby, inclusive o gerador local, deverão atender as normas elétricas aplicáveis. Contudo, em aplicações onde o sistema de emergência alimenta cargas críticas para a segurança à vida, como em hospitais ou grandes edifícios, deve ser dada maior prioridade à manutenção da continuidade da energia do que à proteção do sistema de emergência. Por exemplo, seria mais apropriado apenas uma indicação de alarme de sobrecarga ou de falha de terra do que abrir um disjuntor para proteger o equipamento se o resultado fosse a perda da energia de emergência para cargas críticas de segurança à vida.

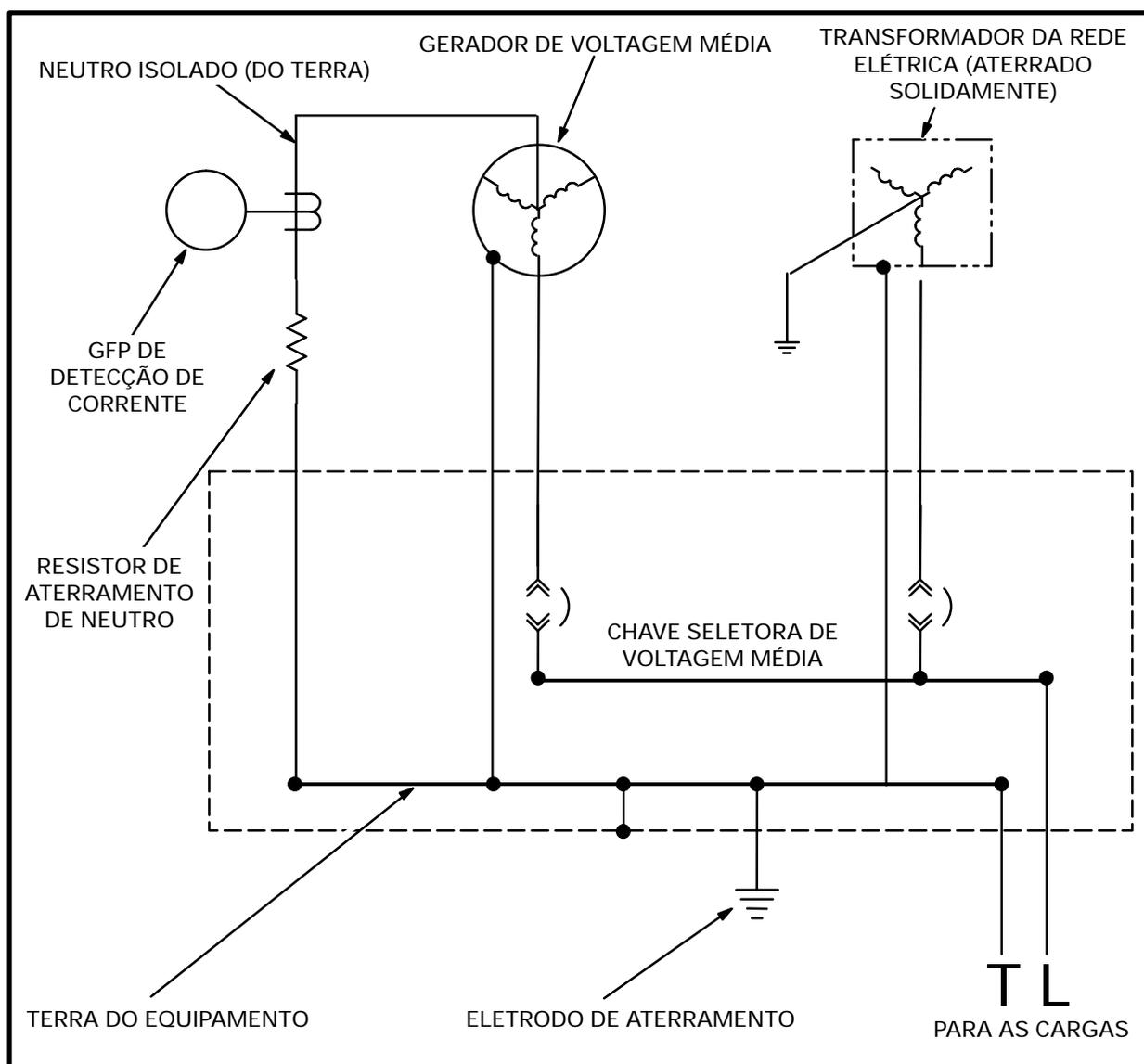


Figura 5-6. Sistema Típico de Aterramento de Baixa Resistência para um Grupo Gerador de Tensão Média e Equipamento de Transferência de Carga

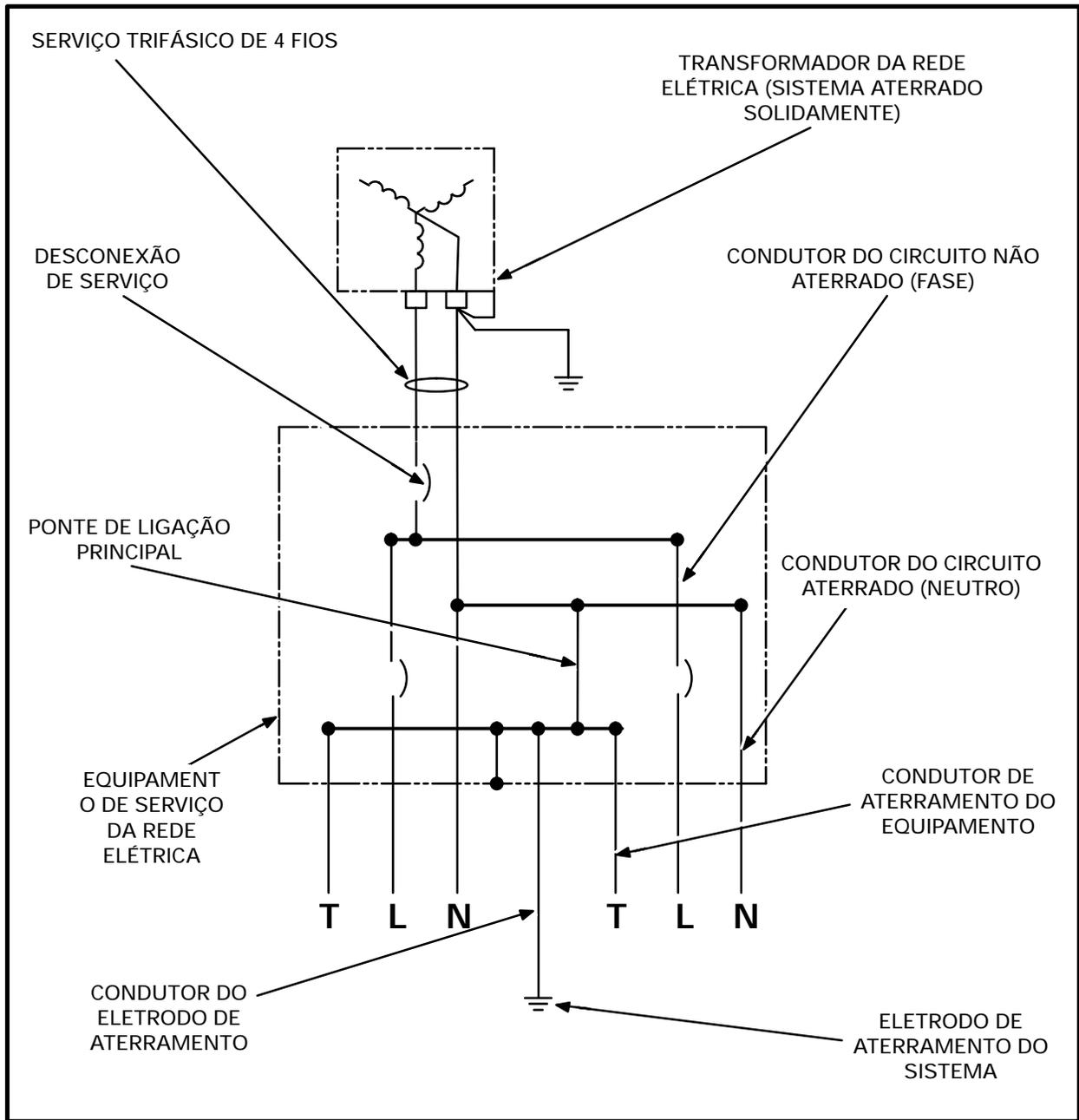


Figura 5-7. Sistema e Conexões de Aterramento Típicos nos Equipamentos da Concessionária de Energia Elétrica

Para fins de coordenação, a corrente de curto-circuito disponível nos poucos primeiros ciclos de um grupo gerador é importante. Ela independe do sistema de excitação e depende somente das características magnéticas e elétricas do gerador. A corrente máxima no primeiro ciclo trifásico de curto-circuito simétrico (I_{SC}) disponível de um gerador em seus terminais é:

$$I_{SC} = \frac{E_{CA}}{X''_{d(Gr. Ger)}} \text{ (ampères)}$$

Ou, considerando-se uma unidade:

$$I_{SC} \text{ pu} = \frac{1}{X''_{d(Gr. Ger.)}}$$

E_{CA} é a voltagem do circuito aberto e X''_d é a reatância subtransiente direta por unidade do eixo do gerador. O valor X''_d para um grupo gerador típico da Cummins Power Generation fornecerá 8 a 12 vezes sua corrente nominal em uma falha trifásica, independentemente do tipo de sistema de excitação. (Consulte as Folhas de Especificações do grupo gerador e as folhas de dados do alternador para obter os valores de X''_d).

As reatâncias do gerador são indicadas por unidade para a classificação básica específica de um alternador. Todavia, os grupos geradores possuem várias classificações básicas. Conseqüentemente, para converter reatâncias em unidades a partir de um alternador básico para o grupo gerador básico, utilize a seguinte fórmula:

$$P.U.Z_{novo} = P.U.Z_{dado} = \left(\frac{kV_{dado \text{ básico}}}{kV_{novo \text{ básico}}} \right)^2 \left(\frac{kVA_{novo \text{ básico}}}{kVA_{dado \text{ básico}}} \right)$$

Exemplo de Cálculo: Calcule X''_d (reatância subtransiente do alternador) para o grupo gerador a diesel da Cummins Power Generation, Modelo 230DFAB, classificado para 230 kW/288 kVA em 277/480 VCA. O Boletim S-1009a para este modelo faz referência à Folha de Dados do Alternador No. 303. A ADS No. 303 indica que $X''_d = 0,13$ para o alternador no ponto de classificação de plena carga de 335 kW/499 kVA e 277/480 VCA (125° C de elevação de temperatura). Substituindo-se estes valores na equação anterior:

$$X''_{d(\text{Grupo gerador})} = X''_{d(ADS)} \cdot \left(\frac{kV_{ADS}}{kV_{\text{grupo gerador}}} \right)^2 \left(\frac{kVA_{\text{grupo gerador}}}{kVA_{ADS}} \right)$$

$$X''_{d(Gr. Ger)} = 0,13 \cdot \left(\frac{0,48}{0,48} \right)^2 \left(\frac{288}{499} \right) = 0,075$$

Recomendações sobre a Localização do Equipamento: Para uma coordenação seletiva, recomenda-se que os comutadores de transferência estejam localizados no lado de carga do dispositivo de sobrecorrente do circuito de ramificação, onde for possível no lado da linha de um painel de comando do circuito de ramificação. Com o comutador de transferência no lado da carga do dispositivo de sobrecorrente do circuito de ramificação, as falhas no lado da carga do comutador de transferência não resultarão na transferência das ramificações sem falha do sistema de emergência para o gerador juntamente com a ramificação com falha.

Esta recomendação é consistente com as recomendações de confiabilidade geral para a instalação de comutadores de transferência o mais próximo possível do equipamento de carga, e para dividir as cargas do sistema de emergência nos menores circuitos possíveis utilizando-se vários comutadores de transferência.

Uma segunda recomendação é usar um gerador de sustentação (excitação PMG) para liberar positivamente os disjuntores de ramificação de carcaça moldada. Um gerador de sustentação pode oferecer uma vantagem na liberação dos disjuntores de carcaça moldada de mesma classificação de corrente, porém características de tempo-corrente diferentes.

Proteção contra Falhas e Corrente Excessiva nos Grupos Geradores

Dimensionamento de um Disjuntor da Linha Principal do Gerador

O dimensionamento de um disjuntor da linha principal do gerador geralmente segue uma destas abordagens:

A abordagem mais comum é dimensionar o disjuntor com a mesma classificação ou na classificação imediatamente após a classificação de corrente com carga plena do gerador. Por exemplo, um disjuntor de 800 ampères deverá ser selecionado para um gerador com uma classificação de corrente com carga plena de 751 ampères. A principal vantagem desta abordagem é o custo; os cabos e o painel de distribuição ou o comutador de transferência podem ser dimensionados na classificação do disjuntor de 800 ampères. Se o disjuntor for classificado na forma padrão (80% contínua), ele poderá abrir automaticamente em níveis

abaixo da classificação de corrente com carga plena do gerador. Entretanto, o grupo gerador provavelmente não irá operar próximo ou na kW de carga plena e no fator de potência nominal o tempo suficiente para desarmar o disjuntor em uso. Como alternativa, pode ser utilizado um disjuntor de 800 ampères classificado em 100% que fornecerá continuamente os 800 ampères.

Uma segunda abordagem para o uso de disjuntores padrão (80% contínua) é superdimensionar o disjuntor em 1,25 vezes a corrente de carga plena do gerador. Por exemplo, para um gerador com classificação de corrente de carga plena de 751 ampères, deveria ser selecionado um disjuntor de 1000 ampères ($751 \text{ ampères} \times 1,25 = 939 \text{ ampères}$; a classificação de disjuntor imediatamente acima é igual a 1000 ampères). Um disjuntor selecionado desta forma não deverá desarmar sob carga plena em kW no fator de potência nominal (kVA nominal). A desvantagem deste método é que os cabos e o painel de distribuição ou o comutador de transferência deverão ser dimensionados em pelo menos 1000 ampères.

Uma terceira abordagem é dimensionar os disjuntores em função dos cálculos para um alimentador e seu dispositivo de sobrecorrente – sabendo-se que o principal objetivo dos disjuntores é proteger os condutores de alimentação. As classificações de amperagem do alimentador e do dispositivo de sobrecorrente são calculadas somando-se as correntes de carga do circuito de ramificações multiplicadas por um fator de demanda (FD) permitido pelas normas elétricas aplicáveis. *Sem considerar capacidades futuras*, a amperagem mínima do alimentador exigida para uma aplicação típica de grupo gerador envolvendo cargas de motores e de não-motores devem ser iguais ou exceder:

- 1,25 x corrente da carga não-motor contínua, mais
- 1,00 x FD (fator de demanda) x corrente da carga não-motor e não-contínua, mais
- 1,25 x a maior corrente de motor com carga plena, mais
- 1,00 x soma das correntes com carga plena de todos os outros motores.

Como o grupo gerador é dimensionado para cargas de partida (avalanche) e de operação, e também para incluir capacidades futuras, a corrente do grupo gerador com carga plena pode ser maior do que a amperagem calculada dos condutores de alimentação do gerador e dos disjuntores.

Se este for o caso, considere o aumento da amperagem dos condutores de alimentação e da classificação dos disjuntores de modo que os disjuntores não desarmem com a corrente de carga plena indicada na plaqueta de identificação do gerador. Isto também deverá permitir o aumento de capacidade futura para incluir circuitos de ramificações.

NOTA: Um teste estendido com carga plena pode desarmar um disjuntor de linha principal dimensionado na ou abaixo da classificação de corrente com carga plena do grupo gerador.

Fontes de Grupos Geradores

Quando a energia do sistema de emergência é fornecida por um grupo gerador, é necessário incluir disjuntores de ramificações (geralmente do tipo de carcaça moldada) com uma alta probabilidade de desarme, independentemente do tipo de falha que possa ocorrer em um circuito de ramificação.

Quando um grupo gerador está sujeito a uma falha fase-terra, ou a algumas falhas fase-a-fase, ele fornecerá várias vezes mais corrente do que a corrente nominal, independentemente do tipo do sistema de excitação. Geralmente, isto desarma o elemento magnético de um disjuntor de ramificação e elimina a falha. Com um grupo gerador auto-excitado, existem exemplos de falhas trifásicas e certas falhas fase-fase onde a corrente de saída do gerador aumentará inicialmente para um valor cerca de 10 vezes a corrente nominal e então cairá rapidamente para um valor bem abaixo da corrente nominal em alguns ciclos. Com um grupo gerador sustentado (PMG), as correntes iniciais de falha são as mesmas, porém a corrente cai para um valor de corrente de curto-circuito sustentado variando de aproximadamente 3 vezes a corrente nominal de uma falha trifásica para aproximadamente 7-1/2 vezes a corrente nominal de uma falha de fase-terra.

A queda na corrente de falha de um gerador auto-excitado requer que os disjuntores de ramificações destravem e abram em 0,025 segundos nos quais flui a corrente máxima. Um disjuntor de ramificação que não desarme e isole uma falha pode fazer o gerador auto-excitado colapsar, interrompendo a energia para as ramificações sem falhas do sistema de emergência. Um gerador sustentado (PMG) não colapsa e tem a vantagem de fornecer aproximadamente três vezes a corrente nominal durante vários segundos que deverão ser suficiente para o rearme dos disjuntores de ramificações.

Utilizando as classificações de corrente de carga plena do grupo gerador e do disjuntor da ramificação, o método a seguir determina se um disjuntor de ramificação desarmará em uma falha trifásica ou simétrica de fase-a-fase. O método determina apenas se o desarme é possível sob condições de curto-circuito com a corrente de falha disponível, e não garante o desarme para todos os valores de corrente de falha (falhas em arco, por exemplo, onde a impedância da falha é alta).

Como a maioria das tabelas de disjuntores indica a corrente como uma porcentagem da classificação do disjuntor, a corrente de falha disponível deve ser convertida em uma porcentagem da classificação do disjuntor. Use a fórmula abaixo para determinar a corrente de falha disponível como porcentagem da classificação do disjuntor (CB) para um gerador de CA capaz de fornecer inicialmente 10 vezes a corrente nominal ($X''_d = 0,10$), ignorando a impedância do circuito entre o gerador e o disjuntor:

$$\text{Corrente de Falha como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{10 \cdot \text{Corrente Nominal do Gerador}}{\text{Corrente Nominal do Disjuntor}} \right) \cdot 100\%$$

Considere o efeito de uma falha (curto-circuito) em um disjuntor de ramificação de 100 ampères quando a energia é fornecida por um grupo gerador com uma corrente nominal de 347 ampères. Neste exemplo, independentemente do sistema de excitação, a corrente de falha disponível para os primeiros 0,025 segundos é:

$$\text{Corrente de Falha como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{10 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 3470\%$$

Se o gerador de CA for tal que possa sustentar três vezes a corrente nominal, use a seguinte fórmula para calcular a corrente aproximada como porcentagem da classificação do disjuntor:

$$\text{Corrente Sustentada como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{3 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 1040\%$$

As **Figuras 5-8 e 5-9** mostram os resultados com dois disjuntores termomagnéticos de carcaça moldada e 100 ampères, tendo características de desarme diferentes, "A"

e "B". Com a característica de desarme "A" (Figura 5-8), a corrente de falha inicial de 3470% desarmará o disjuntor em até 0,025 segundos. Com a característica de desarme "B" (Figura 5-9), o disjuntor poderá não desarmar com os 3470% da corrente disponível inicialmente, porém desarmará em aproximadamente 3 segundos se a corrente de falha for sustentada em 1040% da classificação do disjuntor (três vezes a classificação do gerador). A conclusão é que um gerador sustentado (PMG) oferece a vantagem de fornecer corrente de falha suficiente para desarmar os disjuntores de ramificações.

A aplicação do gerador, seu sistema de excitação e a voltagem de operação determinam a duração da proteção contra sobrecarga dos geradores e dispositivos de proteção utilizados.

NOTA: A discussão a seguir aplica-se à instalações de um único circuito, 2000 kW e menores. Consulte o manual T-016 da Cummins Power Generation sobre Paralelismo e Chaves Seletoras de Paralelismo para obter os requisitos de proteção de vários geradores em paralelo.

Proteção dos Geradores contra Sobrecarga

Se em aplicações de emergência/standby com voltagem baixa (600 volts ou menos), onde são alimentadas cargas críticas, e o grupo gerador funciona durante um número relativamente pequeno de horas por ano, deverão ser satisfeitos os requisitos de proteção mínima das normas elétricas aplicáveis. Além disso, o engenheiro responsável pelas especificações deverá considerar a questão entre a proteção do equipamento e a continuidade de energia para cargas críticas e poderá decidir por um nível de proteção acima do mínimo.

Em aplicações de energia prime ou ininterruptas de baixa voltagem, a perda de energia resultante do acionamento dos dispositivos de proteção seria tolerável e, portanto, um nível mais alto de proteção do equipamento seria apropriado.

Zona de Proteção: A zona de proteção para geradores inclui o gerador e os condutores dos terminais do gerador até o primeiro dispositivo de sobrecorrente; um dispositivo de sobrecorrente principal-linha (se usado), ou o barramento do dispositivo de sobrecorrente do alimentador. A proteção contra sobrecorrente do gerador deverá incluir proteção contra falhas de curto-circuito em qualquer ponto desta zona.

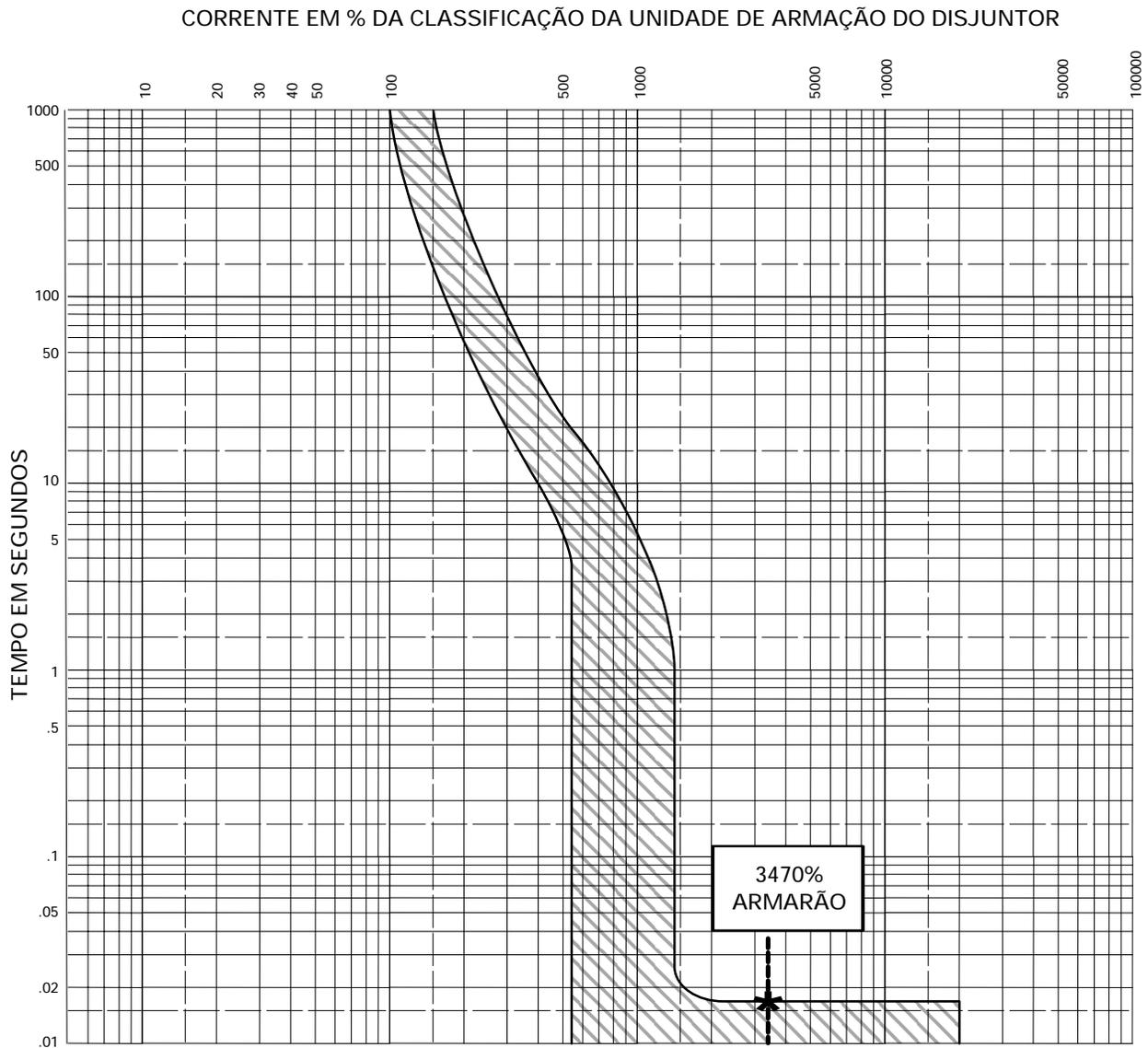


Figura 5-8. Efeito de Falha em um Disjuntor de 100 Ampères com Característica "A" de Desarme

No lado anterior do barramento do alimentador, aplica-se a prática padrão para a proteção contra sobrecorrente nos condutores e equipamentos. A razão entre a corrente nominal do gerador e a classificação dos dispositivos de sobrecorrente anteriores, multiplicada pela corrente de curto-circuito disponível no gerador nos primeiros ciclos, deverá ser suficiente para desarmar estes dispositivos em um ou dois ciclos.

Sistemas de Emergência/Standby de 600 Volts ou Menos:
A proteção mínima de sobrecarga do gerador exigida pelas

normas elétricas aplicáveis é recomendada para aplicações de Emergência/Standby de 600 volts ou menos. Em geral, isto significa que o gerador deverá ser fornecido com dispositivos contra sobrecorrente de fase como fusíveis ou disjuntores, ou ser protegido por um projeto inerente como o PowerCommand AmpSentry™. Em algumas aplicações, as normas elétricas também podem exigir uma indicação de falha de terra.

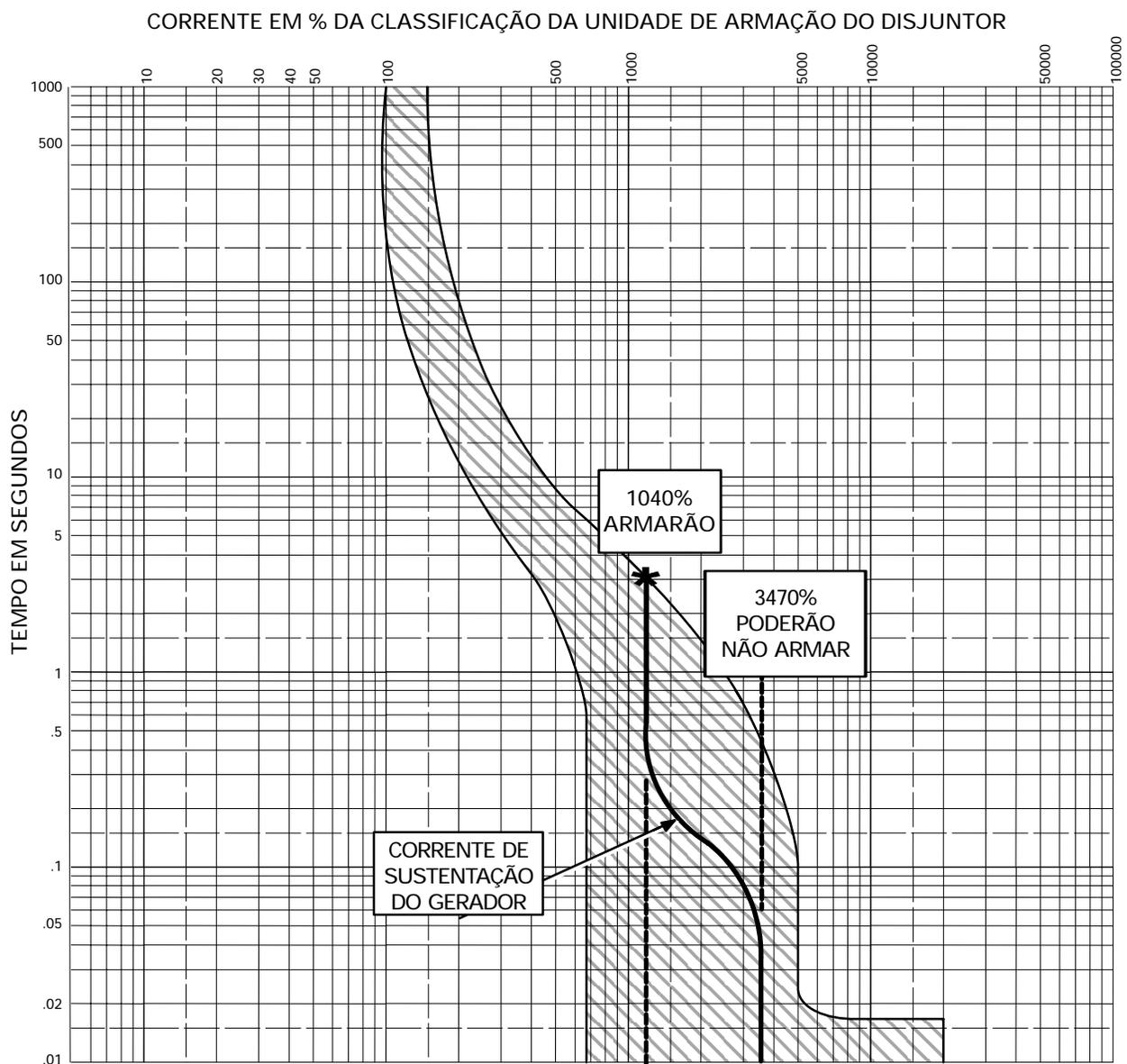


Figura 5-9. Efeito de Falha em um Disjuntor de 100 Ampères com Característica "B" de Desarme

Disjuntor do Gerador: A prática convencional em geradores sem proteção inerente contra a sobrecorrente é fornecer um disjuntor com carcaça moldada (MCCB), seja termomagnético ou de circuito integrado, dimensionado para proteger os condutores de alimentação do gerador para atender os requisitos das normas elétricas de proteção contra sobrecarga do gerador. Entretanto, um MCCB termomagnético típico, dimensionado para conduzir a corrente nominal do gerador, não fornece proteção efetiva ao gerador. Geralmente, se forem utilizados disjuntores para a proteção do gerador, um disjuntor de circuito integrado com ajustes totais (muito tempo, pouco tempo e instantâneo, LSI) será exigido para coordenar a curva de proteção do disjuntor

dentro da curva de capacidade térmica do gerador. Em casos em que o gerador é protegido por projeto inerente, como geradores com PowerCommand AmpSentry™, não será necessária usar um disjuntor da linha principal para a proteção contra sobrecarga do gerador.

Existem outras razões para considerar o uso de um disjuntor; como a proteção dos condutores de alimentação do gerador, e para se ter meios de desconexão. Para melhorar a confiabilidade de todo o sistema, pode ser fornecido um meio de desconexão através de um comutador de carcaça moldada ou por outros meios não automáticos.

Projeto Inerente, Falhas Balanceadas: Pode-se considerar a proteção de um gerador auto-excitado (ponte) através de um projeto inerente, uma vez que o mesmo não é capaz de sustentar corrente de curto-circuito em falhas trifásicas balanceadas o tempo suficiente para que ocorram danos sérios ao gerador. Considerando-se a necessidade de alta confiabilidade de energia para cargas críticas, o uso de ponte de excitação é às vezes tido como suficiente para atender a proteção mínima do gerador exigida pelas normas elétricas através de projeto inerente e tornar desnecessários os dispositivos de proteção contra sobrecorrente (fusíveis ou disjuntores).

Nota: Na América, as normas elétricas permitem que os condutores de alimentação do gerador, dimensionados em 115% da corrente nominal do gerador, possam ser colocados em curtas distâncias sem proteção contra sobrecorrente.

Um gerador com excitação PMG sem o PowerCommand é capaz de sustentar correntes de curto-circuito com uma falha desbalanceada ou balanceada. Se dispositivos de proteção contra sobrecorrente anteriores ao gerador não conseguirem eliminar uma falha de curto-circuito trifásica **balanceada**, o sistema de excitação PMG tem uma função de desligamento por superexcitação que servirá como “reserva”. Esta função de superexcitação desliga o regulador de voltagem após cerca de 8-10 segundos. Esta proteção de reserva é adequada apenas para falhas trifásicas e não protege o gerador contra danos por falhas monofásicas.

Controles PowerCommand e AmpSentry: O PowerCommand usa um microcontrolador (microprocessador) com sensores de corrente trifásica para monitorar continuamente a corrente em cada fase. Sob condições de falha monofásica ou trifásica, a corrente é regulada em cerca de 300% da classificação do gerador. O microcontrolador integra corrente versus tempo e compara o resultado com uma curva de referência de danos térmicos do gerador. Antes de atingir a curva de danos, o microcontrolador protege o gerador desconectando a excitação e o motor. A **Figura 5-10** mostra a curva de proteção do AmpSentry¹ para uso em estudos de proteção e coordenação. A curva de danos térmicos do alternador é mostrada à direita da curva de proteção do AmpSentry.

Uma sobrecarga de corrente de 110% da nominal durante 60 segundos provoca o acionamento de um alarme de sobrecarga e dos contatos de escoamento da carga. Uma sobrecarga acima de 110% fará com o tempo de resposta de proteção seja determinado pelo inverso do tempo da curva de proteção. Estes controles fornecem proteção ao gerador em toda a faixa de tempo e corrente, desde curtos-circuitos instantâneos, sejam eles monofásicos ou trifásicos, até sobrecargas de vários minutos de duração. Em termos de coordenação seletiva, uma importante vantagem do AmpSentry em relação a um disjuntor principal é que o AmpSentry possui um atraso inerente de cerca de 0,6 segundos para todas as falhas de corrente acima de 4 por unidade. Este atraso permite a resposta instantânea dos disjuntores à frente para eliminar falhas sem desligar o gerador, proporcionando coordenação seletiva com o primeiro nível de disjuntores à frente.

Indicação/Proteção contra Falha de Terra: Na América, as normas elétricas exigem que haja indicação de uma falha de terra nos geradores de emergência e standby (segurança à vida) solidamente aterrados, operando com mais de 150 volts com a terra, e com dispositivos principais de sobrecorrente classificados para 1000 ampères ou mais. Se exigido, a prática padrão em aplicações de emergência/standby é fornecer somente uma indicação de travamento de uma falha de terra e não desarmar um disjuntor. Embora possa ser fornecida a proteção de falha de terra do equipamento que abre um disjuntor principal do gerador, isto não é exigido pelas normas e nem é recomendado em geradores de emergência (segurança à vida).

O funcionamento correto dos sensores de falha de terra em grupos geradores geralmente exige que o gerador seja derivado separadamente e o uso de um comutador de transferência com 4 pólos (neutro comutado)².

Energia Prime e Ininterrupta, 600 Volts ou Menos: A proteção contra sobrecorrente do gerador exigida pelas normas elétricas na América do Norte é recomendada para aplicações de energia prime e ininterrupta com 600 volts ou menos. Normalmente, isto significa que o gerador deverá ser provido de dispositivos de sobrecorrente por fases, como fusíveis ou disjuntores, ou ser protegido por projeto inerente.

¹ A curva de proteção do Power Command AmpSentry é disponível para os representantes da Cummins Power Generation; pedir o formulário R-1053.

² Consultar a publicação T-016 da Cummins Power Generation sobre Paralelismo e Chave Seletora de Paralelismo.

As unidades equipadas com o controle PowerCommand com o AmpSentry oferecem tal proteção. Se for desejado um nível mais alto de proteção, o PowerCommand oferece também as seguintes proteções inerentes em todas as fases:

- Curto-circuito
- Voltagem excessiva
- Voltagem baixa
- Perda do campo
- Energia reversa

Como dito anteriormente, o controle PowerCommand com AmpSentry oferece proteção contra sobrecorrente e perda de campo inerente ao seu projeto.

Voltagem Média, Todas as Aplicações

Em aplicações de voltagem média (601–15.000 volts), a prática padrão de oferecer proteção ao gerador geralmente não compromete a confiabilidade no fornecimento de energia desde que seja possível a seleção de dispositivos. O custo do investimento em equipamentos também garante um nível mais elevado de proteção. A proteção mínima básica inclui (veja a **Figura 5-11**):

- Detecção de sobrecorrente reserva trifásica (51V)
- Um relé de tempo-sobrecorrente de terra de reserva (51G)
- Detecção de perda do campo (40)
- Detecção de sobrecorrente trifásica instantânea para proteção diferencial (87).

Consulte a Norma ANSI/IEEE No. 242 para obter informações adicionais sobre a proteção contra sobrecorrente destes geradores.

Proteção Contra Altas Tensões em Geradores de Voltagem Média: Deve-se considerar a proteção de geradores de voltagem média contra altas tensões provocadas por quedas de raios nas linhas de distribuição e pelas operações de comutação. A proteção mínima inclui:

- Protetores de linha nas linhas de distribuição
- Pára-raios nos terminais do gerador
- Condensadores contra picos nos terminais do gerador
- Observância estrita às boas práticas de aterramento.

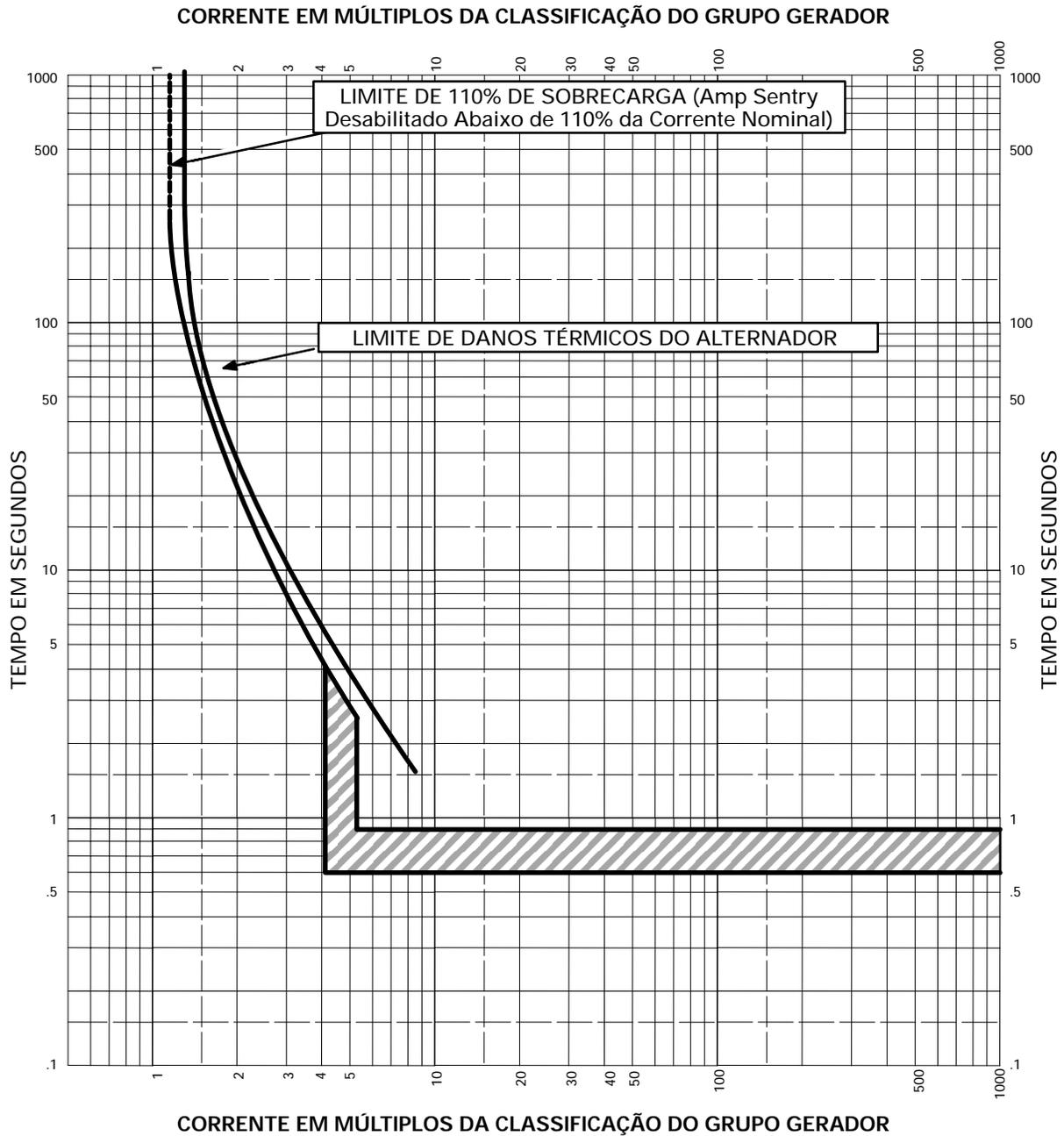


Figura 5-10. Curva Característica de Proteção AmpSentry™ do Controle PowerCommand® e Curva de Danos do Alternador. (Nota: Esta curva aplica-se a todos os Grupos Geradores PowerCommand da Cummins)

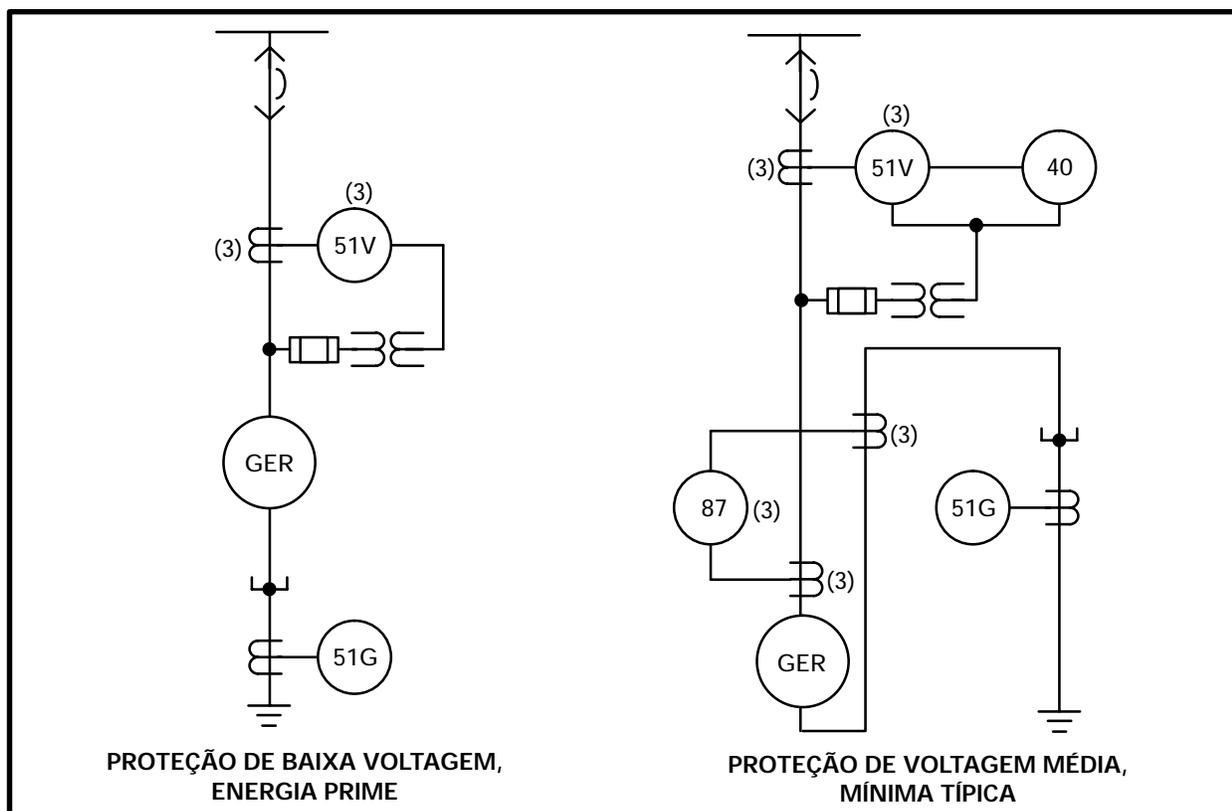


Figura 5-11. Esquema Típico de Proteção

6 PROJETO MECÂNICO

Fundação e Montagem

Montagem e Isolamento de Vibração do Grupo Gerador

O projeto de instalação deve prover uma fundação apropriada para suportar o grupo gerador e evitar que os nocivos ou incômodos níveis de energia resultantes da vibração do grupo gerador sejam transmitidos à estrutura do edifício. Além disso, a instalação deve assegurar que a infra-estrutura de suporte do grupo gerador não permita que suas vibrações sejam transmitidas à partes estacionárias do equipamento.

Todos os componentes que se conectam fisicamente ao grupo gerador devem ser flexíveis para absorver o movimento de vibração sem danos. Os componentes que requerem isolamento são o sistema de escape do motor, as linhas de combustível, a fiação de alimentação da energia de CA, a fiação da carga, a fiação de controle (a qual deve ter fios flexíveis em vez de fios sólidos), o grupo gerador (a partir dos coxins de montagem) e os dutos de ar de ventilação (para os grupos geradores com radiador montado no chassi) (veja a **Figura 6-1**). A falta de atenção ao isolamento destes pontos de interconexão física e elétrica pode resultar em danos por vibração ao edifício ou ao grupo gerador e falhas do grupo gerador em serviço.



Figura 6-1. Provisões Anti-Vibração para um Grupo Gerador Típico

O motor, o alternador e outros equipamentos integrados ao grupo gerador são geralmente montados no conjunto da estrutura da base, ou *skid*. O *skid* é uma estrutura rígida que garante a integridade estrutural e oferece um grau de isolamento de vibrações. A fundação, o piso ou o teto devem

ser capazes de suportar o peso do grupo gerador montado e seus acessórios (como um tanque de combustível sob a base), bem como resistir às cargas dinâmicas e não transmitir ruídos e vibrações indesejados.

Note que em aplicações onde o isolamento das vibrações é crítico, o peso do conjunto montado pode incluir uma fundação sólida de montagem (consulte *Provisões para a Fundação* nesta seção).

O tamanho, o peso e as configurações de montagem variam muito entre fabricantes e equipamentos. Consulte as instruções de instalação do fabricante do modelo específico instalado para informações detalhadas sobre pesos e dimensões de montagem¹.

Provisões para a Fundação

Piso com Laje: Para muitas aplicações, não é necessária uma fundação sólida para o grupo gerador. Se a transmissão das vibrações para o edifício não for um problema, a questão principal será a instalação do grupo gerador de modo que seu peso seja suportado apropriadamente e que a manutenção da unidade seja feita facilmente. Deve ser colocada uma base de concreto sobre o piso de concreto para elevar o grupo gerador a uma altura conveniente para os serviços e facilitar a limpeza em torno da unidade.

- A base deve ser construída com concreto reforçado com cura de 28 dias e uma força de compressão de pelo menos 17.200 kPa (2.500 psi).
- A base deve ter pelo menos 150 mm (6 polegadas) de profundidade e estender-se pelo menos em 150 mm (5 polegadas) para fora da estrutura em todos os lados.

Consulte nos desenhos do fabricante do grupo gerador as localizações físicas das linhas de combustível, as interconexões de controle e de energia e outras interfaces que deverão ser embutidas no concreto. Essas interfaces variam consideravelmente entre os fornecedores.

Os isoladores de vibração devem ser fixados na base de montagem com parafusos Tipo J ou L (cavilhas ou ganchos) embutidos na base de concreto. O posicionamento dos parafusos “embutidos” é problemático, visto que mesmo pequenos erros podem causar perda de tempo para refazer a furação na base da estrutura. Alguns projetos de grupos geradores permitem o uso de parafusos ancorados no concreto. Estes requerem que os pontos de montagem

sejam cuidadosamente posicionados em função da localização real dos pontos de montagem no grupo gerador e nos isoladores.

A base de montagem do grupo gerador deve ser nivelada e plana para permitir a montagem e ajuste corretos do sistema de isolamento de vibrações. Certifique-se de que a base de montagem esteja nivelada no sentido do comprimento, da largura e diagonalmente.

Pilares (Plintos): Como alternativa, o grupo gerador pode ser montado sobre pilares de concreto (plintos) orientados ao longo do comprimento da estrutura do grupo gerador. Esta disposição permite o fácil posicionamento de uma bandeja sob o grupo gerador, permitindo mais espaço para serviços no grupo gerador. Os pilares devem ser chumbados no solo.

Fundação para Isolamento de Vibrações

Quando é preciso montar um grupo gerador sobre uma fundação para reduzir a transmissão de vibrações ao edifício, outras considerações são necessárias. A **Figura 6-2** ilustra uma fundação típica de isolamento de vibrações.

- O peso (W) da fundação pelo ser de pelo menos 2 vezes o peso do grupo em si para resistir dinamicamente às cargas. (O peso do combustível em um tanque de combustível sob a base não deverá ser considerado no peso exigido da fundação de isolamento de vibrações, mesmo porque existem isoladores entre o tanque e o grupo gerador.)
- A fundação deverá sobressair em pelo menos 150 mm (6 polegadas) para fora da estrutura em todos os lados. Isto determina o comprimento (l) e a largura (w) da fundação.
- A fundação deverá sobressair em pelo menos 150 mm (6 polegadas) para cima do solo para tornar mais fáceis os serviços e a manutenção do grupo gerador.
- A fundação deverá se estender abaixo da linha de penetração do gelo para evitar o peso deste.
- A fundação deverá se concreto reforçado com 28 dias de força de compressão de pelo menos 17.200 kPa (2.500 psi).

¹ Informações detalhadas sobre os produtos da Cummins Power Generation podem ser encontradas no Cummins Power Suite, ou serem obtidas junto a um distribuidor autorizado.

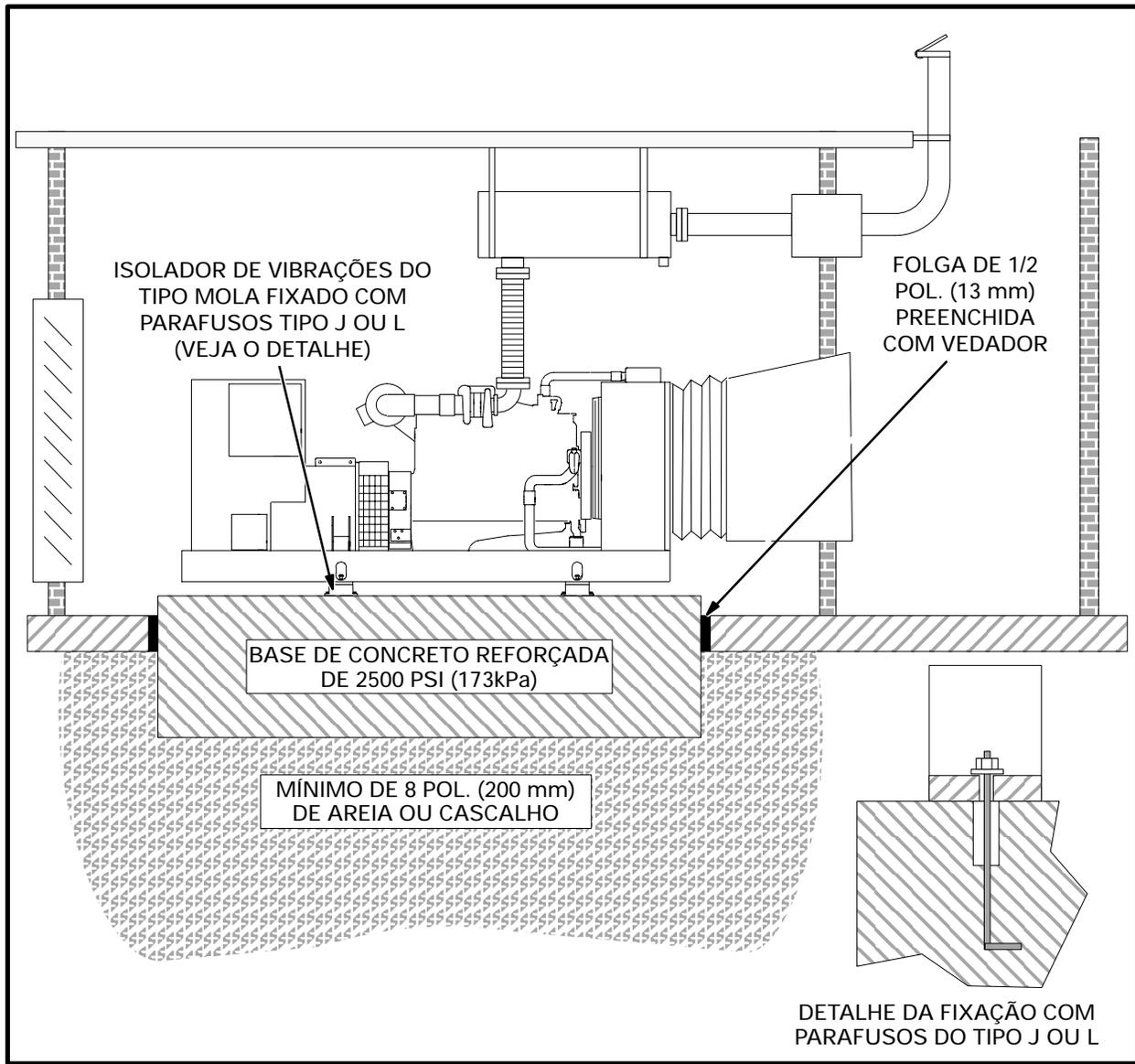


Figura 6-2. Fundação Típica de Isolamento de Vibrações

- Calcule a altura (h) necessária da fundação para obter o peso exigido (W) utilizando a seguinte fórmula:

$$h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w}$$

Onde:

h = Altura da fundação em metros (pés).

l = Comprimento da fundação em metros (pés).

w = Largura da fundação em metros (pés).

d = Densidade do concreto – 2322 kg/M³
(145 lb/pés³)

W = Peso úmido total do grupo gerador em kg (lbs).

- O peso total do grupo gerador, líquido de arrefecimento, combustível e fundação geralmente resulta em uma carga sobre o solo (SBL) de menos de 9.800 kg/m² (96 kPa) (2.000 lb-pé²). Embora dentro da capacidade de carga da maioria dos solos, calcule sempre a SBL permitida verificando a norma local e o relatório de análise do solo para o edifício. Lembre-se de incluir o peso do líquido de arrefecimento, do lubrificante e do combustível (se aplicável) ao fazer este cálculo. Calcule o SBL utilizando a seguinte fórmula:

$$SBL \text{ (psi)} = \frac{W}{l \cdot w \cdot 144}$$

$$SBL \text{ (kPa)} = \frac{W \cdot 20.88}{l \cdot w}$$

Exemplos de Cálculos (unidades americanas):

O peso úmido de um grupo gerador de 500 kW é de aproximadamente 4540 kg (10.000 libras) (incluindo o líquido de arrefecimento e lubrificantes). O *skid* tem 3 m (10 pés) de comprimento por 1 m (3,4 pés) de largura.

$$l = 10 + (2 \cdot 0,5) = 11 \text{ pés}$$

$$w = 3.4 + (2 \cdot 0,5) = 4,4 \text{ pés}$$

$$\text{Peso da fundação} = 2 \cdot 10.000 = 20.000 \text{ lb}$$

$$\text{Peso total} = \text{grupo gerador} + \text{fundação}$$

$$= 10.000 + 20.000 = 30.000 \text{ lbs}$$

$$SBL = \frac{30.000}{11 \cdot 4.4} = 620 \text{ lb/pé}^2$$

Isoladores de Vibrações

O motor e o alternador de um grupo gerador devem ser isolados da estrutura de montagem onde o grupo gerador é instalado. Alguns grupos geradores, especialmente os modelos de menor capacidade em kW, utilizam isoladores de vibração de neoprene/borracha que são introduzidos na máquina entre o motor/alternador e o *skid*². Em geral, o *skid* de tais grupos geradores pode ser fixado diretamente na fundação, no solo ou na subestrutura. Outros grupos geradores podem ser fornecidos com um projeto que possibilite que o conjunto motor/alternador seja fixado solidamente no conjunto do *skid*. Os grupos geradores que não têm recursos integrados de isolamento devem ser instalados com equipamentos de isolamento de vibrações como coxins, molas ou isoladores pneumáticos.

NOTA: O uso de parafusos para fixar diretamente no solo ou na fundação um grupo gerador que não tenha isoladores integrados resultará em excesso de ruídos e vibrações e possíveis danos ao grupo gerador, ao solo e a outros equipamentos. As vibrações também podem ser transmitidas através da base do edifício e danificar sua estrutura.

Coxins Isoladores: Os isoladores tipo coxim são compostos de camadas de materiais flexíveis projetadas para amortecer

os níveis de vibração em aplicações não-críticas, tais como aquelas em terrenos inclinados ou para grupos geradores montados em seus próprios gabinetes externos, ou onde sejam utilizados isoladores integrados com o grupo gerador. Os coxins isoladores variam em eficiência, mas geralmente têm um desempenho de cerca de 75%. Dependendo da construção, a eficiência destes isoladores também pode variar com a temperatura, uma vez que em temperaturas baixas a borracha de isolamento é muito menos flexível do que em temperaturas mais altas.

Molas Isoladoras: A **Figura 6-3** mostra um isolador de vibração com mola de aço do tipo exigido para a montagem de grupos geradores que não têm isoladores de vibração integrados. A figura mostra o coxim de borracha da base, o corpo do isolador, os parafusos de fixação, o parafuso de ajuste e a porca de travamento.

Estes isoladores com mola de aço podem amortecer até 98% da energia da vibração produzida pelo grupo gerador. Instale os isoladores de acordo com a documentação do fabricante do grupo gerador. Os isoladores podem não ser instalados simetricamente em torno do perímetro do grupo gerador, uma vez que as normas exigem que os mesmos sejam instalados em função do centro de gravidade da máquina. O número de isoladores exigidos varia com suas classificações e com o peso do grupo gerador. Veja a **Figura 6-4**.

Quando o grupo gerador é montado sobre um tanque de combustível sob a base, o isolador de vibração deve ser instalado entre o grupo gerador e o tanque de combustível.

Os isoladores de vibração do tipo mola devem ser escolhidos e instalados corretamente para fornecer um isolamento eficiente. O peso do grupo gerador deve comprimir o isolador o suficiente para permitir liberdade de movimento sem que o isolador escape da base durante a operação. Isto é feito selecionando-se os isoladores e seu número com base na classificação de peso do isolador e no peso total do grupo gerador.

O isolador deve ser ancorado positivamente na base de montagem do grupo gerador usando-se parafusos do tipo gancho (L ou J) ou cavilha (ancora no concreto).

² Os grupos geradores (200/175 kW e menores) da Cummins Power Generation possuem isoladores de vibrações em borracha localizados entre a estrutura e o conjunto motor-gerador e não requerem o uso de isoladores de vibrações externas para a maioria das aplicações.

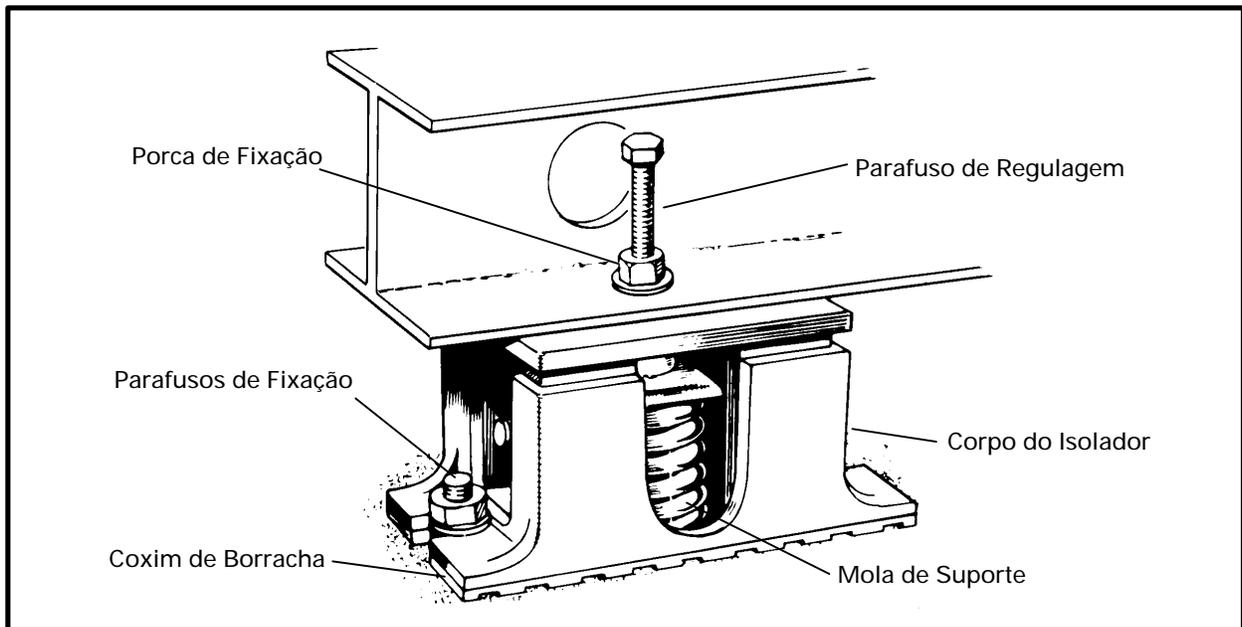


Figura 6-3. Isolador de Vibração com Mola de Aço

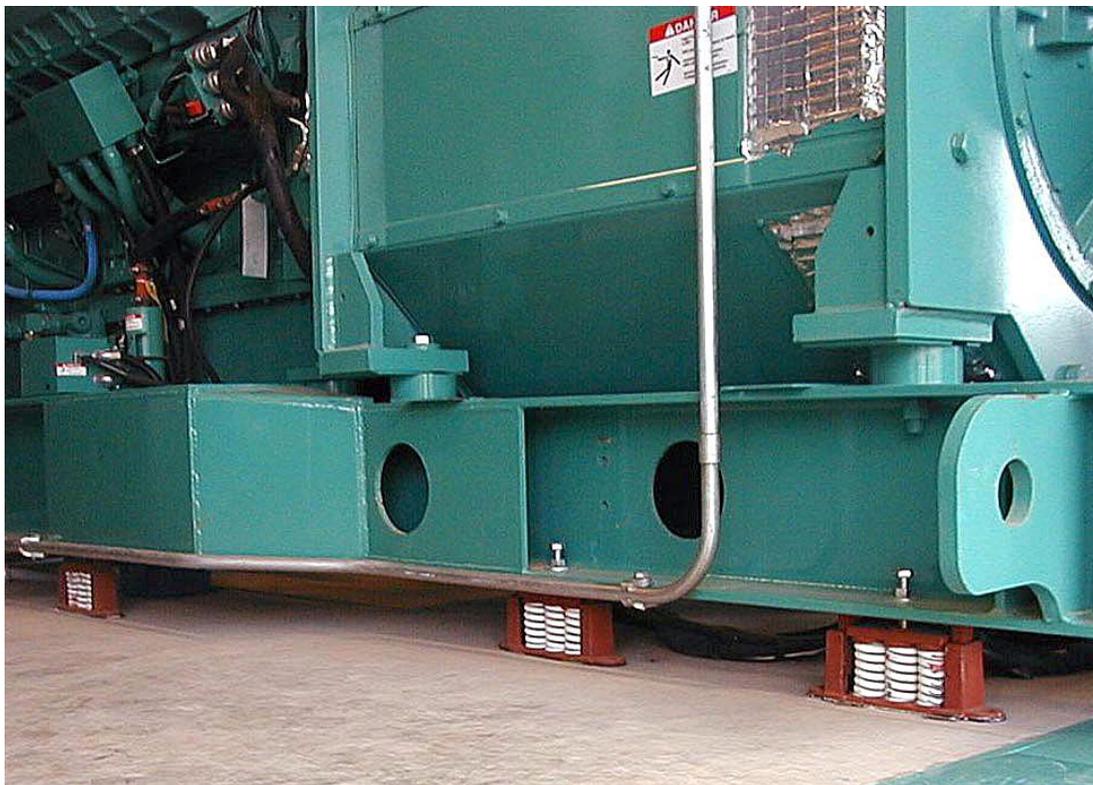


Figura 6-4. Grupo Gerador Montado com Isoladores de Vibração com Mola de Aço

Isoladores a Ar: Um isolador a ar (ou mola de ar) é uma coluna de gás confinado em um recipiente projetado para utilizar a pressão do gás como o meio de força da mola. Os isoladores a ar podem fornecer uma frequência natural

menor que aquela conseguida com elastômero (borracha) e com projetos especiais inferiores ao das molas helicoidais de aço. Estes isoladores oferecem uma capacidade de nivelamento ajustando-se a pressão do gás dentro da mola.

Os isoladores a ar requerem mais manutenção e as limitações de temperatura são mais restritivas do que com molas helicoidais. A rigidez dos isoladores a ar varia com a pressão do gás e não é constante, como a rigidez de outros isoladores. O resultado é que a frequência natural não varia com a carga no mesmo grau que outros métodos de isolamento. Uma falha ou um vazamento no sistema de fornecimento de ar pode provocar a falha completa dos isoladores.

O amortecimento nos isoladores a ar geralmente é baixo, com uma relação crítica de amortecimento da ordem de 0,05 ou menos. Este amortecimento é conseguido pela flexão do diafragma ou pela fricção nas paredes laterais, ou pelo amortecimento no gás. Incorporando-se uma resistência capilar ao fluxo (adição de um orifício no fluxo) pode-se aumentar o amortecimento entre o cilindro do isolador a ar e os tanques de desaeração.

Isoladores Utilizados em Locais Sujeitos a Abalos Sísmicos: Os grupos geradores instalados em áreas sujeitas a abalos sísmicos 2 ou 3 podem requerer o uso de isoladores que imobilizem o grupo gerador durante um sismo. Estes isoladores são semelhantes aos isoladores não-sísmicos, exceto que incluem tiras de amarração para evitar que o grupo gerador desprendam-se de seus isoladores devido ao movimento da estrutura que suporta o gerador.

Consulte um engenheiro especializado em estruturas para uma revisão das aplicações que devem ser qualificadas sismicamente.

Resistência a Terremotos

Os grupos geradores da Cummins Power Generation, quando montados e fixados corretamente, são adequados para aplicações em regiões reconhecidas de risco sísmico. São necessárias considerações especiais de projeto para a montagem e proteção de equipamentos com densidade de massa típica de grupos geradores. O peso do grupo gerador, o centro de gravidade e as localizações dos pontos de montagem estão indicados nos desenhos dos grupos geradores da Cummins Power Generation.

Componentes como linhas de distribuição de eletricidade, líquido de arrefecimento e combustível devem ser projetados para suportar um mínimo de danos e para facilitar os reparos no caso de ocorrência de um terremoto. Os comutadores de transferência, os painéis de distribuição, os disjuntores e os controles associados para aplicações críticas³ devem

ser capazes de executar suas funções pretendidas durante e após os abalos sísmicos, de modo que devem ser consideradas provisões específicas de montagem e de conexões elétricas.

Alívio de Tensões na Fiação de Força e de Controle

A fiação de força e principalmente a fiação de controle devem ser instaladas suportadas na estrutura mecânica do grupo gerador ou do painel de controle e não nos terminais ou terminações de conexões físicas. As provisões para alívio de tensões mecânicas, juntamente com o uso de fiação flexível de controle em vez de fiação rígida, ajudam a evitar falhas na fiação ou nas conexões resultantes de vibrações. Consulte o tópico Conexões Elétricas em *Projeto Elétrico*.

Sistema de Escape

Diretrizes Gerais do Sistema de Escape

A função do sistema de escape é conduzir com segurança os gases de escape do motor para fora do edifício e dispersar a fumaça, a fuligem e isolar o ruído do escape de pessoas e edifícios. O sistema de escape deve ser projetado para minimizar a contrapressão no motor. A restrição excessiva ao escape resultará em aumento no consumo de combustível, em temperaturas anormalmente altas do escape, em falhas relativas a altas temperaturas do escape e em excesso de fumaça preta.

Veja as **Figuras 6-5 e 6-6**. O projeto do sistema de escape deverá considerar:

- A tubulação de escape pode ser um tubo de ferro preto de bitola 40. Outros materiais aceitáveis incluem sistemas de escape pré-fabricados de aço inoxidável.

3 NOTA SOBRE O CÓDIGO AMERICANO: A NFPA110 requer estas características para os sistemas Nível 1 e Nível 2.

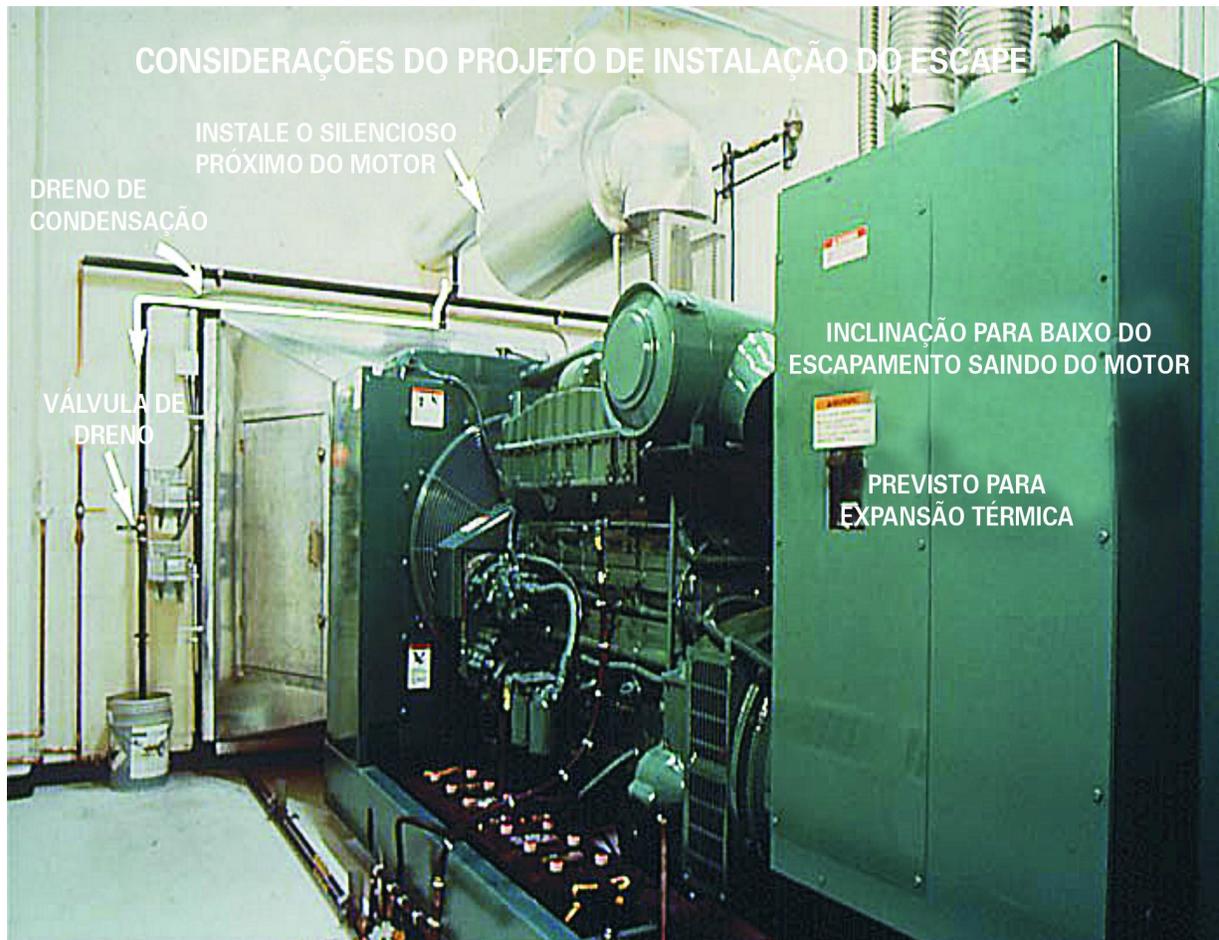


Figura 6-5: Características Típicas de um Sistema de Escape para um Gerador Instalado Dentro de um Edifício

- Uma tubulação de escape em aço inoxidável flexível e corrugado sem costura com pelo menos 610 mm (24 pol) de comprimento deve ser conectada na(s) saída(s) de escape do motor para permitir a expansão térmica e o movimento e vibração do grupo gerador sempre que este estiver montado sobre isoladores de vibração. Os grupos menores com isolamento de vibração integrado e parafusados diretamente no solo devem ser conectados por tubulações de escape de aço inoxidável corrugado sem costura com pelo menos 457 mm (18 pol) de comprimento. A tubulação flexível de escape não deve ser usada para formar dobras ou para compensar o alinhamento incorreto da tubulação de escape.
- Os grupos geradores podem ser fornecidos com conexões de escape tipo roscada, deslizante ou flange. As conexões roscadas ou flangeadas são menos sujeitas a vazamentos mas seu custo de instalação é maior.
- Ganchos ou suportes isolados e não-inflamáveis e NÃO a saída de escape do motor, devem suportar os silenciosos e a tubulação. O peso na saída de escape do motor pode causar danos ao coletor de escape do motor ou reduzir a vida do turbocompressor (quando utilizado) e pode fazer que a vibração do grupo gerador seja transmitida à estrutura do edifício. O uso de montantes com isoladores limitam ainda mais a indução da vibração na estrutura do edifício.
- Para reduzir a corrosão devida à condensação, deve ser instalado um silencioso tão próximo quanto possível do motor para que este aqueça rapidamente. A localização do silencioso próximo ao motor também melhora a atenuação sonora do silencioso. Os raios de curvas do tubo devem ser os mais longos possíveis.

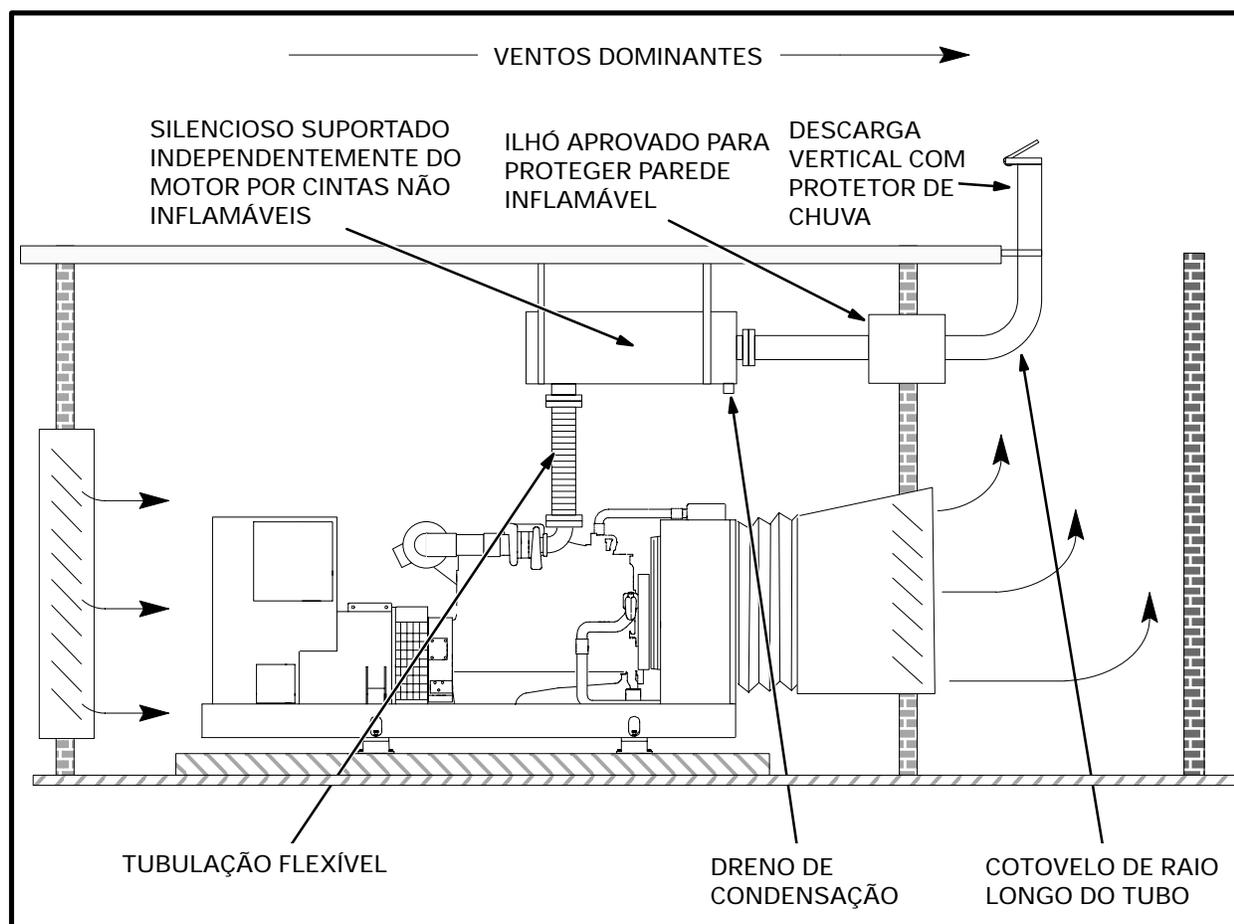


Figura 6-6: Sistema de Escape Típico

- O tubo de escape deve ser do mesmo diâmetro nominal que a saída de escape do motor (ou mais largo) em todo o sistema de escape. Certifique-se de que a tubulação tenha diâmetro suficiente para limitar a contrapressão de escape num valor dentro da classificação do motor utilizado. (Motores diferentes têm tamanhos de escape diferentes e limitações de contrapressão diferentes⁴.) Nunca use uma tubulação de diâmetro menor que a saída de escape. Uma tubulação mais larga que o necessário está mais sujeita à corrosão devido à condensação do que uma tubulação mais estreita. Tubos excessivamente largos também reduzem a velocidade de escape dos gases para dispersão na atmosfera.
- Todos os componentes do sistema de escape do motor devem incluir barreiras para evitar o contato acidental. A tubulação de escape e os silenciosos devem ser isolados termicamente para evitar queimaduras por contato acidental, evitar o acionamento de dispositivos

de detecção de incêndio e borrifadores, reduzir a corrosão devida à condensação e reduzir a quantidade de calor irradiado para a sala do gerador. As juntas de expansão, os coletores de escape do motor e as carcaças de turbocompressores nunca devem ser isolados, a menos que arrefecidos pelo líquido de arrefecimento. O isolamento de coletores de escape e turbocompressores pode resultar em temperaturas que podem destruir estes componentes, especialmente em aplicações onde o motor funcione durante um grande número de horas. A instalação da tubulação de escape pelo menos 2,3 metros (8 pés) acima do solo também ajuda a evitar o contato acidental com o sistema de escape.

- A tubulação de escape deve ser instalada pelo menos 230 mm (9 pol) distante de construções inflamáveis. Em aplicações nas quais a tubulação de escape deve passar através de paredes ou tetos inflamáveis, use ilhoses aprovados (Figuras 6-7 e 6-8).

⁴ O tamanho do sistema de escape e outros dados do escapamento para grupos geradores específicos são descritos no Cummins Power Suite.



Figura 6-7: Características do Sistema de Escape do Grupo Gerador. São mostrados: Silenciador com Dupla Entrada, Conectores Flexíveis, Ilhós da Tubulação de Escape e Ganchos de Montagem.

- A direção da saída do sistema de escape também deve ser considerada com atenção. O escape nunca deve ser direcionado para o teto de um edifício ou superfícies inflamáveis. O escape de um motor diesel é quente e contém fuligem e outros contaminantes que podem aderir nas superfícies vizinhas.
- Instale a saída do escape e direcione-a para fora das entradas de ar de ventilação.
- Se o ruído for um problema, direcione a saída do escape para fora dos locais críticos.
- O tubo de escape (aço) dilata-se cerca de 1,14 mm por metro de tubo para cada aumento de 100° C da temperatura do gás de escape em relação à temperatura ambiente (0,0076 polegadas por pé de tubo para cada aumento de 100° F). É necessário utilizar juntas de expansão do escape para absorver as dilatações ao longo do tubo. As juntas de expansão devem ser colocadas em cada ponto que o tubo de escape muda de direção. O sistema de escape deve ser suportado de modo que as dilatações sejam direcionadas para longe do grupo gerador. As temperaturas do escape são

fornecidas pelo fabricante do motor ou do grupo gerador para o motor específico utilizado⁵.

- As saídas horizontais da tubulação de escape devem ser voltadas para baixo, longe do motor, para as portas de saída ou para um coletor de condensação.
- Um coletor de condensação e um bujão devem ser colocados em pontos onde a tubulação eleva-se verticalmente para cima. Coletores de condensação também podem ser instalados com um silencioso. Os procedimentos de manutenção para o grupo gerador devem incluir a drenagem periódica da condensação do sistema de escape.
- Devem ser fornecidas provisões para evitar a entrada de chuva no sistema de escape de um motor que não esteja funcionando. Isto pode incluir uma tampa ou proteção nas saídas verticais do escape (veja as **Figuras 6-9 e 6-10**). As saídas horizontais do escape devem ser cortadas em ângulo e protegidas com redes. Em ambientes frios as tampas podem congelar e fechar e impedir o funcionamento do motor, de modo que outros dispositivos de proteção podem ser melhores opções nestas situações.
- A contrapressão do escape não deve exceder à contrapressão permitida especificada pelo fabricante do motor⁶. A contrapressão excessiva do escape reduz a potência e a vida do motor e pode resultar em altas temperaturas do escape e em fumaça. A contrapressão do escape do motor deve ser estimada antes da conclusão da disposição do sistema de escape e deve ser medida na saída do escape com o motor funcionando sob carga plena antes que o grupo seja colocado em serviço.
- Consulte Desempenho do Silenciador do Escape mais adiante nesta seção para informações sobre os silenciosos de escape e os vários critérios de seleção para estes dispositivos.

⁵ Os dados dos gases de escape para os produtos Cummins Power Generation estão disponíveis no CD do Power Suite.

⁶ As informações de contrapressão do escape para grupos geradores específicos da Cummins Power Generation podem ser encontradas no Cummins Power Suite, ou podem ser obtidas junto a um distribuidor autorizado Cummins.

ADVERTÊNCIA: O escape do motor contém fuligem e monóxido de carbono, um gás invisível, inodoro e tóxico. O sistema de escape deve terminar na parte externa do edifício em um local onde os gases de escape do motor sejam dispersados para longe de edifícios e de entradas de ar. É altamente recomendável que o sistema de escape seja dirigido para cima, tão alto quanto possível, no lado dos ventos dominantes para que a dispersão dos gases de escape seja maximizada. Os gases de escape também devem ser conduzidos para o lado de descarga de ar do radiador para

reduzir a possibilidade de retornarem à a sala do grupo gerador por força do ar de ventilação.

NOTA: Algumas normas especificam que a saída dos gases de escape termine a uma distância de pelo menos 3 metros (10 pés) da linha da propriedade, 1 metro (3 pés) de uma parede externa ou teto, 3 metros (10 pés) de aberturas no edifício e pelo menos 3 metros (10 pés) acima de terrenos inclinados contíguos.

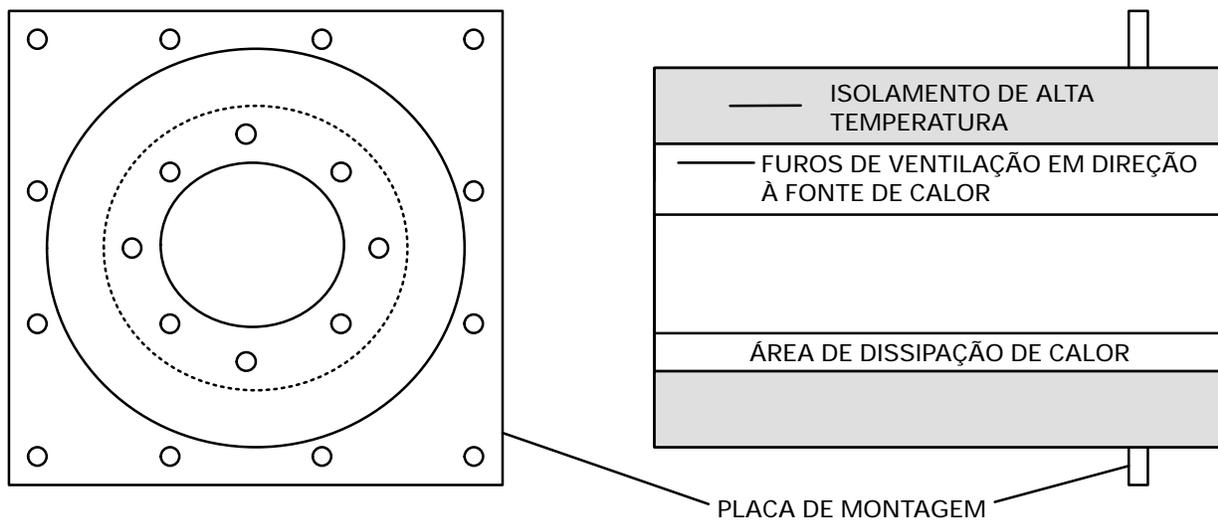


Figura 6-8: Construção Típica de Ilhéu para Instalações em Paredes Inflamáveis



Figura 6-9: Um Sistema de Escape Simples Equipado com Proteção para Impedir que a Chuva Penetre no Escape

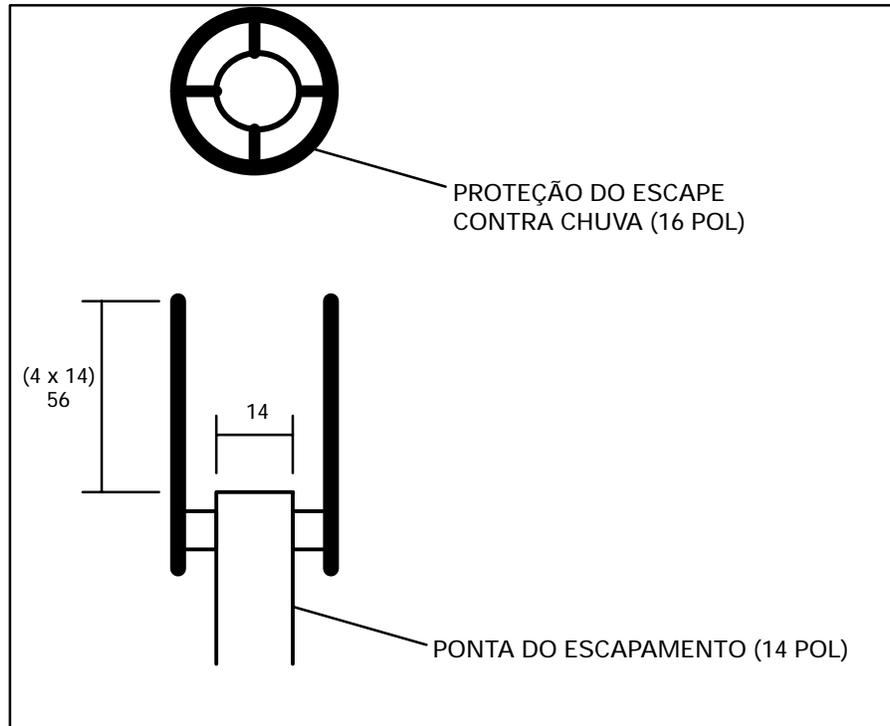


Figura 6-10: Proteção Fabricada contra Chuva para Saída Vertical do Escape do Grupo Gerador. As Dimensões Mostradas são para um Escape Típico de 14 pol.

Cálculos do Sistema de Escape

Exemplo de Cálculo da Contrapressão do Escape: A disposição de um sistema de escape mostrado na **Figura 6-11** especifica um tubo flexível com diâmetro de 125 mm (5 pol) por 610 mm (24 pol) de comprimento na saída de escape do motor, um silencioso de grau crítico com diâmetro de entrada de 150 mm (6 pol), 6,10 m (20 pés) de tubo com diâmetro de 150 mm (6 pol) e um cotovelo com raio longo de 150 mm (6 pol). A Folha de Especificações do grupo gerador indica que o fluxo do gás de escape do motor é de 76,9 m³/min [2,715 cfm (pés³/min)] e que a contrapressão máxima permitida de escape é de 1040 mm (41 pol) de coluna de água.

Este procedimento envolve o cálculo da contrapressão de escape causada por cada elemento (tubos flexíveis, silenciosos, cotovelos e tubulações) e a comparação da contrapressão total com a contrapressão máxima permitida.

1. Calcule a contrapressão de escape causada pelo silencioso. A **Figura 6-12** é um gráfico típico da contrapressão do silencioso. Para cálculos mais precisos obtenha os dados com o fabricante do silencioso e utilize a **Figura 6-12**:
 - a. Calcule a área da seção transversal da entrada do

silencioso utilizando a **Tabela 6-1** (0,1963 pés² neste exemplo).

- b. Obtenha a taxa de fluxo do gás de escape com o fabricante do motor⁷. Para este exemplo este valor é de 2715 cfm.
- c. Calcule a velocidade do gás de escape em pés por minuto (fpm) dividindo o fluxo do gás de escape (cfm) pela área da entrada do silencioso, como segue:

$$\text{Velocidade do Gás} = \frac{2715 \text{ cfm}}{0.1963 \text{ pés}^2} = 13,831 \text{ fpm}$$

- c. Utilizando a **Figura 6-12**, calcule a contrapressão causada por este fluxo no silencioso utilizado. Neste exemplo, as linhas tracejadas na **Figura 6-12** mostram que o grau crítico do silencioso causará uma contrapressão de aproximadamente 21,5 polegadas de coluna de água.

⁷ Os dados do gás de escape para os produtos da Cummins Power Generation encontram-se no Cummins Power Suite.

2. Calcule os comprimentos equivalentes de todas as conexões e as seções dos tubos flexíveis utilizando a **Tabela 6-2**.

- | | |
|--------------------------------------|--------|
| 1) tubo flexível de 24 pol. | 4 pés. |
| 2) cotovelo com raio longo de 6 pol. | 11 pés |
| 3) 20 pés de tubo de 6 pol. | 20 pés |

3. Calcule a contrapressão no fluxo de escape por unidade de comprimento do tubo para cada diâmetro nominal de tubo utilizado no sistema. Neste exemplo são utilizados tubos com diâmetro nominal de 5 e 6 polegadas. Seguindo as linhas tracejadas na **Figura 6-13**, o tubo de 5 pol. causa uma contrapressão de aproximadamente **0,34** polegadas de coluna de água por pé e o de 6 pol. uma contrapressão de cerca de **0,138** polegadas de coluna de água (C.A.) por pé.

4. Some o total das contrapressões de todos os elementos do exemplo, como segue:

1) tubo flexível de 5 pol. (4 • 0,34)	1,4
2) cotovelo de raio longo (11 • 0,138)	1,5
3) 20 pés de tubo de 6 pol. (20 • 0,138)	2,8
4) silencioso	21,5
Restrição total (polegadas de C.A.)	27,2

O cálculo indica que a disposição da tubulação é adequada em termos de contrapressão de escape, visto que a soma das contrapressões é menor que a contrapressão máxima permitida de 41 polegadas de coluna de água (C.A.).

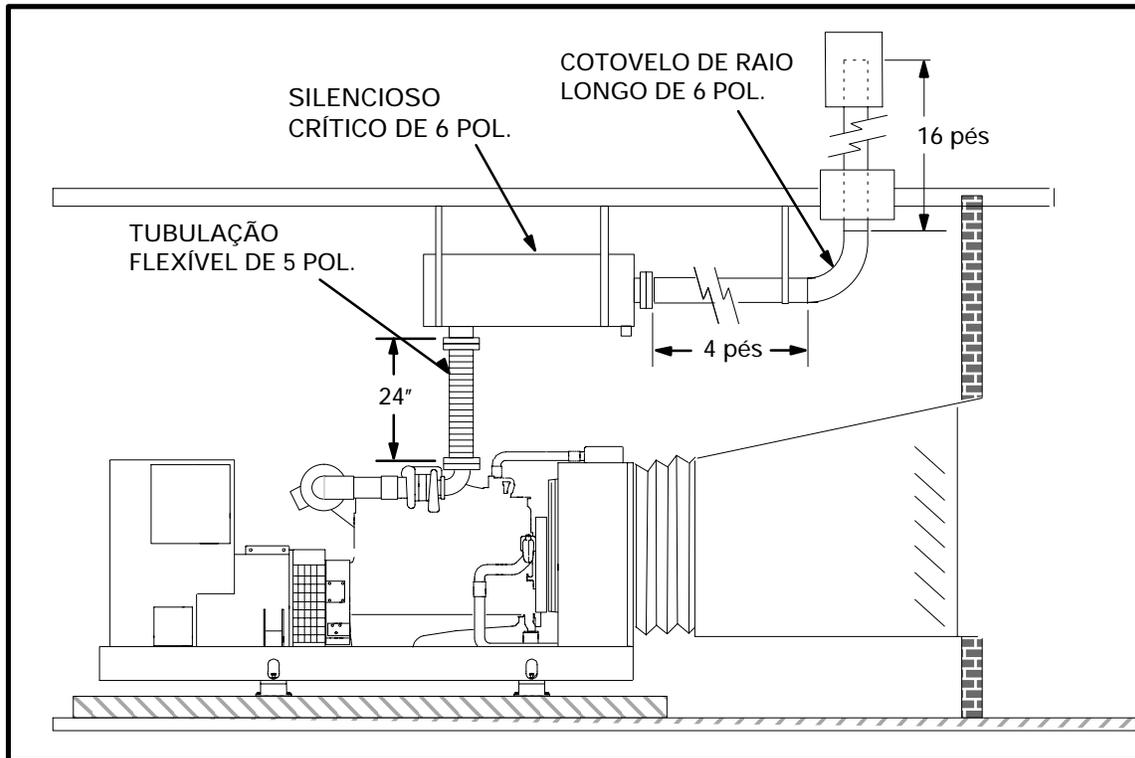


Figura 6-11: Exemplo de Sistema de Escape para Cálculo

DIÂMETRO DA ENTRADA DO SILENCIOSO (POL.)	ÁREA DA ENTRADA DO SILENCIOSO (PÉS ²)	DIÂMETRO DA ENTRADA DO SILENCIOSO (POLEGADAS)	ÁREA DA ENTRADA DO SILENCIOSO (PÉS ²)
2	0,0218	8	0,3491
2,5	0,0341	10	0,5454
3	0,0491	12	0,7854
3,5	0,0668	14	1,069
4	0,0873	16	1,396
5	0,1363	18	1,767
6	0,1963		

Tabela 6-1: Áreas das Seções em Corte de Aberturas de Vários Diâmetros

TIPO DA CONEXÃO	TAMANHO NOMINAL DOS TUBOS EM POLEGADAS (MILÍMETROS)												
	2 (50)	2 1/2 (65)	3 (80)	3,5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
Cotovelo Padrão de 90°	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	9,6 (2,9)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	21 (6,4)	26 (7,9)	32 (9,8)	37 (11,3)	42 (12,8)	47 (14,3)
Cotovelo com Raio Médio de 90°	4,6 (1,4)	5,4 (1,6)	6,8 (2,1)	8 (2,4)	9 (2,7)	11 (3,4)	13 (4,0)	18 (5,5)	22 (6,7)	26 (7,9)	32 (9,8)	35 (10,7)	40 (12,2)
Cotovelo com Raio Longo de 90°	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6 (1,8)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)	14 (4,3)	17 (5,2)	20 (6,1)	24 (7,3)	26 (7,9)	31 (9,4)
Cotovelo de 45°	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,2 (1,3)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	17 (5,2)	19 (5,8)	22 (6,7)
“T”, Lado da Entrada ou Saída	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	18 (5,5)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23,8)	89 (27,1)	110 (33,5)
Tubo Flexível de 18 Polegadas	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)
Tubo Flexível de 24 Polegadas	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)

Tabela 6-2: Comprimentos Equivalentes de Conexões de Tubos em Pés (Metros)

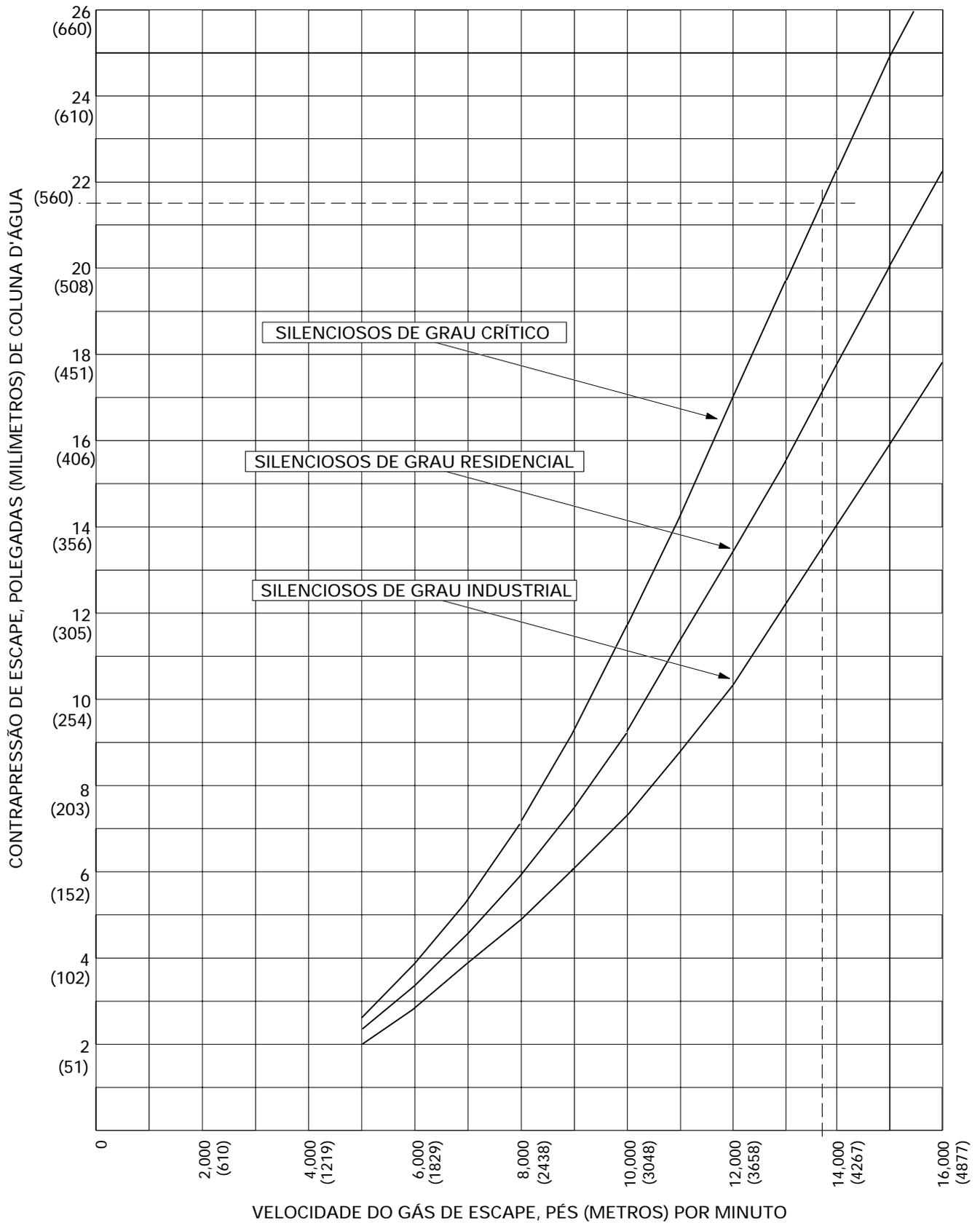


Figura 6-12: Contrapressão no Silencioso vs. Velocidade do Gás em um Escape Típico

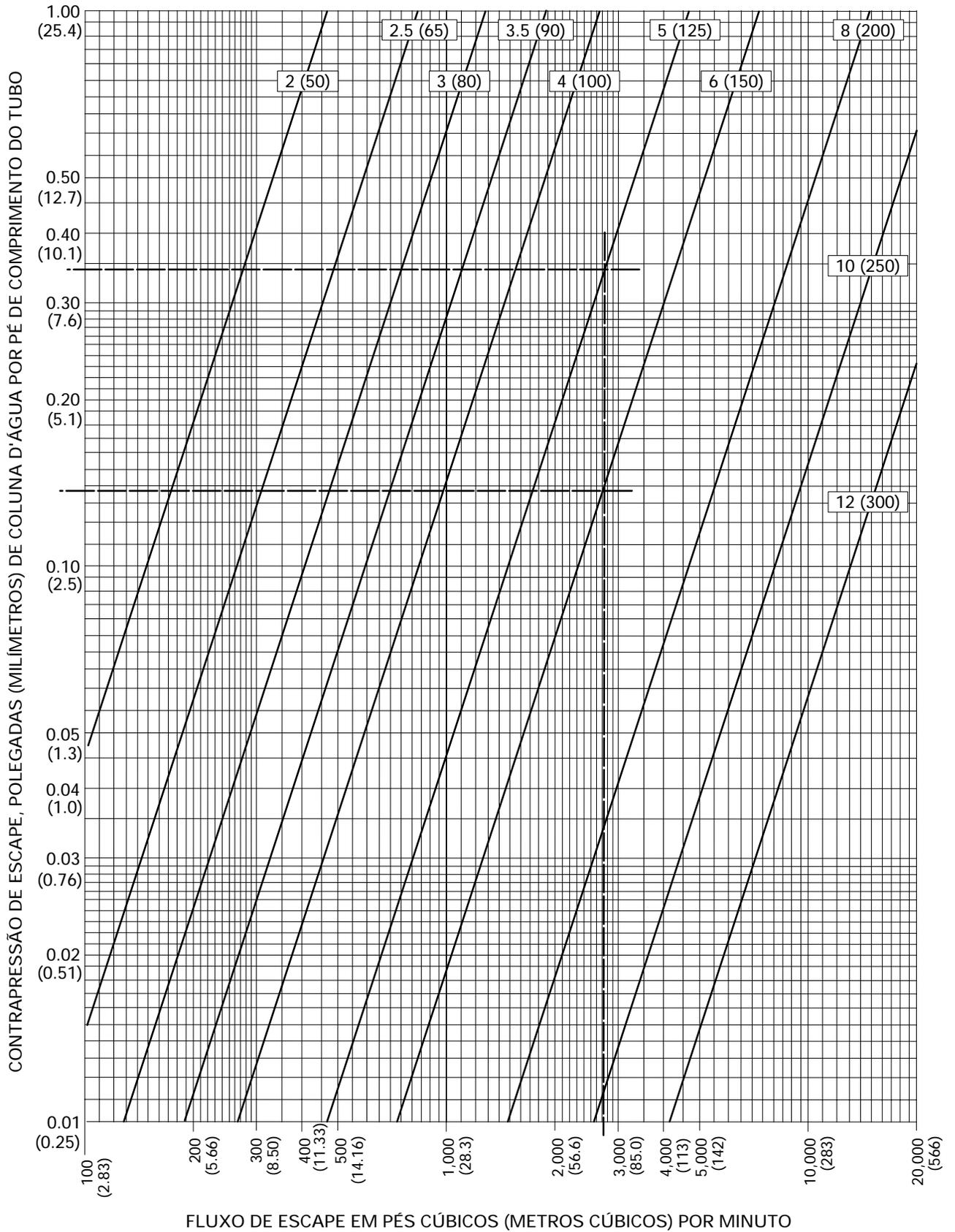


Figura 6-13: Contrapressão de Escape em Diâmetros de Tubos com Valores Nominais em Polegadas (Metros)

Arrefecimento do Motor

Os motores refrigerados a líquido de arrefecimento são arrefecidos pelo bombeamento de uma mistura de líquido de arrefecimento através de passagens no bloco de cilindros e no(s) cabeçote(s) do motor por uma bomba acionada pelo motor. A configuração mais comum de grupo gerador possui um radiador montado e um ventilador acionado pelo motor para arrefecer o líquido de arrefecimento e ventilar a sala do gerador. Métodos alternativos para arrefecer o líquido de arrefecimento incluem as configurações com trocadores de calor líquido-líquido montados no chassi (*skid*), radiador remoto, um trocador de calor remoto líquido-líquido, e torre de arrefecimento.

Os sistemas de arrefecimento recíproco para grupos geradores acionados por motor possuem as seguintes características comuns, independentemente do trocador de calor utilizado para remover o calor do motor:

- O sistema de arrefecimento é um sistema fechado e pressurizado (10-14 psi/69.0-96,6 kPa) que é abastecido com uma mistura de água leve e limpa (desmineralizada), etileno ou propileno-glicol e outros aditivos. Os motores não devem ser arrefecidos diretamente por água não tratada, uma vez que esta causa corrosão no motor e possibilidade de arrefecimento incorreto. O lado “frio” do sistema de arrefecimento pode ser servido por um radiador, um trocador de calor ou uma torre de arrefecimento.
- O sistema de arrefecimento do motor deve ser dimensionado corretamente para o ambiente e os componentes. Geralmente, a temperatura na parte superior do tanque do sistema (temperatura na entrada para o motor) não excede 104° C (220° F) para aplicações standby e 93° C (200° F) para instalações de energia prime.
- O sistema de arrefecimento deve incluir provisões de desaeração e ventilação para evitar o aprisionamento do ar arrastado para o motor devido à turbulência do fluxo do líquido de arrefecimento, e para permitir o abastecimento correto do sistema de arrefecimento do motor. Isto significa que além das conexões principais de entrada e saída do líquido de arrefecimento, deve haver também pelo menos um conjunto de linhas de ventilação terminadas na parte superior do sistema de arrefecimento. Consulte as recomendações do fabricante do motor para os requisitos detalhados⁸ do motor específico utilizado. Veja na **Figura 6-14** a representação esquemática das linhas de arrefecimento e de ventilação em um motor típico.

- Geralmente é utilizado um termostato no motor para permitir o aquecimento do mesmo e para regular a temperatura do motor no lado “quente” do sistema de arrefecimento.
- O projeto do sistema de arrefecimento deve levar em conta a expansão do volume do líquido de arrefecimento à medida que a temperatura do motor aumenta. Deve-se considerar uma expansão de 6% do líquido de arrefecimento acima do volume normal.
- O sistema deve ser projetado de maneira que haja sempre uma coluna positiva na bomba do líquido de arrefecimento do motor.
- Os fluxos apropriados para o arrefecimento dependem da redução ao valor mínimo da coluna de estática e de fricção da bomba de líquido de arrefecimento do motor. O grupo gerador não será arrefecido corretamente se a coluna de estática ou de fricção da bomba do líquido de arrefecimento forem excedidas.
- Consulte o fabricante do motor para informações sobre estes fatores para o grupo gerador específico selecionado. Consulte Cálculos de Dimensionamento das Tubulações de Arrefecimento nesta seção para instruções específicas sobre o dimensionamento das tubulações de líquido de arrefecimento e o cálculo da coluna de estática e de fricção.
- O motor e o sistema de arrefecimento remoto devem possuir provisões de dreno e isolamento para permitir serviços e reparos convenientes no motor. Consulte os desenhos do exemplo nesta seção para obter a localização de drenos e válvulas utilizados em várias aplicações.

Radiador Montado no Chassi

Um grupo gerador com um radiador montado no chassi (**Figura 6-15**) é uma parte integrante do sistema de arrefecimento e ventilação montado no chassi. O sistema de arrefecimento com radiador montado no chassi é freqüentemente considerado o sistema de arrefecimento mais confiável e de menor custo para grupos geradores, pois requer a menor quantidade de equipamentos auxiliares, tubulação, fiação de controle e líquido de arrefecimento, além de minimizar o trabalho de manutenção do sistema de arrefecimento do grupo gerador. Geralmente, o ventilador do radiador é acionado mecanicamente pelo motor, simplificando ainda mais o projeto. Algumas aplicações utilizam ventiladores elétricos para permitir um controle mais conveniente do ventilador em função da temperatura do líquido de arrefecimento do motor. Isto é especialmente útil em ambientes extremamente frios.

⁸ Requisitos para a ventilação e a desaeração de motores Cummins específicos são encontrados nos documentos Cummins AEB.

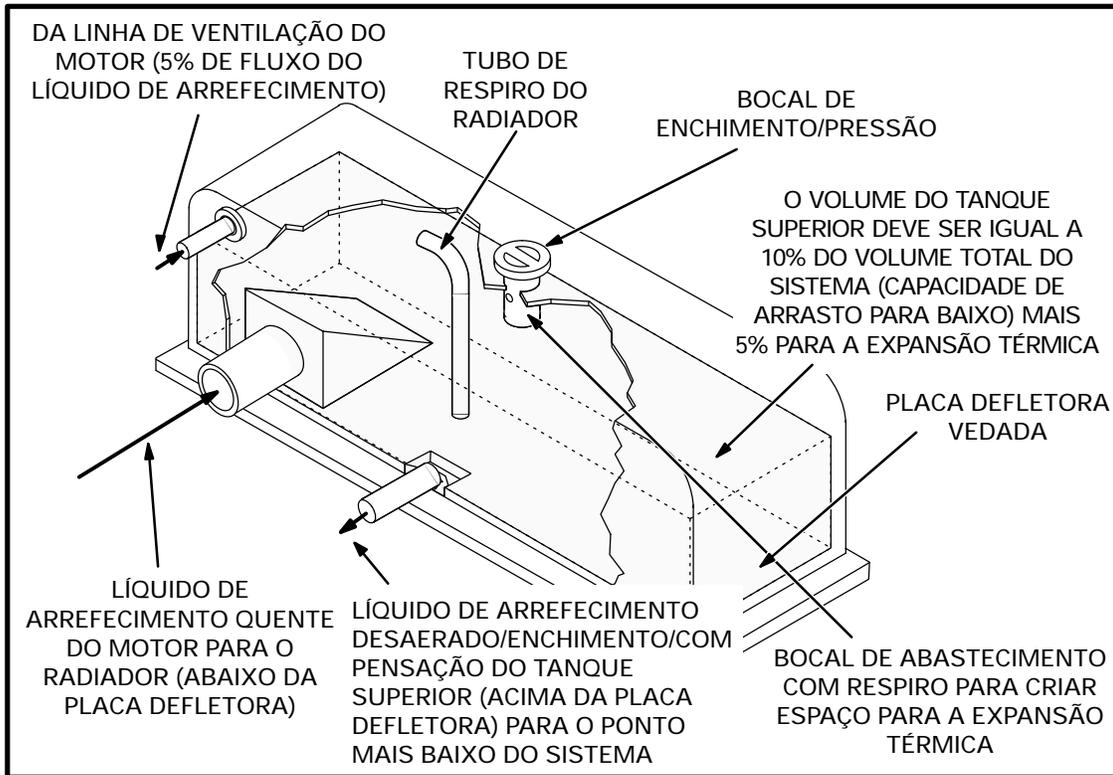


Figura 6-14: Tipo de Desaeração do Tanque Superior do Radiador

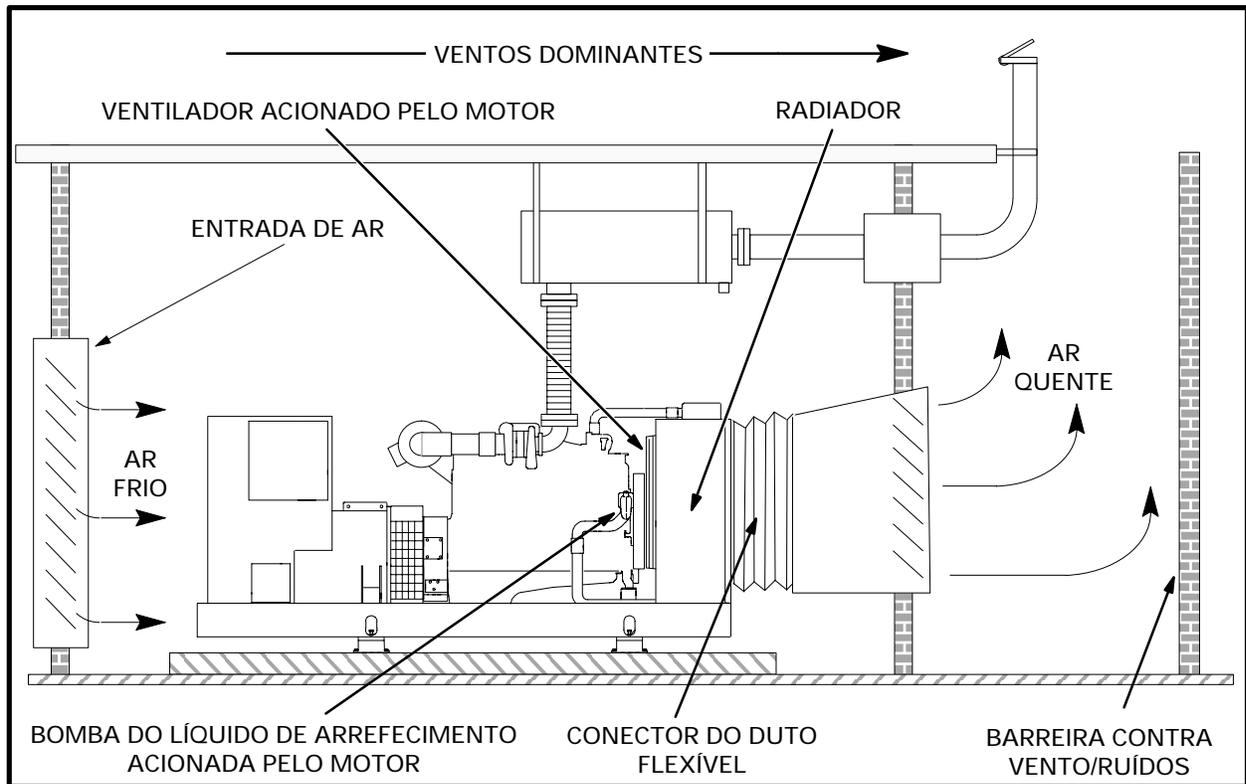


Figura 6-15: Arrefecimento do Radiador Montado na Fábrica

Como o fabricante do grupo gerador geralmente projeta o sistema de arrefecimento montado no chassi, o protótipo pode ser testado para se verificar o desempenho geral do sistema em um ambiente de laboratório. Um ambiente de laboratório instrumentado e controlado é útil para se verificar o desempenho de um sistema de arrefecimento. Normalmente, as limitações físicas podem limitar a precisão ou a praticidade de se testar um projeto no local.

A principal desvantagem do radiador montado no chassi é a necessidade de movimentar um volume relativamente grande de ar através da sala do gerador, uma vez que o fluxo de ar através da sala deve ser suficiente para dissipar o calor irradiado pelo grupo gerador e remover o calor do líquido de arrefecimento do motor. Consulte Ventilação nesta seção para detalhes do projeto do sistema de ventilação e os cálculos relativos ao projeto do sistema de ventilação. O ventilador do motor normalmente fornece ventilação suficiente para a sala do equipamento, eliminando a necessidade de outros dispositivos e sistemas de ventilação.

Radiador Remoto

Sistemas com radiador remoto são geralmente utilizados em aplicações onde o ar é insuficiente para a ventilação do sistema de arrefecimento montado no chassi. *Os radiadores remotos não eliminam a necessidade de ventilação para a sala do grupo gerador, mas podem reduzi-la.* Se for exigido um sistema de arrefecimento com radiador remoto, o primeiro passo é determinar qual tipo de sistema remoto é necessário. Isto é determinado pelo cálculo da coluna de estática e de fricção que será aplicada no motor com base em sua localização física.

Se os cálculos revelarem que o grupo gerador escolhido para a aplicação pode ser conectado a um radiador remoto sem exceder suas limitações de coluna de estática e de fricção, poderá ser utilizado um sistema simples de radiador remoto. Veja a **Figura 6-16**.

Se a coluna de fricção for excedida, porém não a de estática, poderá ser utilizado um sistema de radiador remoto com uma bomba auxiliar do líquido de arrefecimento. Veja a **Figura 6-14** e consulte Radiador Remoto com Bomba Auxiliar do Líquido de Arrefecimento, nesta seção.

Se as limitações de coluna de estática e de fricção do motor forem excedidas, será necessário um sistema isolado de arrefecimento para o grupo gerador. Isto pode incluir um radiador remoto com tanque tipo "hot well", ou um sistema baseado em um trocador de calor líquido-a-líquido.

Qualquer que seja o sistema utilizado, a aplicação de um radiador remoto para arrefecer o motor irá requerer um

projeto cuidadoso. Em geral, todas as recomendações para radiadores montados no chassi também aplicam-se a radiadores remotos. Para qualquer tipo de sistema de radiador remoto, considere o seguinte:

- Recomenda-se que o radiador e o ventilador sejam dimensionados com base na temperatura máxima de 93° C (200° F) do tanque superior do radiador e a 115% da capacidade de arrefecimento para permitir a formação de incrustações. A menor temperatura do tanque superior (menor que a descrita em Arrefecimento do Motor) compensa a perda de calor da saída do motor ao tanque superior do radiador remoto. Consulte o fabricante do motor para informações sobre o calor dissipado do motor para o líquido de arrefecimento e as taxas de fluxo de arrefecimento⁹.
- O tanque superior do radiador (ou um tanque auxiliar) deve ser instalado no ponto mais alto do sistema de arrefecimento. Ele deve ser equipado com: uma tampa apropriada de abastecimento/pressão, uma linha de abastecimento no ponto mais baixo do sistema (para que o sistema possa ser abastecido da base para o topo) e uma linha de ventilação saindo do motor e que não tenha qualquer depressão ou obstrução. (Depressões e voltas sobre o cabeçote podem acumular líquido de arrefecimento e evitar a ventilação do ar quando o sistema é abastecido.) No ponto mais alto do sistema devem ser instalados também os meios para abastecer o sistema e um interruptor de alarme de nível baixo do líquido de arrefecimento.
- A capacidade do tanque superior do radiador (ou do tanque auxiliar) deve ser equivalente a pelo menos 17% do volume total do líquido de arrefecimento do sistema para fornecer uma "capacidade de perda" (11%) ao líquido de arrefecimento e espaço para a expansão térmica (6%). A capacidade de perda é o volume de líquido de arrefecimento que pode ser perdido por vazamentos não detectados e pelo alívio normal da tampa de pressão antes de o ar ser sugado para a bomba do líquido de arrefecimento. O espaço para expansão térmica é criado pelo bocal de abastecimento quando um sistema frio é abastecido. Veja a **Figura 6-14**.

⁹ O Cummins Power Suite traz informações sobre os produtos Cummins Power Generation.

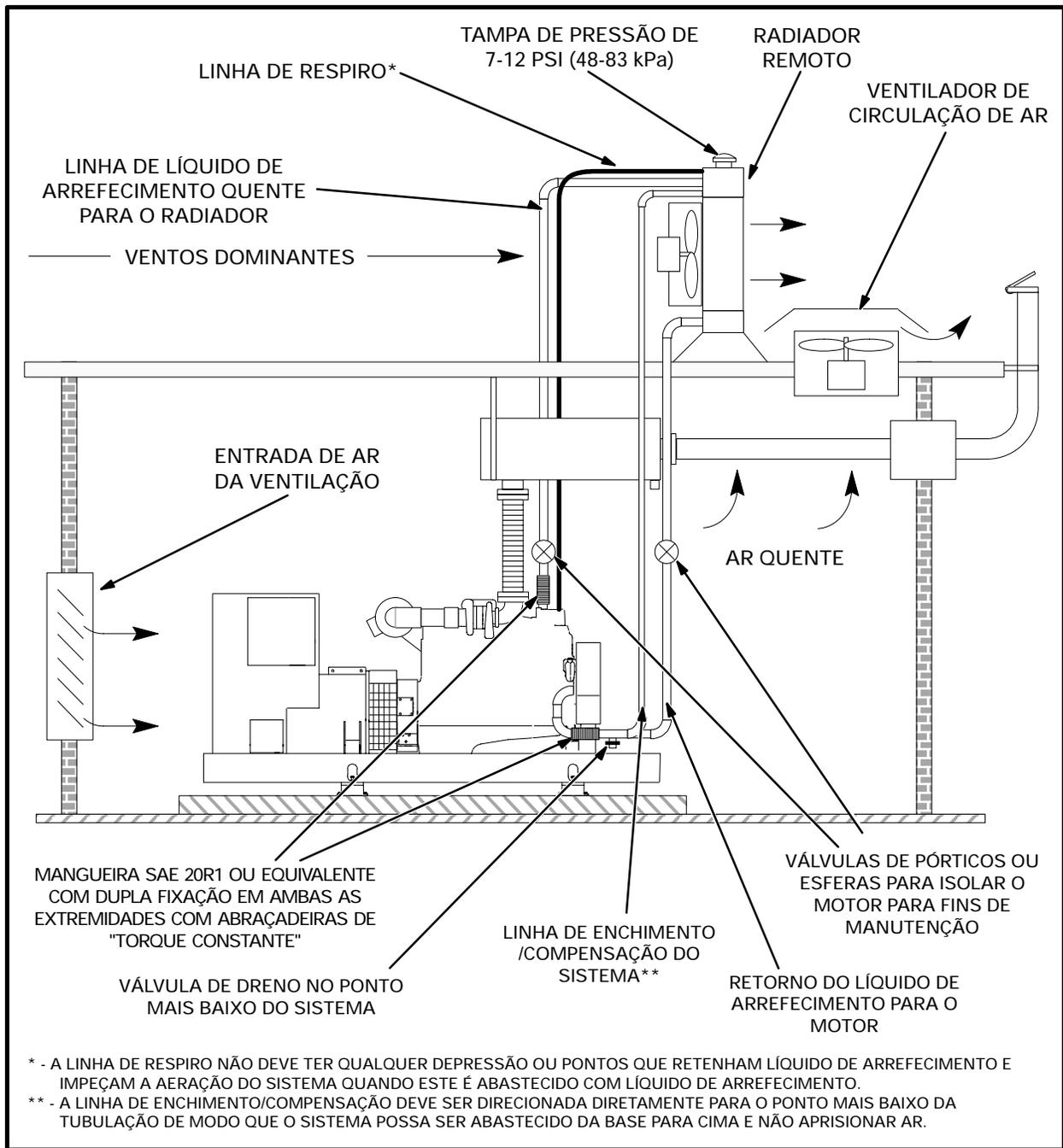


Figura 6-16: Arrefecimento do Radiador Remoto (Sistema do Tipo Desaeração, Veja a Figura 6.14)

- Em ambientes com alto grau de contaminantes e para reduzir a formação de incrustações nas aletas do radiador, devem ser utilizados radiadores com um espaçamento maior entre as aletas (nove aletas ou menos por polegada).
- A coluna de fricção do líquido de arrefecimento externa ao motor (perda de pressão devido à fricção nos tubos, nas conexões e no radiador) e a coluna de estática do líquido de arrefecimento (altura da coluna do líquido, medida a partir da linha de centro da árvore de manivelas) não deve exceder os valores máximos recomendados pelo fabricante do motor¹⁰. Veja o exemplo de cálculo nesta seção para determinar a coluna de fricção do líquido de arrefecimento. Se não puder ser encontrada uma configuração de sistema que permita ao motor operar dentro das limitações da coluna de estática e de fricção, outro tipo de sistema de arrefecimento deverá ser usado.

NOTA: Uma coluna de estática excessiva do líquido de arrefecimento (pressão) pode causar vazamentos no retentor do eixo da bomba do líquido de arrefecimento. A fricção excessiva da coluna do líquido de arrefecimento (perda de pressão) resultará em arrefecimento insuficiente do motor.

- Para o radiador, deve ser utilizada uma mangueira com comprimento de 152 a 457 mm (6 a 18 pol), de acordo com a norma SAE 20R1, ou equivalente, para conectar a tubulação do líquido de arrefecimento com o motor a fim de absorver o movimento e a vibração do grupo gerador.
- É altamente recomendado que as mangueiras do radiador sejam fixadas com 2 abraçadeiras de grau ideal de “torque constante” em cada extremidade para reduzir o risco de perdas súbitas do líquido de arrefecimento do motor em caso de uma mangueira sob pressão soltar-se. Podem ocorrer danos graves a um motor se for operado sem líquido de arrefecimento no bloco, mesmo por alguns segundos.
- Deve ser instalada uma válvula de dreno na parte mais baixa do sistema.
- As válvulas de esferas ou de comportas (as válvulas-globo são muito restritivas) são recomendadas para isolar o motor para que todo o sistema não precise ser drenado para algum serviço no motor.
- Lembre-se que o grupo gerador deverá acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de ventilação, as bombas do líquido de arrefecimento e outros acessórios necessários para a operação em aplicações com arrefecimento remoto. Dessa forma, a capacidade em kW ganha pelo não

acionamento mecânico de um ventilador é consumida geralmente pela adição de dispositivos elétricos necessários ao sistema de arrefecimento remoto. Lembre-se de adicionar essas cargas elétricas à carga total do grupo gerador.

- Consulte as Diretrizes Gerais de Ventilação e Aplicações com Trocador de Calor ou com Radiador Remoto, ambas nesta seção, para detalhes sobre a ventilação da sala do gerador quando utilizar um sistema de arrefecimento remoto.

Sistema de Radiador Remoto com Desaeração

Deve ser fornecido um tipo de desaeração de tanque superior do radiador (também conhecido como um tanque superior selado) ou de tanque auxiliar. Neste sistema, uma parte do fluxo do líquido de arrefecimento (aproximadamente 5%) é roteada para o tanque superior do radiador, acima da placa defletora. Isto permite que o ar aprisionado no líquido de arrefecimento seja separado do mesmo antes de retornar ao sistema. Considere o seguinte:

- As linhas de ventilação do motor e do radiador devem ser livres de depressões ou pontos que possam acumular líquido de arrefecimento e evitar que o ar ventile enquanto o sistema é abastecido. Tubos rígidos de aço ou de poliestireno de alta densidade são recomendados para percursos longos, especialmente se forem horizontais, para evitar o arqueamento entre os suportes.
- A linha de abastecimento/compensação também deve ser livre de depressões a partir do ponto mais baixo da tubulação do sistema até a conexão no tanque superior do radiador ou tanque auxiliar. Nenhuma outra tubulação deve ser conectada à esta linha. Esta disposição permite o abastecimento do sistema de baixo para cima sem o aprisionamento de ar e a falsa indicação de que o sistema está cheio. Com conexões corretas das linhas de ventilação e de abastecimento, deve ser possível abastecer o sistema com uma vazão de pelo menos 19 l/min (5 gpm) (aproximadamente a vazão de uma mangueira de jardim).

Radiador Remoto com Bomba Auxiliar do Líquido de Arrefecimento

Se a fricção do líquido de arrefecimento exceder o valor máximo recomendado pelo fabricante do motor e se a coluna de estática estiver dentro das especificações, poderá ser utilizado um radiador remoto com uma bomba auxiliar de líquido de arrefecimento (**Figura 6-17**). Além das recomendações em Radiadores Remotos, considere:

¹⁰ O Power Suite fornece os dados para os motores Cummins.

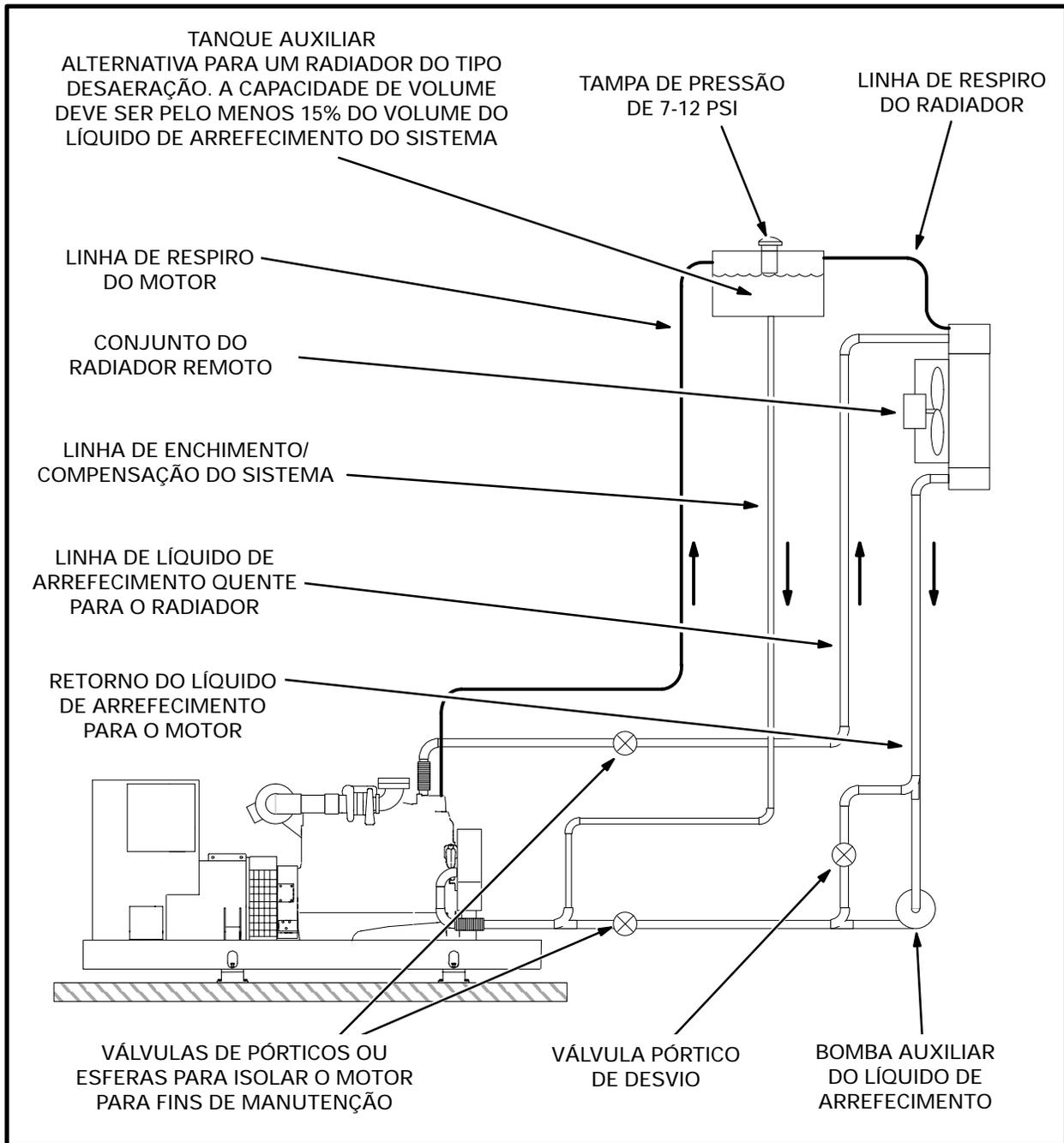


Figura 6-17: Radiador Remoto com Bomba de Arrefecimento Auxiliar e Tanque Auxiliar

- Uma bomba auxiliar e seu motor devem estar dimensionados para o fluxo do líquido de arrefecimento recomendado pelo fabricante do motor e desenvolver pressão suficiente para superar o excesso de fricção da coluna do líquido de arrefecimento calculada pelo método mostrado no exemplo anterior.

NOTA: Um pé de coluna da bomba (dados do fabricante da bomba) é equivalente a 0,43 PSI de fricção da coluna do líquido de arrefecimento (perda de pressão) ou a um pé da coluna de estática do líquido de arrefecimento (peso da coluna do líquido).

- Uma válvula com pórtico de desvio (válvulas-globo são muito restritivas) deve ser instalada em paralelo com a bomba auxiliar, pelas seguintes razões:
 - Para permitir o ajuste da coluna desenvolvida pela bomba auxiliar (a válvula é ajustada numa posição parcialmente aberta para recircular parte do fluxo de volta à bomba).

- Para permitir a operação do grupo gerador sob carga parcial se a bomba auxiliar falhar (a válvula é ajustada na posição totalmente aberta).
- A pressão do líquido de arrefecimento na entrada da bomba do líquido de arrefecimento do motor, medida quando o motor está funcionando na rotação nominal, não deverá exceder à coluna de estática máxima permitida, recomendada na Folha de Especificações do grupo gerador. Além disso, para o tipo de desaeração do sistema de arrefecimento (230/200 kW e grupos geradores maiores), a coluna da bomba auxiliar não deverá forçar o líquido de arrefecimento através da linha de compensação para o tanque superior do radiador ou tanque auxiliar. Em qualquer caso, a válvula de desvio da bomba deve ser ajustada para reduzir a coluna da bomba a um nível aceitável.
- Como o motor do grupo gerador não precisa acionar mecanicamente o ventilador do radiador, pode haver uma capacidade adicional em kW na saída do grupo gerador. Para obter a **potência líquida** disponível do grupo gerador, adicione a carga do ventilador indicada na Folha de Especificações do grupo gerador com a classificação de potência do grupo. Lembre-se de que o grupo gerador deve acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de ventilação, as bombas de líquido de arrefecimento e outros acessórios necessários para que o grupo funcione em aplicações com radiador remoto. Desta forma, a capacidade ganha em kW pelo não acionamento mecânico do ventilador, geralmente é consumida pela adição de outros dispositivos elétricos necessários ao sistema de arrefecimento remoto.

Radiador Remoto com tanque tipo "Hot Well"

Um radiador remoto com "hot well" (**Figura 6-18**) pode ser utilizado se a elevação do radiador acima da linha de centro da árvore de manivelas exceder à coluna de estática permitida do líquido de arrefecimento, recomendada na Folha de Especificações do grupo gerador. Em um sistema com "hot well", a bomba do líquido de arrefecimento do motor circula o líquido de arrefecimento entre motor e o "hot well", e uma bomba auxiliar circula o líquido de arrefecimento entre o "hot well" e o radiador. Um sistema com "hot well" requer um projeto cuidadoso.

Além das considerações em Radiador Remoto, considere o seguinte:

- A base do "hot well" deverá estar acima da saída do líquido de arrefecimento do motor.
- O fluxo do líquido de arrefecimento através do circuito "hot well"/radiador deverá ser aproximadamente o mesmo que o fluxo do líquido de arrefecimento através do motor. O radiador e a bomba auxiliar deverão ser dimensionados corretamente. A coluna da bomba deverá ser suficiente para exceder a soma das colunas de estática e de fricção no circuito "hot well"/radiador.

NOTA: Um pé de coluna da bomba (dados do fabricante da bomba) é equivalente a 0,43 PSI da coluna de fricção do líquido de arrefecimento (perda de pressão) ou a um pé da coluna de estática do líquido de arrefecimento (peso da coluna do líquido).

- A capacidade de líquido do "hot well" não deve ser menor que a soma dos seguintes volumes:
 - ¼ do volume do líquido de arrefecimento bombeado por minuto através do motor (p.ex., 25 galões se o fluxo for de 100 gpm) (100 litros se o fluxo for de 400 l/min), mais
 - ¼ do volume do líquido de arrefecimento bombeado por minuto através do radiador (p.ex., 25 galões se o fluxo for de 100 gpm) (100 litros se o fluxo for de 400 l/min), mais
 - O volume necessário para encher o radiador e a tubulação, mais 5% do volume total do sistema para expansão térmica.
- É necessário um projeto cuidadoso das conexões de entrada e saída e dos defletores para minimizar a turbulência do líquido de arrefecimento, permitir a livre desaeração e maximizar a mistura dos fluxos do líquido de arrefecimento do motor e do radiador.
- O líquido de arrefecimento deve ser bombeado do tanque da base do radiador e retornado para o tanque superior, caso contrário a bomba não será capaz encher completamente o radiador.
- A bomba auxiliar deve estar abaixo do nível inferior do líquido de arrefecimento no "hot well" de modo que este sempre estará escorvado.
- O radiador deve ter uma válvula unidirecional de alívio de vácuo para permitir o dreno para o "hot well".
- O "hot well" deve ter um bujão de respiro de grande volume para permitir que o nível do líquido de arrefecimento caia à medida que a bomba auxiliar enche o radiador e a tubulação.

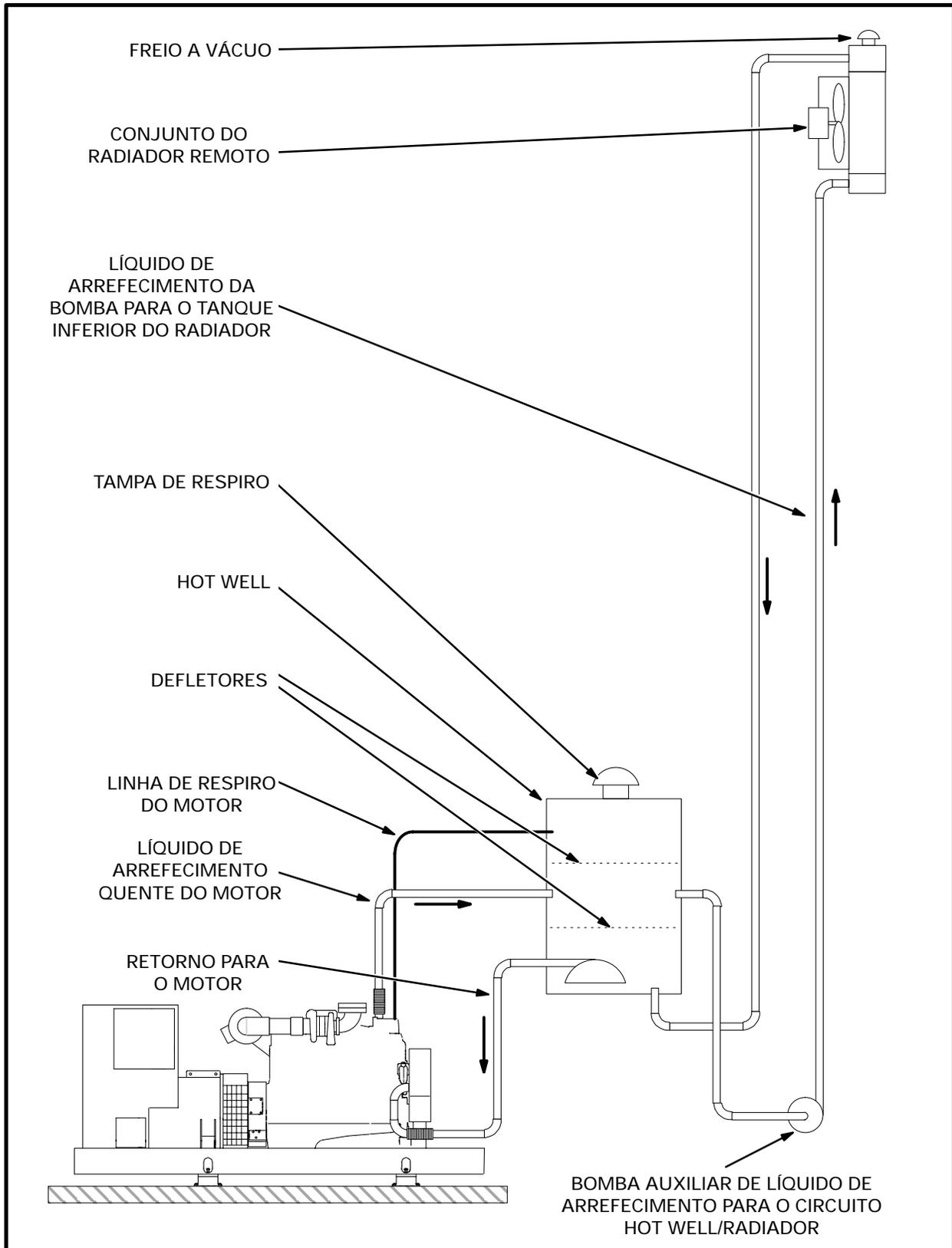


Figura 6-18: Radiador Remoto com "Hot Well" e Bomba de Arrefecimento Auxiliar

- Lembre-se de que o grupo gerador deve acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de ventilação, as bombas de líquido de arrefecimento e outros acessórios exigidos para a operação em aplicações de arrefecimento remoto. Desta forma, a capacidade em kW ganha pelo não acionamento mecânico do ventilador, geralmente é consumida pela adição dos dispositivos elétricos necessários em um sistema de arrefecimento remoto. Lembre-se de adicionar estas cargas elétricas total de carga do grupo gerador.

Arrefecimento em Multi-circuitos do Motor com Radiadores Remotos

Alguns projetos de motor incorporam mais de um circuito de arrefecimento e, portanto, requerem mais de um circuito de radiador remoto ou de trocador de calor para aplicações com arrefecimento remoto. Esses motores utilizam várias técnicas para obter o Pós-arrefecimento com Baixa Temperatura (LTA) da entrada de ar para a combustão. Uma das principais razões para a criação de tais projetos é que eles ajudam a reduzir os níveis de emissões do escape. Entretanto, nem todos esses projetos de motores são facilmente adaptáveis para o arrefecimento remoto.

Duas Bombas, Dois Circuitos: Uma abordagem comum para o pós-arrefecimento com baixa temperatura é dispor de dois circuitos de arrefecimento completos e independentes com dois radiadores, duas bombas de líquido de arrefecimento e líquido de arrefecimento separado para cada um. Um circuito arrefece as jaquetas de água do motor e o outro arrefece o ar de entrada para a combustão após a turbocompressão. Para o arrefecimento remoto, estes motores requerem dois radiadores remotos ou dois trocadores de calor totalmente independentes. Cada um terá suas próprias especificações de temperaturas, restrições de pressão, dissipação de calor, etc., que deverão atender os sistemas remotos. Estes dados podem ser obtidos com o fabricante do motor. Basicamente, devem ser projetados dois circuitos, mas cada um deve ser ter todas as considerações e satisfazer todos os critérios de um sistema remoto único. Veja a **Figura 6-19**.

Nota: A instalação do radiador para o circuito LTA pode ser crítica para se obter a remoção adequada da energia térmica exigida para este circuito. Quando os radiadores do LTA e da jaqueta de água são colocados em série com um único ventilador, o radiador do LTA deverá ser colocado na entrada do fluxo de ar para que receba primeiro o ar mais frio.

Uma Bomba, Dois Circuitos: Ocasionalmente, os projetos de motores conseguem o pós-arrefecimento com baixa

temperatura utilizando dois circuitos de arrefecimento dentro do motor, dois radiadores, mas apenas uma bomba de líquido de arrefecimento. Estes sistemas não são recomendados para aplicações de arrefecimento remoto devido à dificuldade de se obter um fluxo balanceado do líquido de arrefecimento e, conseqüentemente, o arrefecimento apropriado de cada circuito.

Pós-arrefecimento Ar-Ar: Uma outra abordagem para se conseguir o pós-arrefecimento com baixa temperatura é utilizar um circuito de arrefecimento com radiador ar-ar em vez de um projeto ar-líquido como descrito acima. Estes projetos direcionam o ar turbocomprimido através de um radiador para arrefecê-lo antes da entrada no(s) coletor(es) de admissão. Estes sistemas geralmente não são recomendados para arrefecimento remoto por duas razões. Primeira, a tubulação de todo o sistema e o radiador são operados sob pressão do turbocompressor. Mesmo o menor vazamento neste sistema diminuirá significativamente a eficiência do turbocompressor e isto é inaceitável. Segunda, o comprimento do percurso do tubo de ar para o radiador e de retorno do mesmo criará um atraso no tempo de resposta do turbocompressor e resultará potencialmente em pulsos de pressão que impedirão o desempenho apropriado do motor.

Radiadores para Aplicações com Radiadores Remotos

Radiadores Remotos: Existem várias configurações de radiadores remotos para aplicações em grupos geradores. Em todas as configurações, o radiador remoto usa um ventilador acionado por um motor elétrico que deve ser alimentado diretamente pelos terminais de saída do grupo gerador. No ponto mais alto do sistema de arrefecimento, deve ser instalado um tanque de expansão cuja capacidade de expansão deve ser pelo menos 5% da capacidade total do sistema de arrefecimento. A tampa de pressão a ser instalada é selecionada com base na capacidade do radiador. Também pode ser necessário que sejam roteadas linhas de ventilação para o tanque de expansão. Um visor de vidro é um recurso desejável para visualizar o nível do líquido de arrefecimento do sistema, e deve ser graduado para mostrar os níveis normal frio e quente. Um interruptor do nível do líquido de arrefecimento é um recurso desejável para indicar uma falha potencial do sistema quando o nível do líquido de arrefecimento estiver baixo.

Algumas instalações com radiador remoto operam com ventiladores do radiador controlados termostaticamente. Se este for o caso, geralmente o termostato deve ser montado na entrada do radiador.

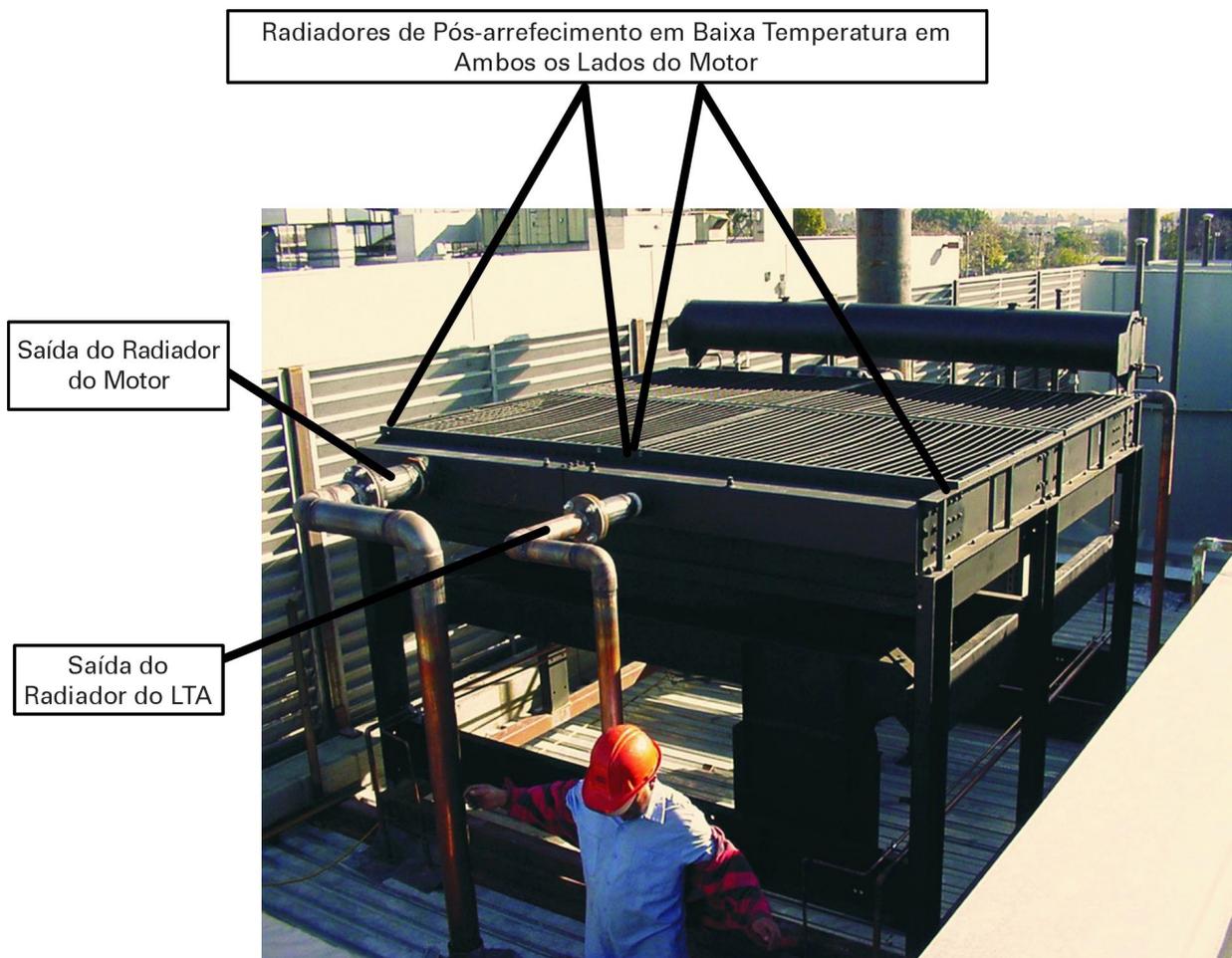


Figura 6-19: Um Radiador Remoto Horizontal e Radiador Pós-arrefecido

Os radiadores podem ser do tipo horizontal (a colméia do radiador é paralela à superfície de montagem) ou do tipo vertical (a colméia do radiador é perpendicular à superfície de montagem). (Veja a **Figura 6-19**). Os radiadores horizontais geralmente são preferidos pois permitem que a principal fonte de ruído do radiador (o ruído mecânico do ventilador) seja direcionada para cima, onde, em geral, não há pessoas que possam ser perturbadas pelo ruído. Contudo, os radiadores horizontais podem se tornar inativos pela cobertura de neve ou formação de gelo, razão pela qual não são utilizados em climas frios.

Os radiadores remotos requerem pouca manutenção, mas quando são utilizados e se utilizarem ventiladores acionados por correias, a manutenção anual deve incluir a inspeção e aperto dos parafusos do ventilador. Alguns radiadores podem utilizar rolamentos reengraxáveis que requerem manutenção periódica. Certifique-se de que as aletas do radiador estejam sempre limpas e livres de sujeira ou outros contaminantes.

Trocador de Calor Montado no Chassi (Skid): O motor, a bomba e o trocador de calor líquido-líquido formam um sistema de arrefecimento fechado e pressurizado (veja a **Figura 6-20**). O líquido de arrefecimento do motor e a água de arrefecimento (lado “frio” do sistema) não se misturam. Considere o seguinte:

- A sala do equipamento do grupo gerador requer um sistema elétrico de ventilação. Consulte Ventilação nesta seção para informações sobre o volume de ar necessário para uma ventilação apropriada.
- Como o motor do grupo gerador não precisa acionar mecanicamente o ventilador de um radiador, pode haver uma capacidade adicional de kW na saída do grupo gerador. Para obter a **potência líquida** do grupo gerador, some a carga do ventilador (indicada na Folha de Especificações do grupo gerador) à sua potência nominal.

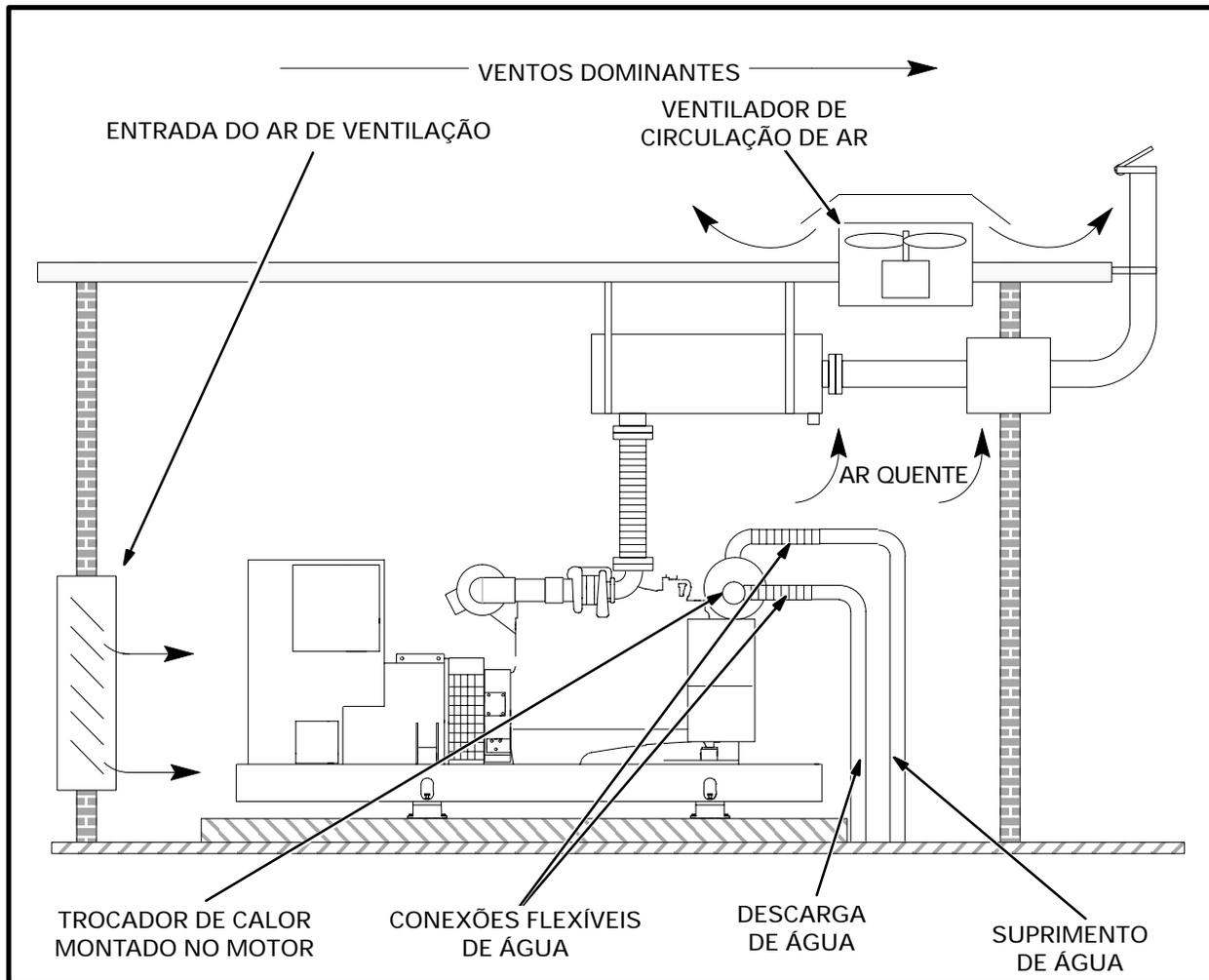


Figura 6-20: Arrefecimento com Trocador de Calor Montado na Fábrica

Lembre-se de que o grupo gerador deverá acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de ventilação, as bombas de líquido de arrefecimento e outros acessórios necessários para que o grupo funcione em aplicações com radiador remoto. Desta forma, a capacidade em kW ganha com o não acionamento mecânico do ventilador, geralmente é consumida pela adição dos dispositivos elétricos necessários ao sistema de arrefecimento remoto.

- Se a pressão da fonte de água no lado frio do sistema exceder à classificação de pressão do trocador de calor, deverá ser instalada uma válvula redutora de pressão. Consulte o fabricante do trocador de calor para informações sobre o trocador de calor¹¹.

- O trocador de calor e a tubulação de água devem ser protegidos contra congelamento se houver a possibilidade de que a temperatura ambiente seja menor que 0° C (32° F).
- As opções recomendadas incluem uma válvula termostática de água (não elétrica) para modular o fluxo de água em resposta à temperatura do líquido de arrefecimento e um válvula de corte normalmente fechada (NF), alimentada pela bateria para cortar o fluxo de água quando o grupo não está funcionando.
- O fluxo de água deve ser suficiente para remover o **Calor Dissipado para o Líquido de Arrefecimento** indicado na Folha de Especificações do grupo gerador. Note que para cada elevação de 1° F na temperatura, um galão de água absorve aproximadamente 8 BTU (calor específico). Além disso, recomenda-se que a água que sai do trocador de calor não exceda 60° C (140° F). Portanto:

¹¹ O Cummins Power Suite fornece dados sobre trocadores de calor de produtos da Cummins Power Generation que são fornecidos com trocadores de calor montados na fábrica.

$$\text{Água necessária (gpm)} = \frac{\text{Calor Rejeitado} \left(\frac{\text{Btu}}{\text{min}} \right)}{\Delta T (F) \cdot c \left(\frac{8 \text{ Btu}}{\text{F-Galão}} \right)}$$

Água Requerida (gpm) = Calor Dissipado em Btu/min ΔT (F) $\cdot c$ (8 Btu/F-Galão)

Onde:

ΔT = Elevação de temperatura da água na colméia

c = Calor específico da água

Se um grupo dissipar 19.200 BTU por minuto e a temperatura da água for de 80° F, considerando-se uma elevação de temperatura da água de 60° F:

$$\text{Água Necessária (gpm)} = \frac{19,200}{60 \cdot 8} = 40 \text{ gpm}$$

Sistemas com Dois Trocadores de Calor: Os sistemas de arrefecimento com dois trocadores de calor (**Figura 6-21**) podem ser difíceis de projetar e implementar, especialmente se for utilizado um sistema secundário de arrefecimento, como um radiador para arrefecer o trocador de calor. Nestas situações, o dispositivo remoto pode ser significativamente maior que o esperado, uma vez que a mudança de temperatura no trocador de calor é relativamente pequena. Estes sistemas devem ser projetados para a aplicação

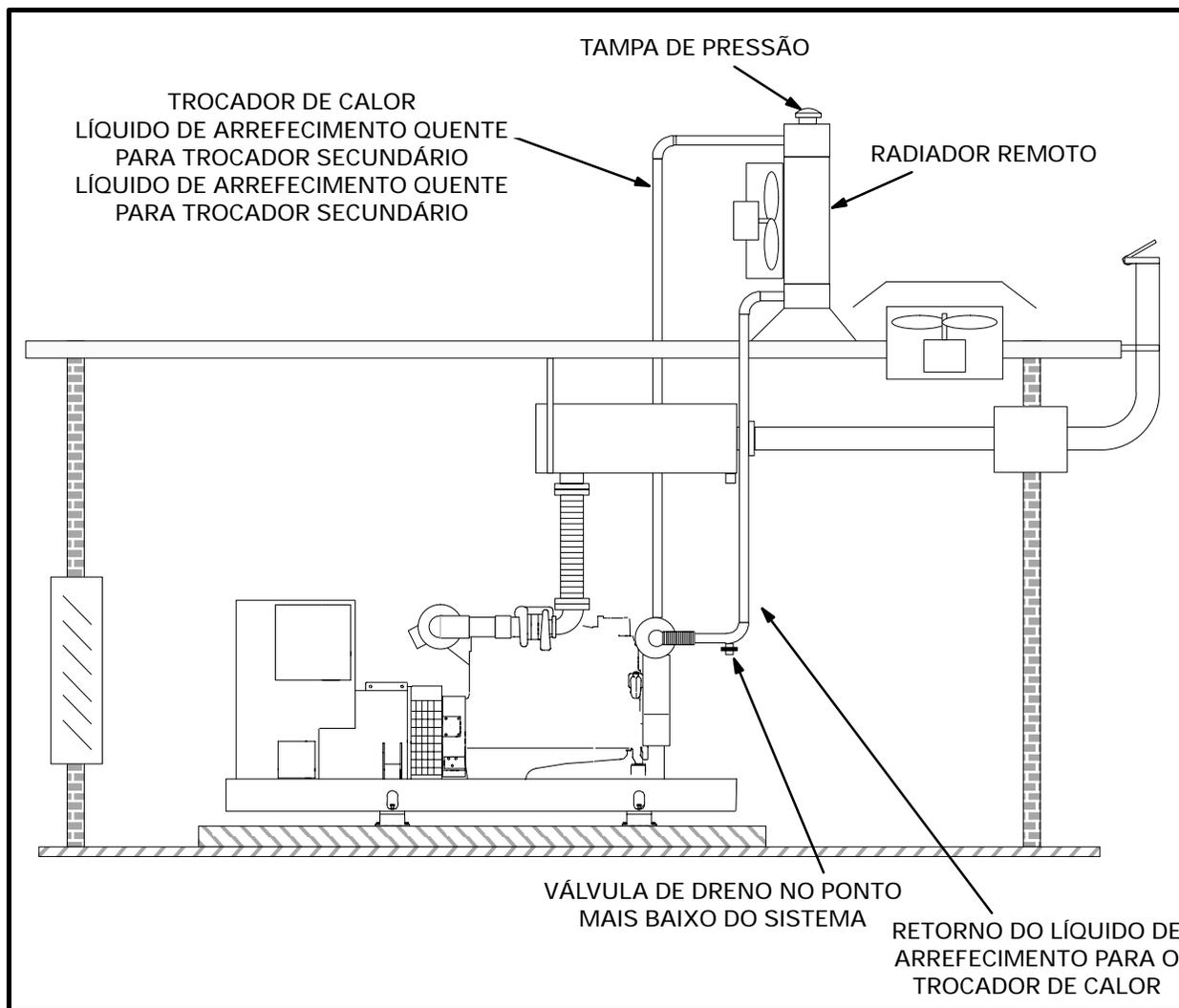


Figura 6-21: Sistema com Dois Trocadores de Calor (com Arrefecedor Secundário Líquido-Ar)

específica, considerando os requisitos do motor, do trocador de calor líquido-a-líquido e do dispositivo trocador de calor remoto¹².

Aplicações com Torre de Arrefecimento: Os sistemas com torre de arrefecimento podem ser utilizados em aplicações onde a temperatura ambiente não seja inferior ao ponto de congelamento e onde o nível de umidade é baixo o suficiente para permitir a operação eficiente do sistema. Veja na **Figura 6-22** uma configuração típica do equipamento. Os

¹² Os trocadores de calor montados no chassi fornecidos pela Cummins Power Generation geralmente não são adequados para utilização em aplicações com dois trocadores de calor. Os projetos com dois trocadores de calor requerem um acoplamento cuidadoso dos componentes.

sistemas com torre de arrefecimento geralmente utilizam um trocador de calor montado no chassi, cujo lado “frio” deve ser conectado à torre. O balanceamento do sistema é composto de uma bomba de água “não tratada” (a bomba de arrefecimento do motor circula o líquido de arrefecimento no lado “quente” do sistema) para bombear a água de arrefecimento para a parte superior da torre de arrefecimento, onde a mesma é arrefecida por evaporação e então retorna ao trocador de calor do grupo gerador. Note que o sistema requer adição de água, uma vez que a evaporação reduzirá continuamente a quantidade da água de arrefecimento no sistema. O lado “quente” do sistema do trocador de calor é similar àquele descrito anteriormente em Trocador de Calor Montado no Chassi (*Skid*).

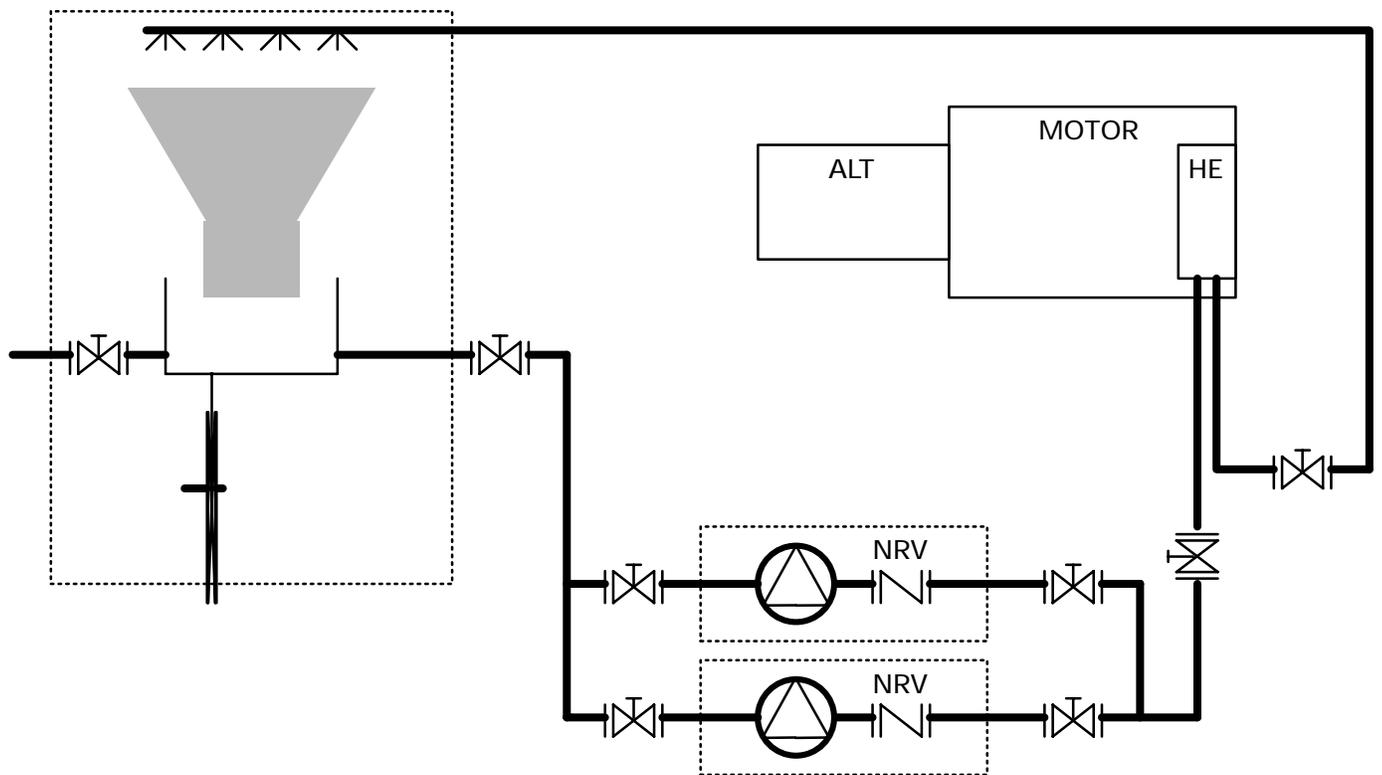


Figura 6-22: Diagrama da Aplicação Representativa de Torre de Arrefecimento

Arrefecimento do Combustível com Radiadores Remotos

Às vezes os grupos geradores incluem radiadores de combustível para atender requisitos de motores específicos. Se um motor for equipado com um radiador separado de combustível, esses requisitos de arrefecimento devem ser incluídos no projeto do sistema de arrefecimento. Além de incompatível com as normas, geralmente não é possível canalizar o combustível para um local remoto. Uma alternativa é incluir um radiador e um ventilador para o arrefecimento do combustível na área do gerador e levar em conta a dissipação do calor no projeto de ventilação da sala. Outra alternativa pode ser um sistema de arrefecimento do combustível com trocador de calor utilizando um radiador remoto ou um suprimento de água separado para o lado do líquido de arrefecimento.

Cálculos para o Dimensionamento da Tubulação de Arrefecimento

O disposição preliminar da tubulação de um sistema de arrefecimento com radiador remoto da **Figura 6-16** requer 60 pés de tubo com diâmetro de 3 polegadas, três grandes cotovelos, duas válvulas com pórticos para isolar o radiador de serviços no motor e um "T" para conectar a linha de abastecimento/adição. A Folha de Especificações do grupo gerador recomendado indica que o fluxo do líquido de

arrefecimento é de **123 GPM** e que a coluna de fricção permitida é de **5 PSI**.

Este procedimento envolve o cálculo da perda de pressão (coluna de fricção) causada por cada elemento e então a comparação da soma das perdas de pressão com a coluna de fricção máxima permitida.

1. Calcule a perda de pressão no radiador em função dos dados do fabricante. Para este exemplo, assumamos que a perda de pressão é de 1 psi com um fluxo de 135 gpm.
2. Determine os comprimentos equivalentes para todas as conexões e válvulas utilizando a **Tabela 6-3** e adicione ao comprimento total de um tubo reto.

Três Grandes Cotovelos: 3 x 5,2	15,6
Duas Válvulas com Pórticos (Abertos): 2 x 1,7	3,4
"T" (Percurso Reto)	5,2
60 Pés de Tubo Reto	60,0
Comprimento Equivalente do Tubo (Pés)	84,2

3. Calcule a contrapressão do fluxo por unidade de comprimento do tubo para o diâmetro nominal do tubo utilizado no sistema. Neste exemplo utiliza-se um tubo com diâmetro nominal de 3 polegadas. Seguindo as linhas tracejadas na **Figura 6-23**, 3 polegadas de tubo causam uma perda de pressão de aproximadamente **1,65 psi por 100 pés de tubo**.

TIPO DA CONEXÃO	TAMANHO NOMINAL DOS TUBOS EM POLEGADAS (MILÍMETROS)										
	1/2 (15)	3/4 (20)	1 (25)	1 1/4 (32)	1 1/2 (40)	2 (50)	2 1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
Cotovelo Padrão de 90° ou "T" com Redução de ½	1,7 (0,5)	2,1 (0,6)	2,6 (0,8)	3,5 (1,1)	4,1 (1,2)	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)
Cotovelo Longo de 90° ou "T" sem Redução	1,1 (0,3)	1,4 (0,4)	1,8 (0,5)	2,3 (0,7)	2,7 (0,8)	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)
Cotovelo de 45°	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)
Curva com Retorno Fechado	4,1 (1,2)	5,1 (1,6)	6,5 (2,0)	8,5 (2,6)	9,9 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	19 (5,8)	25 (7,6)	31 (9,4)	37 (11,3)
"T", Lado de Entrada ou de Saída	3,3 (1,0)	4,2 (1,3)	5,3 (1,6)	7,0 (2,1)	8,1 (2,5)	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)
Válvula de Pé e Filtro	3,7 (1,1)	4,9 (1,5)	7,5 (2,3)	8,9 (2,7)	11 (3,4)	15 (4,6)	18 (5,5)	22 (6,7)	29 (8,8)	36 (11,0)	46 (14,0)
Válvula Unidirecional, Totalmente Aberta	4,3 (1,3)	5,3 (1,6)	6,8 (2,1)	8,9 (2,7)	10 (3,0)	13 (4,0)	16 (4,9)	20 (6,1)	26 (7,9)	33 (10,1)	39 (11,9)
Válvula Globo, Totalmente Aberta	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	39 (11,9)	45 (13,7)	58 (17,7)	69 (21,0)	86 (26,2)	113 (34,4)	142 (43,3)	170 (51,8)
Válvula em Ângulo, Totalmente Aberta	9,3 (2,8)	12 (3,7)	15 (4,6)	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	35 (10,7)	43 (13,1)	57 (17,4)	71 (21,6)	85 (25,9)
Válvula com Pórtico, Totalmente Aberta	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)

Tabela 6-3. Comprimentos Equivalentes de Conexões de Tubos e Válvulas em Pés (Metros)

4. Calcule a perda de pressão na tubulação como segue:

$$\text{Perda na Tubulação} = 84,2 \text{ pés} \times 1,65 \text{ psi}/100 \text{ pés} = 1,39 \text{ psi}$$

5. A perda total do sistema é a soma das perdas na tubulação e no radiador:

$$\text{Perda de Pressão Total} = 1,39 \text{ psi na tubulação} + 1,00 \text{ psi no radiador} = 2,39 \text{ psi}$$

6. O cálculo neste exemplo indica que a disposição do sistema de arrefecimento com radiador remoto é adequada em termos de coluna de fricção do líquido de arrefecimento, uma vez que esta não é maior que a coluna de fricção permitida. Se o cálculo indicar uma coluna de fricção excessiva do líquido de arrefecimento, repita o cálculo utilizando o próximo tubo de maior diâmetro. Compare as vantagens e desvantagens de se utilizar um tubo de maior diâmetro em função de se utilizar uma bomba auxiliar do líquido de arrefecimento.

Tratamento do Líquido de Arrefecimento: O anticongelante (base de etileno ou propileno glicol) e a água são misturados para diminuir o ponto de congelamento do sistema de arrefecimento e para elevar o ponto de ebulição. Consulte a **Tabela 6-4** para determinar a concentração de etileno ou

de propileno glicol necessária para a proteção contra a temperatura ambiente mais fria esperada. As porcentagens da mistura de anticongelante/água na faixa de 30/70 a 60/40 são recomendadas para a maioria das aplicações.

NOTA: O anticongelante à base de propileno glicol é menos tóxico que o anticongelante à base de etileno, oferece maior proteção às camisas e elimina algumas exigências de relatórios sobre derramamento e descarte de fluidos. Entretanto, ele não é um líquido de arrefecimento tão eficiente quanto o etileno e, portanto, a capacidade do sistema de arrefecimento (temperatura máxima de operação com carga plena) será um pouco reduzida com o uso do propileno glicol.

Os grupos geradores da Cummins Power Generation com capacidade de 125/100 kW ou mais são equipados com filtros e elementos de tratamento substituíveis do líquido de arrefecimento para minimizar a incrustação e a corrosão do sistema do líquido de arrefecimento. Estes grupos geradores são compatíveis com a maioria dos compostos de anticongelante. Para grupos menores, o anticongelante deve conter um inibidor de corrosão.

Os grupos geradores com motores que tenham camisas de cilindros substituíveis requerem aditivos suplementares do líquido de arrefecimento (SCAs) para proteção contra desbaste e corrosão, conforme especificado nos manuais do motor e do operador do grupo gerador.

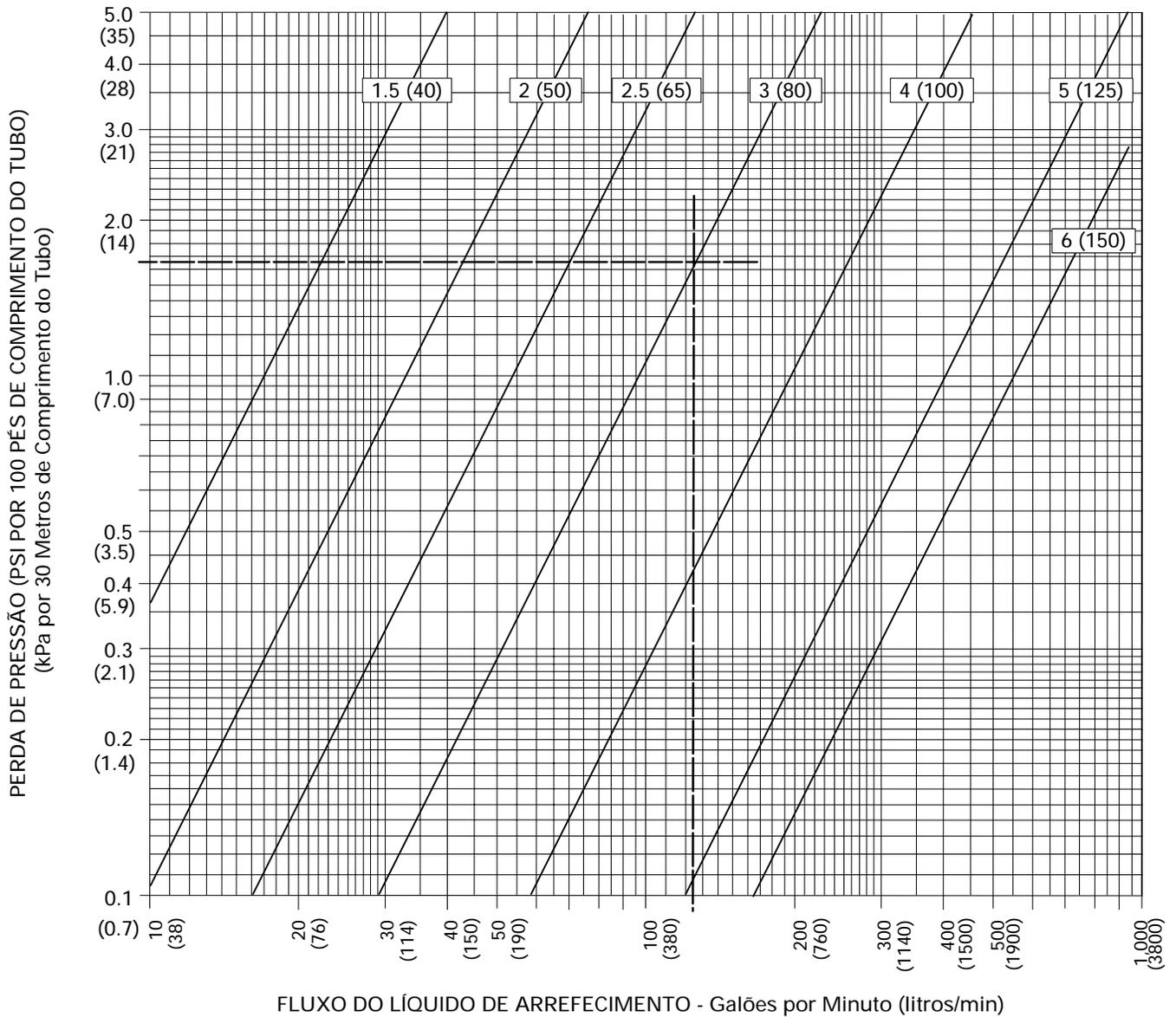


Figura 6-23: Perdas de Pressão por Fricção para Tubos de Diâmetros Nominais em Polegadas (Metros)

Ventilação

Diretrizes Gerais

A ventilação da sala do gerador é necessária para remover o calor dissipado pelo motor, alternador e outros equipamentos geradores de calor do grupo gerador, bem como para remover gases potencialmente perigosos de escape e fornecer o ar para a combustão. Um projeto de ventilação inadequada resulta em altas temperaturas na vizinhança do grupo gerador, o que pode elevar o consumo de combustível, reduzir o desempenho do grupo gerador, causar falhas prematuras dos componentes e superaquecer o motor, além de oferecer más condições de trabalho no ambiente da máquina.

A escolha dos locais de entrada e de saída da ventilação é crítica para o funcionamento correto do sistema. O ideal é que a admissão e o escape permitam que o ar de ventilação seja forçado para fluir através de toda a sala do gerador. Os efeitos dos ventos predominantes devem ser levados em conta ao se definir a localização da saída do ar. Estes efeitos podem reduzir seriamente o desempenho do radiador montado no chassi. Se a velocidade e a direção do vento for uma questão a ser considerada, poder ser utilizados anteparos ou barreiras para impedir que o evitar o vento sopra contra a saída do ar de escape do motor (veja a **Figura 6-24**). Deve-se evitar também que os gases de escape da ventilação penetrem numa área de recirculação de um edifício, formada pelos ventos dominantes.

MISTURA BÁSICA		PORCENTAGENS DE MISTURA (ANTI-CONGELANTE / ÁGUA)					
		0/100	30/70	40/60	50/50	60/40	95/5
ETILENO GLICOL	PONTO DE CONGELAMENTO	32° F (0° C)	4° F (-16° C)	-10° F (-23° C)	-34° F (-36° C)	-65° F (-54° C)	8° F (-13° C)
	PONTO DE EBULIÇÃO	212° F (100° C)	220° F (104° C)	222° F (106° C)	226° F (108° C)	230° F (110° C)	345° F (174° C)
PROPILENO GLICOL	PONTO DE CONGELAMENTO	32° F (0° C)	10° F (-12° C)	-6° F (-21° C)	-27° F (-33° C)	-56° F (-49° C)	-70° F (-57° C)
	PONTO DE EBULIÇÃO	212° F (100° C)	216° F (102° C)	219° F (104° C)	222° F (106° C)	225° F (107° C)	320° F (160° C)

Tabela 6-4. Pontos de Congelamento e Pontos de Ebulição vs. Concentração de Anticongelante

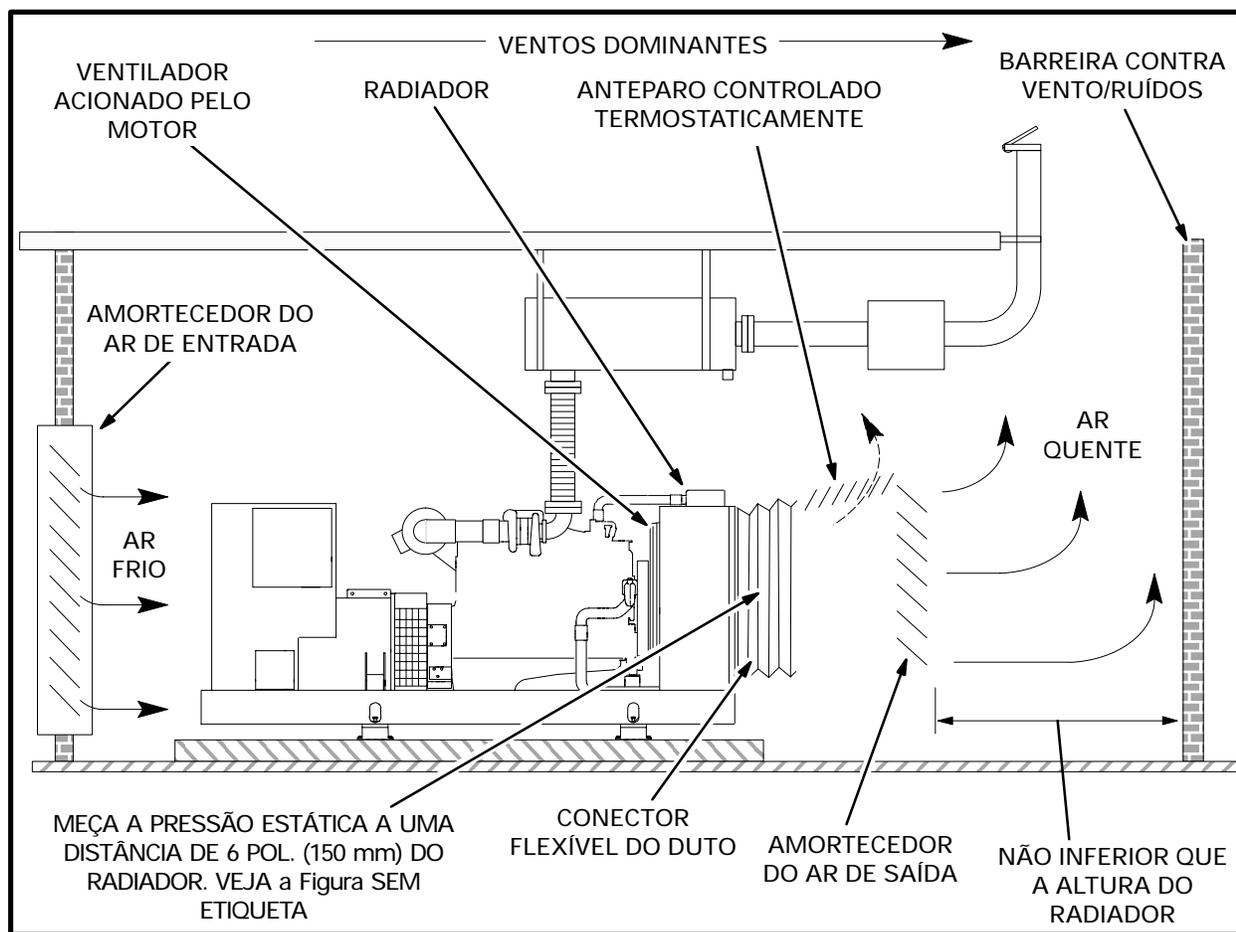


Figura 6-24: Sistema de Arrefecimento do Radiador Montado na Fábrica

O ar de ventilação poluído com poeira, partículas ou outros materiais pode exigir filtros especiais no motor e/ou no alternador para operação e arrefecimento corretos, principalmente em aplicações de energia prime. Consulte o fabricante sobre o uso de grupos geradores em ambientes com contaminação química.

Os sistemas de ventilação do cárter do motor podem expelir ar misturado com óleo na sala do grupo gerador. O óleo pode ser depositado nos radiadores ou outros equipamentos de ventilação, impedindo seu funcionamento. O uso de coletores de respiro do cárter ou a ventilação do cárter para o exterior é a melhor prática.

Deve-se dar atenção à velocidade do ar de admissão na sala do grupo gerador. Se a taxa de fluxo de ar for muito alta, os grupos geradores tenderão a "sugar" chuva e neve para a sala do grupo gerador quando estiverem funcionando. Um bom projeto deve ter como meta limitar a velocidade do ar de entrada entre 150-220 m/min (500-700 pés/min).

Em climas frios, o ar de saída do radiador pode ser recirculado para modular a temperatura do ar na sala do grupo gerador. Isto ajudará o grupo gerador a aquecer mais rapidamente e manterá a temperatura do combustível a uma temperatura mais alta do que a de seu ponto de névoa. Se forem utilizados defletores de recirculação, estes deverão ser projetados de modo que possa haver "fail close", com os defletores principais de saída abertos, de modo que o grupo gerador possa continuar funcionando quando necessário. Os projetistas devem estar cientes de que a temperatura de operação na sala do grupo gerador estará muito próxima da temperatura externa (fria) e, portanto, não deverão instalar tubos d'água através do grupo gerador ou deverão protegê-lo contra a formação de gelo.

À medida que o ar de ventilação flui através de uma sala de equipamento, sua temperatura aumenta gradualmente, especialmente se passar através do grupo gerador. Veja a **Figura 6-25**. Isto pode gerar confusão quanto às classificações de temperatura do grupo gerador e do sistema geral. A prática da Cummins Power Generation é classificar o sistema de arrefecimento com base na temperatura ambiente em torno do alternador. O aumento da temperatura na sala é a diferença entre a temperatura medida no alternador e a temperatura externa. A temperatura na colméia do radiador não tem impacto no projeto do sistema uma vez que o calor do radiador é dissipado diretamente para fora da sala do equipamento.

Um bom projeto para aplicações standby deve manter a temperatura na sala do equipamento no máximo em 50° C (125° F). Entretanto, limitar a temperatura na sala do grupo gerador em 40° C (100° F) permite equipar o grupo gerador com um radiador montado no chassi menor e mais barato, além de eliminar a necessidade de despotenciamento do motor devido a temperaturas elevadas do ar de combustão¹³. Certifique-se de que as especificações do projeto do grupo gerador descrevam plenamente as premissas utilizadas no projeto do sistema de ventilação do grupo gerador.

A grande questão então é: "Qual é a temperatura externa máxima na qual o grupo gerador deverá funcionar?" Esta é simplesmente uma questão da temperatura ambiente máxima na região geográfica onde o grupo gerador for instalado.

Em algumas áreas ao norte dos EUA, por exemplo, a temperatura máxima dificilmente ultrapassa 90°. Assim, um projetista poderá selecionar os componentes do sistema de ventilação com base em uma elevação de temperatura de 10° F com um sistema de arrefecimento do grupo gerador de 100° F, ou com base em uma elevação de temperatura de 35° F com um sistema de arrefecimento do gerador de 125° F.

A chave para o funcionamento correto do sistema assegurar que as decisões sobre a temperatura máxima de funcionamento e sobre a elevação de temperatura sejam tomadas com cuidado e que o fabricante do grupo gerador projete o sistema de arrefecimento (não apenas o radiador) para as temperaturas e ventilação necessárias.

O resultado de um projeto de sistema impróprio é que o grupo gerador superaquecerá quando a temperatura ambiente e a carga no grupo gerador forem altas. Em temperaturas mais baixas ou em níveis de carga menores, o sistema pode funcionar apropriadamente.

¹³ Consulte os dados do fabricante do motor para informações sobre a prática de despotenciamento de um dado motor. O Power Suite fornece informações sobre os produtos da Cummins Power Generation.

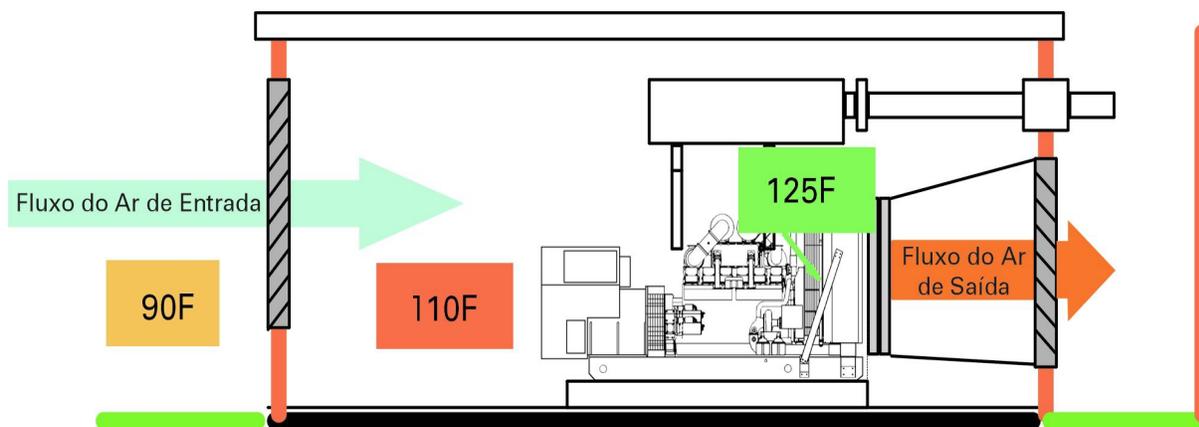


Figura 6-25: Temperatura Típica do Ar ao Redor de um Grupo Gerador

Cálculos do Fluxo de Ar

A taxa de fluxo de ar necessária para manter um aumento específico de temperatura na sala do gerador é determinada pela fórmula:

$$m = \frac{Q}{c_p T d}$$

Onde:

m = Taxa da massa do fluxo de ar para a sala; m³/min (pés³/min)

Q = Calor dissipado na sala pelo grupo gerador e outras fontes de calor; MJ/min (BTU/min).

c_p = Calor específico com pressão constante; 1,01x10⁻³ MJ/kg-°C (0,241 BTU/lb-°F).

ΔT = Aumento da temperatura na sala do grupo gerador sobre a temperatura ambiente externa; °C (°F).

d = Densidade do ar; 1,21 kg/m³ (0,0754 lb/pé³)

O que pode ser reduzido para:

$$m = \frac{Q}{0.241 \cdot 0.0754 \cdot \Delta T} = \frac{55.0Q}{\Delta T} \text{ (pés}^3\text{/min)}$$

OU

$$m = \frac{Q}{(1.01 \cdot 10^3) \cdot 1.21 \cdot \Delta T} = \frac{818Q}{\Delta T} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

14 Os dados necessários para os cálculos de grupos geradores específicos da Cummins Power Generation podem ser encontrados no Cummins Power Suite. Pode haver diferenças significativas nas variáveis utilizadas nestes cálculos para vários produtos do fabricante.

O fluxo total de ar necessário na sala é o valor calculado por esta equação, mais o ar necessário para a combustão do motor¹⁴.

Neste cálculo, os principais fatores obviamente são o calor irradiado pelo grupo gerador (e outros equipamentos na sala) e a elevação máxima permitida da temperatura.

Como a dissipação de calor da sala está fundamentalmente relacionada à potência em kW do grupo gerador e esta classificação é controlada pela demanda de carga elétrica do edifício, a principal decisão a ser tomada pelo projetista com relação à ventilação é a elevação de temperatura permitida aceitável na sala.

Teste de Campo dos Sistemas de Ventilação

Como é difícil realizar testes quanto à operação correta, um fator a ser considerado no teste do sistema é a elevação da temperatura na sala sob as condições reais de operação em função da elevação projetada. Se a elevação da temperatura sob plena carga e em temperaturas ambientes mais baixas estiver dentro das estimativas, é mais provável que o sistema funcione corretamente em temperaturas ambientes mais altas e níveis de carga mais elevados.

O procedimento a seguir pode ser usado para a qualificação preliminar do projeto do sistema de ventilação:

1. Opere o grupo gerador com plena carga (fator de potência 1,0 é aceitável) o tempo suficiente para que a temperatura do líquido de arrefecimento do motor se estabilize (aproximadamente 1 hora).
2. Com o grupo gerador ainda funcionando sob a carga nominal, meça a temperatura ambiente do ar na sala do grupo gerador na entrada do filtro de ar.
3. Meça a temperatura do ar externo (na sombra).

4. Calcule a diferença de temperatura entre a temperatura externa e a da sala do grupo gerador.
5. Certifique-se de que não seja excedidas a elevação projetada de temperatura na sala do gerador e a temperatura máxima do motor no tanque superior.

Se a elevação projetada da temperatura ou a temperatura no tanque superior forem excedidas, serão necessários testes mais detalhados do local, ou correções no projeto para verificar o projeto apropriado do sistema.

Ventilação de Radiador Montado no Chassi

Nesta configuração (**Figura 6-24**), o ventilador suga o ar pelas aberturas de entrada de ar na parede oposta e através do grupo gerador e o força através do radiador que possui flanges para a conexão de um duto até o exterior do edifício.

Considere o seguinte:

- A localização da sala do gerador deve ser tal que o ar de ventilação possa ser sugado diretamente do exterior e descarregado diretamente para fora do edifício. O ar de ventilação não deve vir de salas adjacentes. Os gases de escape também deverão ser descarregados no lado do edifício onde é feita a descarga de ar do radiador para reduzir a probabilidade de que os gases de escape e a fuligem possam ser sugados para a sala do gerador juntamente com o ar de ventilação.
- As aberturas de entrada e de descarga do ar de ventilação devem estar especificamente localizadas ou blindadas para minimizar o ruído do ventilador e os efeitos do vento no fluxo de ar. Quando utilizada, a descarga blindada deverá estar localizada em uma altura não inferior à do radiador e distante da abertura de ventilação. Obtém-se um melhor desempenho com uma altura de aproximadamente 3 vezes a do radiador. Em áreas restritas, palhetas giratórias ajudarão a reduzir a restrição causada pelas barreiras adicionadas ao sistema. Quando estas forem utilizadas, faça provisões para o escoamento de chuva de modo que ela não seja direcionada para a sala do gerador.
- O fluxo de ar através do radiador geralmente é suficiente para a ventilação da sala do gerador. Consulte o exemplo de cálculo (em Cálculos do Fluxo de Ar nesta seção) para um método de cálculo do fluxo de ar necessário para atender às especificações de elevação de temperatura na sala.
- Consulte a Folha de Especificações do grupo gerador recomendado para o projeto do fluxo de ar através do radiador e para a restrição permitida ao fluxo de ar. A **restrição permitida ao fluxo de ar não deverá ser excedida**. A pressão estática (restrição ao fluxo de ar) deverá ser medida como mostrado nas **Figuras 6-24, 6-26, e 6-27** para certificar, antes de o grupo ser colocado em serviço, que o sistema não seja muito restritivo. Isto é particularmente verdadeiro quando o ar de ventilação é fornecido e descarregado através de longos dutos, grades restritivas, telas e defletores.
- Para instalações na América do Norte, consulte as publicações da ASHRAE (Sociedade Americana dos Engenheiros de Calefação, Refrigeração e Ar Condicionado) para recomendações sobre o projeto dos dutos, se forem necessários dutos de ar para a aplicação. Note que o duto de entrada deve fornecer o fluxo de ar para a combustão (consulte a Folha de Especificações) bem como o fluxo de ar para a ventilação, e deverá estar dimensionado de acordo.
- Defletores e telas sobre as aberturas de entrada e saída do ar restringem o fluxo de ar e variam muito em desempenho. Um conjunto de defletor com palhetas estreitas, por exemplo, tende a ser mais restritivo do que um com palhetas largas. A área efetiva de abertura especificada pelo fabricante do defletor ou da tela deverá ser utilizada.
- Como o ventilador do radiador causa uma leve pressão negativa na sala do gerador, é altamente recomendado que equipamentos de combustão, como caldeiras de aquecimento do edifício, não estejam na mesma sala que o grupo gerador. Se isto for inevitável, será necessário determinar os efeitos negativos, como recirculação do ar, e fornecer os meios (aberturas e/ou dutos extra largos de entrada na sala, ventiladores de pressurização, etc.) para reduzir a pressão negativa a níveis aceitáveis.
- Em climas mais frios, devem ser utilizados amortecedores automáticos para fechar as aberturas de entrada e de saída de ar para reduzir a perda de calor da sala do gerador quando o grupo gerador não estiver funcionando. Um amortecedor termostático deverá ser utilizado para recircular uma parte do ar de descarga do radiador para reduzir o volume de ar frio que é sugado para a sala quando o grupo está funcionando. Os amortecedores de entrada e de saída deverão abrir completamente durante a partida do grupo. O amortecedor de recirculação deverá fechar completamente em 16° C (60° F).

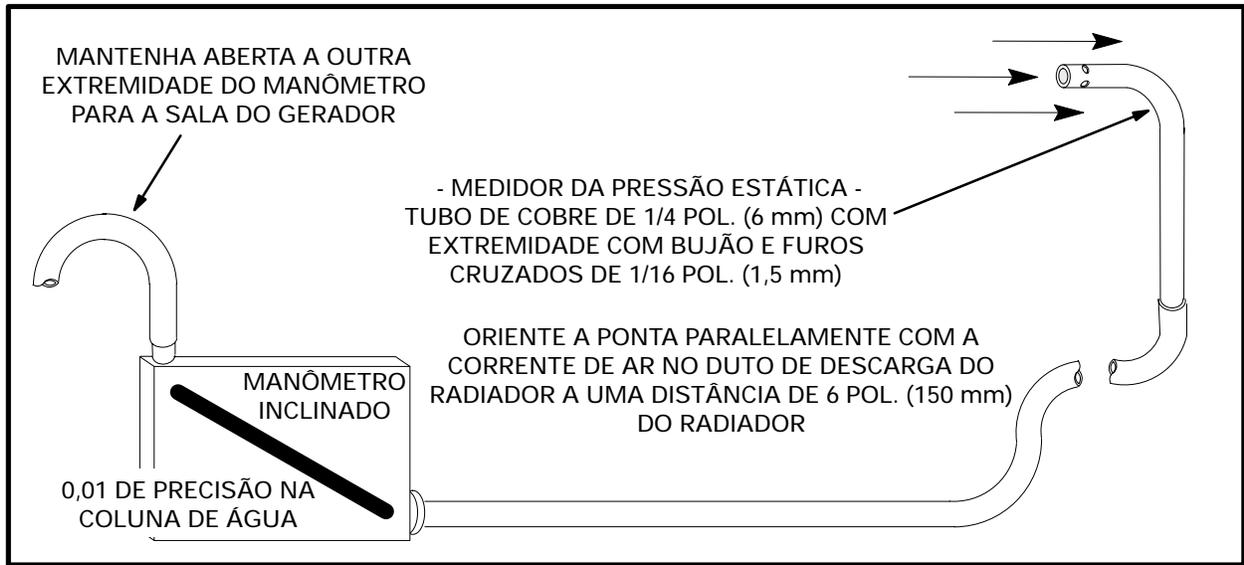


Figura 6-26: Instrumentação Recomendada para Medir a Restrição do Fluxo de Ar

- Em vez de recircular o ar de descarga do radiador na sala do gerador em climas mais frios, todo o ar de ventilação deverá ser descarregado diretamente para fora do edifício e não deverá ser utilizado para aquecer nenhuma área além da sala do gerador.
- Um conector flexível para duto deve ser instalado no radiador para evitar a recirculação do ar de escape ao redor do radiador, para absorver o movimento e a vibração do grupo gerador e para evitar a transmissão de ruídos.
- Tipicamente, projeta-se um grupo gerador com radiador montado no chassi para se obter a capacidade de arrefecimento sob carga plena a uma temperatura ambiente de 40° C durante a operação contra uma resistência ao fluxo de ar de 0,50 polegadas de coluna de água (Ponto A, **Figura 6-27**). A resistência ao fluxo de ar externo é aquela causada por dutos, telas, amortecedores, defletores, etc. Pode-se considerar a operação em temperaturas ambientes mais altas do que a temperatura projetada (Ponto B, **Figura 6-27**, por exemplo) se a redução de potência for aceitável e/ou a resistência ao fluxo de ar de arrefecimento for menor que a resistência na qual a capacidade de arrefecimento foi testada. (Uma resistência menor significa um maior fluxo de ar através do radiador, sem levar em conta o efeito da temperatura mais alta do ar na capacidade de arrefecimento do radiador.) Deve-se consultar a fábrica para se obter uma capacidade aceitável de arrefecimento do grupo gerador em uma temperatura ambiente elevada.

Ventilação em Aplicações com Trocador de Calor ou Radiador Remoto

Um sistema de arrefecimento com trocador de calor ou radiador remoto (**Figura 6-28**) poderá ser selecionado devido às considerações sobre ruídos ou porque a restrição ao fluxo de ar através de longos dutos pode ser maior que a permitida para um radiador com ventilador acionado pelo motor. Considere o seguinte:

- A sala do gerador deverá ser provida de ventiladores para a ventilação. Os ventiladores deverão ser capazes de movimentar o fluxo necessário de ar de ventilação contra a restrição ao fluxo de ar. Veja no exemplo de cálculo abaixo um método para determinar o fluxo de ar necessário para a ventilação.
- Deve ser dimensionado um ventilador de radiador remoto especificamente para arrefecer o radiador. Dependendo de sua localização, o ventilador também poderá ser utilizado para ventilar a sala do gerador.
- As localizações do ventilador e da entrada de ar devem ser tais que o ar de ventilação seja impulsionado para a frente sobre o grupo gerador.

Em geral, os sistemas de arrefecimento remoto possuem mais cargas parasíticas e, portanto, essas aplicações dispõem de uma capacidade ligeiramente menor em kW do grupo gerador. Lembre-se de adicionar as cargas parasíticas aos requisitos de carga total do grupo gerador.

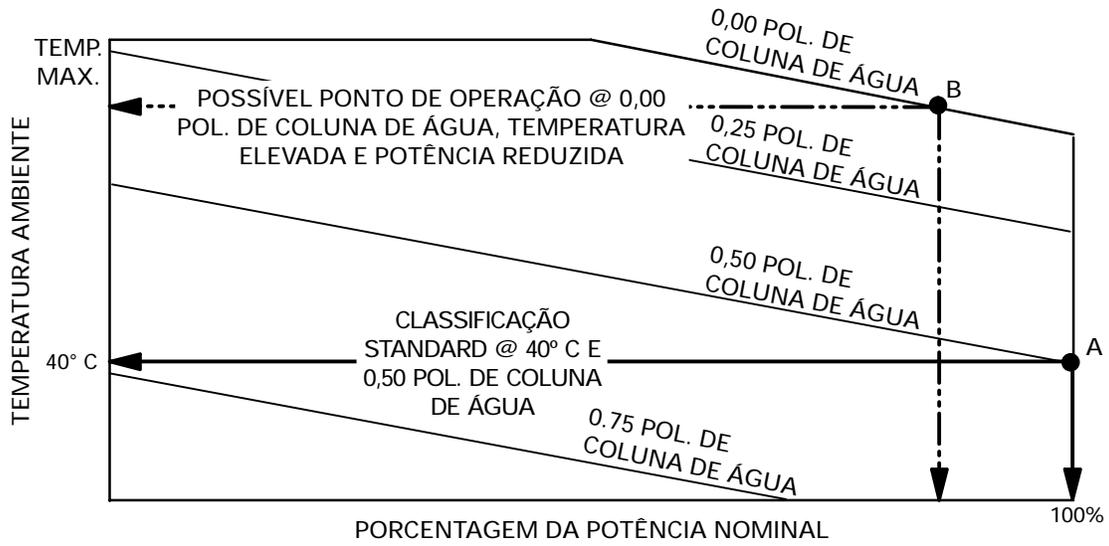


Figura 6-27: Capacidade de Arrefecimento em Ambientes Elevados

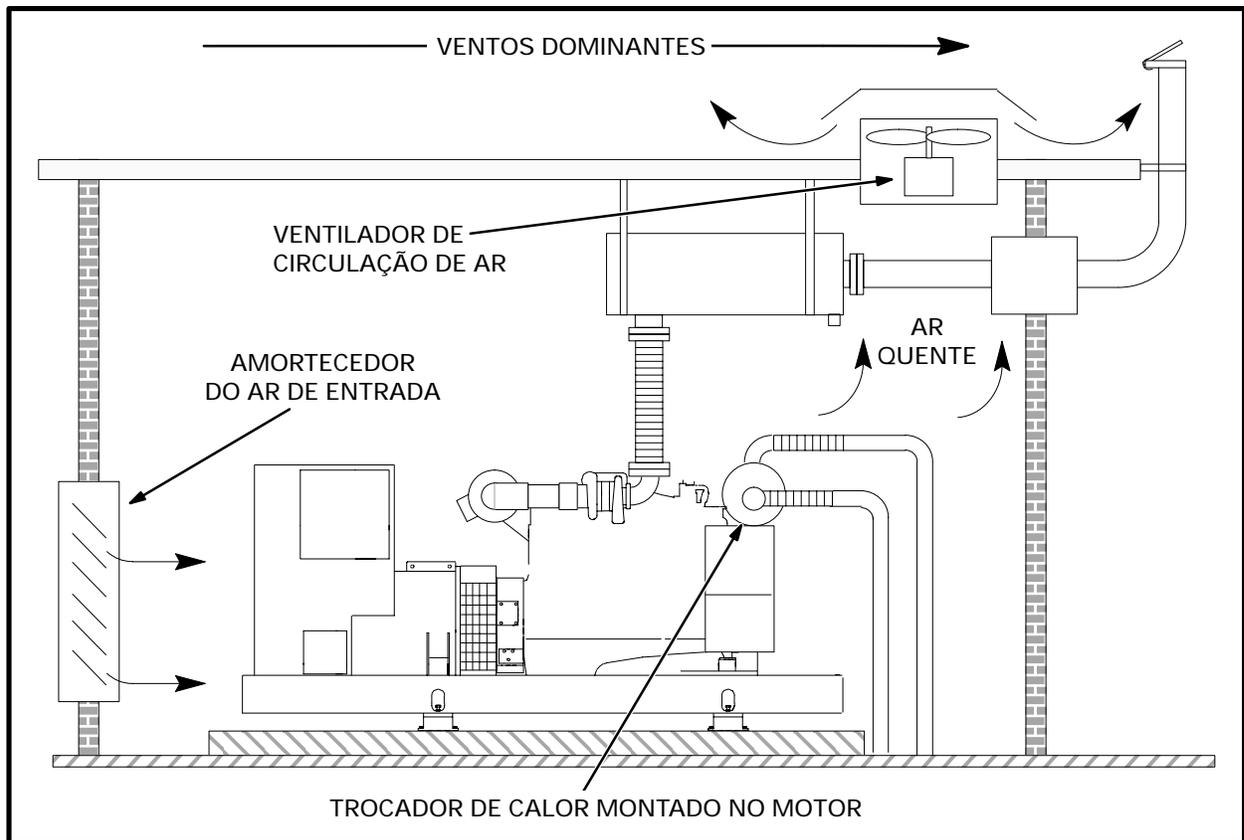


Figura 6-28: Ventilação para um Sistema de Arrefecimento com Trocador de Calor

Exemplo de Cálculo do Fluxo de Ar de Ventilação

A Folha de Especificações do grupo gerador recomendado indica que o calor irradiado para a sala pelo grupo gerador (motor e gerador) é de 4.100 BTU/min. O silencioso e cerca de 10 pés do tubo de escape com diâmetro de 5 polegadas também estão localizados na sala do gerador. Calcule o fluxo de ar necessário para limitar a elevação da temperatura do ar em 30° F.

- Some todas as fontes de entrada de calor para a sala. A **Tabela 6-5** indica que a perda de calor pelo tubo de escape de 5 polegadas é de 132 BTU/min por pé de tubo e 2.500 BTU/min pelo silencioso. Some as entradas de calor para a sala como segue:

Calor irradiado pelo grupo gerador	4.100
Calor pelo tubo de escape - 10 x 132	1.320
Calor pelo silencioso	2.500
Total do calor para a sala do gerador (BTU/Min)	7.920
- O fluxo de ar necessário para dissipar o calor irradiado da sala é proporcional ao calor total de entrada dividido pela elevação permitida da temperatura do

ar da sala. (Consulte Ventilação anteriormente nesta seção):

$$m = \frac{55 \cdot Q}{\Delta T} = \frac{55 \cdot 7920}{30} = 14,520 \text{ pés}^3/\text{min}$$

Suprimento de Combustível

Suprimento de Combustível Diesel

Os grupos geradores acionados por motores diesel geralmente são projetados para funcionar com combustível diesel ASTM D975 No. 2. Para operação em curtos períodos, outros combustíveis podem ser adequados desde que satisfaçam às características físicas e de qualidade descritas na **Tabela 6-6**. Consulte o fabricante do motor sobre o uso de outros combustíveis.

Deve-se tomar cuidado na aquisição do combustível e no abastecimento dos tanques para evitar a entrada de sujeira e umidade no sistema do combustível diesel. A sujeira entupirá os injetores e provocará um desgaste acelerado em componentes usinados do sistema de combustível. A umidade pode causar corrosão e falhas prematuras desses componentes.

DIÂMETRO DO TUBO EM POLEGADAS (mm)	CALOR DO TUBO EM BTU/MIN-PÉ (kJ/Min-Metro)	CALOR DO SILENCIOSO EM BTU/MIN (kJ/Min)
1,5 (38)	47 (162)	297 (313)
2 (51)	57 (197)	490 (525)
2,5 (64)	70 (242)	785 (828)
3 (76)	84 (291)	1.100 (1.160)
3,5 (98)	96 (332)	1.408 (1.485)
4 (102)	108 (374)	1.767 (1.864)
5 (127)	132 (457)	2.500 (2.638)
6 (152)	156 (540)	3.550 (3.745)
8 (203)	200 (692)	5.467 (5.768)
10 (254)	249 (862)	8.500 (8.968)
12 (305)	293 (1.014)	10.083 (10.638)

Tabela 6-5. Perdas de Calor a partir de Tubos de Escape e Silenciosos Não Isolados

Dependendo de sua classificação standby, os grupos geradores a diesel consomem cerca de 0,26 litros/hr por kW nominal (0,07 gal/hr por kW nominal) de combustível sob carga plena. Por exemplo, um grupo gerador standby de 1000 kW consome cerca de 260 litros/hr (70 gal/hr) de combustível. O tanque principal de combustível de um grupo gerador diesel pode ser um tanque sob a base (montado sob o *skid* do grupo gerador), ou um tanque de combustível remoto. Se o tanque principal de combustível estiver em local distante do grupo gerador, pode ser necessário um tanque intermediário (diário) para alimentar o grupo gerador. Existem diferenças consideráveis de capacidade de motor entre fornecedores, de modo que o projeto do sistema de combustível deve ser revisto para o grupo gerador específico instalado em um local.

A principal vantagem dos tanques de combustível sob a base é que o sistema pode ser projetado e montado na fábrica para minimizar o trabalho no local. Entretanto, os mesmos podem não ser uma escolha prática (ou possível)

com base nos requisitos de capacidade do tanque principal de combustível e nas restrições das normas, bem como na facilidade de acesso para o reabastecimento do tanque. Ao escolher um tanque de combustível sob a base, leve em conta que o sistema de controle do grupo gerador e outros pontos de manutenção podem ser elevados a uma altura que não seja prática. Isto poderá exigir outras estruturas na instalação para permitir serviços convenientes ou para atender aos requisitos de operação.

Devido às limitações das bombas mecânicas de combustível na maioria dos motores, muitas instalações que requerem tanques de combustível remotos (principais) também requerem de tanques intermediários (diários). O tanque principal pode estar acima ou abaixo do grupo gerador e tais instalações precisarão de projetos de tanques intermediários e sistemas de controle de combustível ligeiramente diferentes.

As **Figuras 6-29 e 6-30** ilustram sistemas típicos de suprimento de combustível diesel.

PROPRIEDADE	ESPECIFICAÇÕES	DESCRIÇÃO GERAL
Viscosidade (ASTM D445)	1,3-1,5 centistokes (mm/seg) a 40° C (104° F)	O sistema de injeção funciona com maior eficiência quando o combustível possui o “corpo” ou viscosidade apropriada. Os combustíveis que atendam aos requisitos de combustível 1D ou 2D da ASTM são satisfatórios para os sistemas de combustível da Cummins.
Número de Cetano (ASTM D613)	40 acima do mínimo 0° C (32° F) 45 abaixo do mínimo 0° C (32° F)	O número de cetanos é uma medida das características de partida e aquecimento de um combustível. Em climas frios ou em serviço prolongado com baixas cargas, um número mais alto de cetanos é desejável.
Teor de Enxofre (ASTM D129 ou 1552)	Não exceder a 0,5% em massa (ver nota)	Os combustíveis diesel contêm quantidades variáveis de compostos de enxofre que aumentam a acidez do óleo. Um método prático de neutralizar a acidez alta devida ao alto teor de enxofre é o de trocar o óleo com maior frequência ou utilizar um óleo com TBN mais alto (TBN = 10 a 20) ou ambos. O uso de combustível com alto teor de enxofre (acima de 0,5 por cento em massa) resultará na formação de sulfatos no gás de escape sob condições contínuas de carga alta. O combustível com alto teor de enxofre também encurta a vida de certos componentes no sistema de escape, inclusive o catalisador de oxidação.
Enxofre Ativo (ASTM D130)	Não exceder à classificação Nº 2 de corrosão de tira de cobre após três horas a 50° C (122° F)	Alguns compostos de enxofre no combustível são ativamente corrosivos. Os combustíveis com uma classificação de corrosão três ou acima pode causar problemas de corrosão.
Água e Sedimentos (ASTM D1796)	Não exceder a 0,05% em volume	A quantidade de água e de detritos sólidos no combustível geralmente é classificada como água e sedimentos. É uma boa prática filtrar o combustível enquanto o mesmo está sendo colocado no tanque de combustível. Mais vapor de água se condensa em tanques parcialmente cheios devido ao respiro do tanque causado pelas mudanças de temperatura. Os elementos de filtragem, as telas nas bombas de combustível, e as conexões de entrada do combustível nos injetores, devem ser limpos ou substituídos sempre que se tornarem sujos. Estas telas e filtros, ao executarem sua função pretendida, ficarão entupidos quando se utiliza um combustível de baixa qualidade ou sujo e necessitarão de substituição mais freqüentemente.
Resíduos de Carbono (Ramsbottom, ASTM D254 ou Conradson, ASTM D189)	Não exceder a 0,35% em massa em 10% de volume em resíduos	A tendência de um combustível diesel para formar depósitos de carbono em um motor pode ser estimada determinando-se o resíduo de carbono Ramsbottom ou Conradson do combustível após 90 por cento do combustível haver evaporado.
Densidade (ASTM D287)	0,816-0,876 g/cc em 15° C (graus 42-30 de gravidade API em 60° F)	A gravidade é uma indicação do teor de energia de alta densidade do combustível. Um combustível com uma alta densidade (menor gravidade API) contém mais BTUs por galão do que um combustível com uma baixa densidade (maior gravidade API). Sob condições iguais de funcionamento, um combustível de maior densidade proporcionará um menor consumo de combustível do que um combustível com menor densidade.
Ponto de Nevoa (ASTM D97)	6° C (10° F) abaixo da menor temperatura ambiente em que se espera que o combustível seja utilizado.	O ponto de nevoa do combustível é a temperatura em que os cristais de cera de parafina começam a aparecer. Os cristais podem ser detectados por uma nebulosidade do combustível. Estes cristais podem causar o entupimento de um filtro.
Cinzas (ASTM D482)	Não exceder a 0,02% em massa (0,05% com mistura de óleo lubrificante)	A pequena quantidade de partículas metálicas não inflamáveis encontrada em quase todos os produtos de petróleo é comumente chamada de cinzas.
Destilação (ASTM D86)	A curva de destilação deve ser suave e contínua.	Pelo menos 90% do combustível deve evaporar com menos de 360° C (680° F). Todo o combustível deve evaporar a menos de 385° C (725° F).
Número de Acidez (ASTM D664)	Não exceder a 0,1 mg KOH por 100 ml	O uso de combustíveis com números de acidez mais altos pode conduzir a níveis de desgaste maiores que os desejáveis. O número de acidez total está localizado na ASTM D664.
Lubricidade	3100 gr ou mais conforme medida pelo teste BOCLE de riscos do Exército dos EUA ou Diâmetro da Marca de Desgaste (WSD) menor que 0,45 mm a 60° C (WSD menor que 0,38 mm a 25° C) conforme medida pelo método HFRR.	Lubricidade é a facilidade de um líquido para proporcionar lubrificação hidrodinâmica ou periférica para evitar o desgaste entre as peças móveis.

NOTA: As regulamentações federais ou locais podem exigir um menor teor de enxofre do que o recomendado nesta tabela. Consulte todas as regulamentações de aplicação antes de selecionar um combustível para uma dada aplicação de motor.

Tabela 6-6. Especificações de Combustíveis Diesel

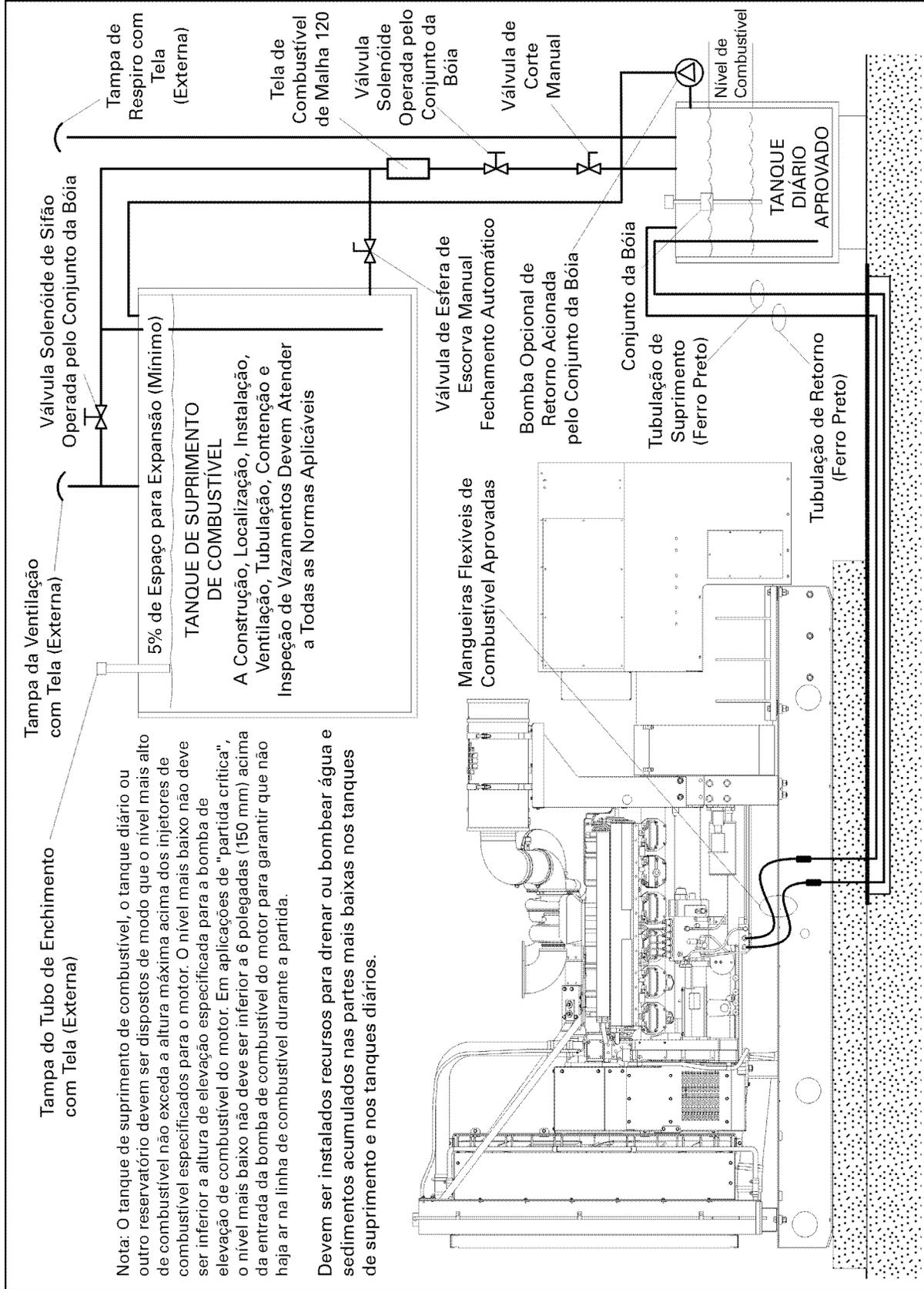


Figura 6-29: Sistema Típico de Suprimento de Combustível - Tanque de Suprimento Acima do Grupo Gerador

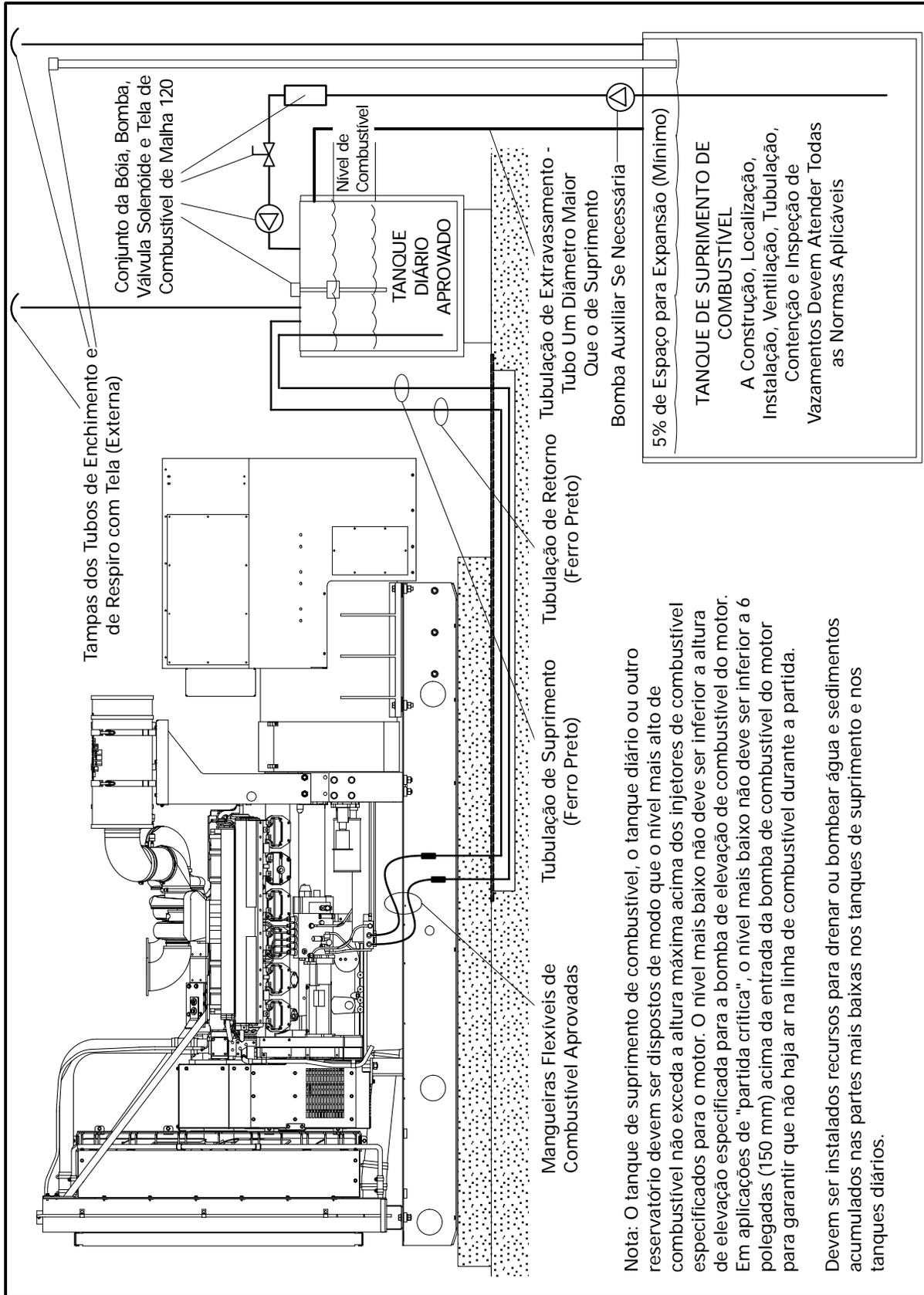


Figura 6-30: Sistema Típico de Suprimento de Combustível - Tanque de Suprimento Abaixo do Grupo Gerador

Deve-se considerar os seguintes aspectos no projeto e instalação de qualquer sistema de suprimento de combustível diesel:

- A capacidade, construção, localização, instalação, ventilação, tubulação, testes e inspeção do tanque de suprimento de combustível devem atender todas as normas aplicáveis e suas interpretações locais¹⁵. As normas locais sobre o meio ambiente geralmente exigem um depósito secundário (chamado de “tanque de ruptura”, “dique” ou “represa”) para evitar que um vazamento de combustível penetre no solo ou no sistema de esgotos. A área de contenção do depósito secundário normalmente inclui recursos para detectar e soar um alarme em caso de vazamento no tanque principal.
- A escolha do local deverá levar em conta a facilidade de acesso para reabastecimento e se as linhas de suprimento deverão ser aquecidas (em climas frios).
- O tanque de suprimento de combustível deve armazenar combustível suficiente para operar o grupo gerador durante o número previsto de horas¹⁶ sem reabastecimento. Os cálculos de dimensionamento do tanque poderão basear-se nas taxas de consumo horário de combustível, mais com o fato de que a operação de grupos geradores sob carga plena é raro. Outras considerações sobre o dimensionamento do tanque incluem a duração esperada das quedas de energia em relação à disponibilidade de entrega de combustível e a vida útil do combustível armazenado, que varia de 1-1/2 a 2 anos, quando corretamente armazenado.
- Os tanques de suprimento de combustível devem ser adequadamente ventilados para evitar a pressurização. Os requisitos de ventilação em um tanque, tanto em aplicações prime quanto de emergência, dependem das normas locais e de suas interpretações. Os tanques também devem ter recursos para a drenagem manual ou a remoção de água e sedimentos e um espaço para dilatação do combustível aquecido de pelo menos 5% para evitar transbordamento.
- A bomba de elevação de combustível, a bomba de transferência do tanque diário ou a sede da bóia devem estar protegidos contra detritos do tanque de suprimento por um pré-filtro ou uma cuba de sedimentação com elemento de trama de 100 a 120.
- Para os sistemas de energia de emergência, as normas podem não permitir que o suprimento de combustível seja usado para qualquer outra finalidade, ou podem especificar um nível mínimo para outros equipamentos que garanta o suprimento de combustível para uso da energia de emergência.

¹⁵ **NOTA SOBRE O CÓDIGO AMERICANO:** Na América do Norte, os padrões N° 30 e N° 37 da NFPA, são típicos.

¹⁶ **NOTA SOBRE O CÓDIGO AMERICANO:** A NFPA110 define o número de horas de funcionamento exigidas como a *Classe* de uma instalação. Os requisitos típicos são de 2 horas para as saídas de emergência do edifício, e de 8 horas de duração para a maioria das quedas de energia.

- A classificação N° 2 de Cetanos para o aquecimento do óleo não é alta o suficiente para a partida de motores diesel em climas frios. Conseqüentemente, podem ser exigidos tanques de suprimento independentes para sistemas de energia de emergência e de aquecimento de edifícios.
- Devem ser fornecidas linhas separadas de retorno do combustível para o tanque diário ou para o tanque de suprimento para cada grupo gerador em uma instalação de múltiplos grupos para evitar a pressurização das linhas de retorno dos grupos em marcha lenta. Além disso, uma linha de retorno do combustível não deve incluir um dispositivo de corte. Podem ocorrer danos ao motor se o motor funcionar com a linha cortada.
- Um tanque diário é necessário sempre que a fricção do tubo e/ou a elevação do tanque de suprimento, abaixo da entrada da bomba de combustível ou acima dos injetores de combustível, possam causar uma entrada excessiva de combustível ou uma restrição excessiva ao retorno do combustível. Existem alguns modelos de grupos geradores com um tanque diário integrado ou um tanque diário sob a base e montado no chassi.

NOTA: Quando grupos geradores são conectados em paralelo ou devem satisfazer requisitos de partida rápida para aplicações de emergência, é necessário que o tanque de combustível, ou reservatório, esteja localizado de modo que o menor nível possível do combustível não fique a menos de 150 mm (6 pol) acima da entrada da bomba de combustível. Isto evitará o acúmulo de ar na linha de combustível enquanto o grupo não estiver funcionando, eliminando o período durante a partida quando o ar terá que ser purgado. Em alguns modelos existem opções para eliminar esta necessidade.

- Os limites de temperatura do combustível no tanque diário podem ser excedidos em algumas aplicações quando o combustível aquecido do motor retorna ao tanque diário. À medida que a temperatura do combustível aumenta, a densidade e a lubrificidade do combustível diminuem, reduzindo a saída de potência máxima e a lubrificação das peças em contato com o combustível, como bombas e injetores. Uma solução é a instalação de um tubo para o retorno do combustível diretamente para o tanque de suprimento em vez do retorno para o tanque diário. Outros projetos podem exigir um arrefecedor do combustível para reduzir a temperatura do combustível de retorno a um nível seguro para o retorno ao tanque diário. Consulte o fabricante do motor para mais informações sobre o motor utilizado e as exigências de retorno do combustível¹⁷.

¹⁷ Em geral, os motores Cummins podem ser instalados com o combustível de retorno conectado no tanque diário. A localização da linha de retorno varia com o motor fornecido.

- A capacidade da bomba de transferência de combustível do tanque diário e a tubulação de suprimento devem ser dimensionadas com base no fluxo máximo de combustível indicado na Folha de Especificações do grupo gerador recomendado.
- Use a **Tabela 6-6** como referência para a escolha do combustível diesel e obter o melhor desempenho.
- Todos os sistemas de combustível devem possuir provisões para a contenção do combustível em caso de vazamento de um tanque e também para situações em que o mesmo for abastecido em excesso.
- Considere os meios para abastecer manualmente os tanques para o caso de o sistema de abastecimento automático do tanque falhar.
- A bomba de alimentação a partir do tanque principal pode ser do tipo duplex para melhorar a confiabilidade do sistema.
- As normas de combate a incêndio podem incluir requisitos específicos para o grupo gerador, como um meio de impedir o fluxo do combustível para a sala do grupo gerador em caso de incêndio e os meios para retornar o combustível ao tanque principal se ocorrer um incêndio na sala do grupo gerador.

Tubulação do Combustível Diesel

- As linhas do combustível diesel devem ser construídas em tubo de ferro preto. Os tubos e conexões de ferro fundido ou de alumínio não devem ser utilizados por serem porosos e podem permitir o vazamento do combustível. As linhas, conexões e tanques de combustível galvanizados não devem ser utilizados porque a camada de galvanização é atacada pelo ácido sulfúrico que se forma quando o enxofre no combustível reage com a condensação no tanque, resultando em detritos que podem obstruir bombas e filtros de combustível. As linhas de cobre não devem ser utilizadas porque o combustível polimeriza (torna-se espesso) no tubo de cobre durante longos períodos de inatividade e pode obstruir os injetores de combustível. Além disso, as linhas de cobre são menos resistentes que o ferro preto e, portanto, mais propensas a danos.

Nota: Nunca use linhas, conexões ou tanques de combustível galvanizados ou de cobre. A condensação no tanque e nas linhas reage com o enxofre no combustível diesel e produz ácido sulfúrico. A estrutura molecular das linhas ou tanques de cobre ou galvanizados reage com o ácido e contamina o combustível.

- Para as conexões do motor devem ser utilizadas mangueiras flexíveis certificadas para absorver o movimento e a vibração do grupo gerador.

- A tubulação do tanque diário para o motor deve estar sempre inclinada para baixo desde o tanque até o motor, sem voltas para cima que possam permitir a entrada de ar no sistema.
- A tubulação do sistema de combustível deve ser apoiada corretamente para evitar quebras por vibração. Ela não deve ficar próxima a tubos de aquecimento, fiação elétrica ou componentes do sistema de escape do motor. O projeto do sistema da tubulação deve incluir válvulas em locais apropriados para permitir o isolamento dos componentes do sistema para reparos sem a necessidade de se drenar todo o sistema.
- Os sistemas de tubulações devem ser inspecionados regularmente quanto a vazamentos e condições gerais. O sistema da tubulação deve ser escorvado antes do funcionamento do motor para remover a sujeira e outras impurezas que possam danificá-lo. O uso de conexões em "T" em vez de cotovelos permite uma limpeza mais fácil do sistema da tubulação.
- Os dados do fabricante do motor indicam as restrições máximas de entrada e de retorno do combustível, o fluxo máximo, a alimentação e o retorno, e o consumo de combustível. A **Tabela 6-7** mostra os tamanhos mínimos de mangueiras e tubos para as conexões com o tanque de suprimento ou com o tanque diário quando se encontram a uma distância de 15 metros (50 pés) do grupo e aproximadamente na mesma altura.

O tamanho das mangueiras e tubos deve basear-se no fluxo máximo de combustível e não no consumo. É altamente recomendado que as restrições à entrada e ao retorno sejam verificadas antes que o grupo gerador seja colocado em serviço.

Taxa de Fluxo Máximo de Combustível em L/hr (GPH)	Nº da Mangueira Flexível*	Tamanho do Tubo NPS (pol)	Tamanho do Tubo DN (mm)
Menos que 80 (303)	10	½	15
81-100 (304-378)	10	½	15
101-160 (379-604)	12	¾	20
161-230 (605-869)	12	¾	20
231-310 (870-1170)	16	1	25
311-410 (1171-1550)	20	1-1/4	32
411-610 (1550-2309)	24	1-1/2	40
611-920 (2309-3480)	24	1-1/2	40

* Especificação de tamanho dos fornecedores de mangueiras genéricas de combustível.

Tabela 6-7. Comprimento Equivalente dos Diâmetros Mínimos de Mangueiras e Tubos de Combustível, Até 15 Metros (50 Pés).

Tanques de Combustível Sob a Base

Quando um grupo gerador é montado sobre um tanque de combustível sob a base, os isoladores de vibração devem ser instalados entre o grupo gerador e o tanque de combustível. O tanque de combustível deve ser capaz de suportar o peso do grupo e resistir às cargas dinâmicas. O tanque deve ser montado de modo que haja um espaço de ar entre a base do tanque e o piso para reduzir a corrosão e permitir inspeções visuais quanto a vazamentos.

Tanques Diários

Quando uma aplicação requer um tanque diário intermediário, este geralmente é dimensionado para um período de funcionamento de aproximadamente 2 horas com o grupo gerador sob carga plena. (Sujeito às limitações das normas para o combustível na sala do grupo gerador.) Um único tanque diário pode alimentar vários grupos geradores, porém é preferível que haja um tanque diário para cada grupo gerador, localizado tão perto quanto possível do mesmo. Posicione o tanque para permitir seu abastecimento manual, se necessário.

A altura do tanque diário deve ser suficiente para estabelecer uma coluna positiva com a bomba de combustível do motor. (Nível mínimo no tanque não inferior a 150 mm (6 pol) acima da entrada de combustível do motor.) A altura máxima do combustível no tanque diário não deve ser suficiente para estabelecer uma coluna positiva com as linhas de retorno do combustível no motor.

A localização da linha de retorno do combustível no tanque diário é diferente dependendo do tipo de motor utilizado. Alguns motores requerem que o combustível seja retornado acima do nível máximo do tanque; outros requerem que o combustível seja retornado para o tanque na base (ou abaixo do nível mínimo do tanque). O fabricante do motor fornece estas especificações.

Os recursos importantes, requeridos ou desejados, dos tanques diários incluem:

- Tanque de ruptura ou lago. (Opcional, porém exigido por lei em muitas regiões.)
- Bóia utilizada no abastecimento do tanque para controlar: uma válvula solenóide, se o tambor de abastecimento estiver acima do tanque diário, ou uma bomba, se o tambor de abastecimento estiver abaixo do tanque diário.
- Tubo de ventilação, de mesmo diâmetro que o de abastecimento, roteado para o ponto mais alto do sistema.

- Válvula de dreno.
- Medidor do nível ou visor de vidro.
- Alarme de nível baixo (opcional).
- Bóia de nível alto para controlar: o solenóide, se o tambor de abastecimento estiver acima do tanque diário, ou o controle da bomba, se o tambor de abastecimento estiver abaixo do tanque diário.
- Refluxo para o tambor de abastecimento caso este esteja abaixo do tanque diário.

Leis e padrões locais, bem como normas federais, freqüentemente controlam a construção de tanques diários, sendo, portanto, essencial consultar as autoridades locais.

Alimentação de Combustível Gasoso

Consulte a Seção 2 deste manual para informações sobre as vantagens e desvantagens gerais dos sistemas de combustível gasoso em relação a outras alternativas.

Os grupos geradores acionados por combustível gasoso (também chamados de “grupos geradores com ignição por centelha”) podem utilizar gás natural ou gás propano líquido (PL), ou ambos. Sistemas de duplo combustível, com gás natural como combustível principal e propano como reserva, podem ser utilizados em áreas propensas a abalos sísmicos e onde ocorram eventos naturais que possam interromper o sistema de gás da concessionária pública.

Independentemente do combustível utilizado, os principais fatores para o sucesso da instalação e operação de um sistema de combustível gasoso são:

- O gás fornecido ao grupo gerador deve ser de qualidade aceitável, no mínimo.
- O suprimento de gás deve ter pressão suficiente. Deve-se certificar de que o suprimento de gás no *grupo gerador*, e não apenas na fonte, tenha pressão correta para seu funcionamento. A pressão especificada deve estar disponível enquanto o grupo gerador é operado sob plena carga.
- O gás deve ser suprido ao grupo gerador em volume suficiente para operar o grupo gerador. Normalmente, isto depende do diâmetro da linha de combustível que deve ser largo o suficiente para transportar o volume necessário de combustível. Para sistemas que utilizam combustível PL, o tamanho e a temperatura do tanque de combustível também afetam este requisito.

O não atendimento dos requisitos mínimos do grupo gerador nestas áreas resultará na impossibilidade de funcionamento do grupo gerador, ou na impossibilidade de suportar a carga nominal, ou ainda em fraco desempenho de transientes.

Qualidade do Combustível Gasoso

Os combustíveis gasosos são na verdade uma mistura de vários gases hidrocarbonetos diferentes como metano, etano, propano e butano, outros elementos gasosos como oxigênio e nitrogênio, água vaporizada, vários contaminantes, alguns dos quais são potencialmente danosos ao motor ao longo do tempo. A qualidade do combustível é uma função da quantidade de energia por unidade de volume do combustível e da quantidade de contaminantes no combustível.

Teor Energético: Uma das características mais importantes dos combustíveis gasosos utilizados em um grupo gerador é o valor calorífico do combustível. O valor calorífico de um combustível indica a quantidade de energia existe armazenada em um volume específico do combustível. O combustível gasoso possui um baixo valor calorífico (BVC) e um alto valor calorífico (AVC). O baixo valor calorífico é o calor disponível para o funcionamento do motor após a água no combustível ter sido vaporizada. Se o baixo valor calorífico de um combustível for muito baixo, mesmo que o motor receba um volume suficiente de combustível, o motor não será capaz de manter plena potência de saída, porque não foi disponibilizada a energia suficiente ao mesmo para ser convertida em energia mecânica. Se o BVC for inferior a 905 BTU/pé³ o motor não poderá produzir a potência nominal em condições de temperatura ambiente padrão.

Se o combustível tiver um teor energético superior a 1000 BTU/pé³, os requisitos reais de fluxo em pés³/min serão menores e os requisitos de pressão cairão levemente. Inversamente, se o combustível tiver um teor energético inferior a 1000 BTU/pé³, os requisitos reais de fluxo em pés³/min serão maiores e será necessária uma maior pressão mínima de alimentação para atingir o desempenho indicado para qualquer grupo gerador. Cada motor poderá ter características de desempenho ligeiramente diferentes com base no tipo de combustível fornecido, devido às diferenças na taxa de compressão do motor e se o motor é naturalmente aspirado ou turbocomprimido.

Gás Natural Canalizado: O combustível mais comum para grupos geradores é chamado de “gás natural canalizado”. Nos Estados Unidos, o “gás natural canalizado seco” possui qualidades específicas, com base nas normas federais. Em outros países, o gás canalizado pode variar em teor e, portanto, as características do combustível devem ser verificadas antes de seu uso em um grupo gerador. Nos Estados Unidos, o gás canalizado é uma mistura composta

de aproximadamente 98% de metano e etano, com os outros 2% formados por hidrocarbonetos como propano e butano, nitrogênio, dióxido de carbono e vapor de água. “Seco” significa isento de hidrocarbonetos líquidos como a gasolina, porém NÃO isento de vapor de água. Geralmente o gás canalizado SECO possui um BVC de 936 BTU/pé³ e um AVC de 1.038 BTU/pé³.

Gás de Campo: A composição do “gás natural de campo” varia consideravelmente entre regiões e entre continentes. É necessária uma análise cuidadosa antes de se utilizar o gás natural de campo em um motor. O gás natural de campo pode conter gases hidrocarbonetos “mais pesados” como pentano, hexano e heptano, que podem exigir uma redução da potência de saída do motor. Outros contaminantes, como enxofre, também podem estar presentes no combustível. Um gás de campo típico pode ter um BVC de 1.203 BTU/pé³ e um AVC de 1.325 BTU/pé³.

Propano (GLP): O propano encontra-se disponível em dois graus, comercial e trabalhos especiais. O propano comercial é utilizado onde a alta volatilidade é uma exigência. Nem todos os motores de ignição por centelha funcionam de forma aceitável com este combustível devido à sua volatilidade. O propano para trabalhos especiais (também chamado de HD5) é uma mistura de 95% de propano e outros gases, como o butano, que permite um melhor desempenho do motor devido à redução de pré-ignição pela volatilidade reduzida. O gás combustível propano para trabalhos especiais que atende à especificação D-1835 da ASTM D 1835 sobre propano para trabalhos especiais (equivalente ao propano HD5 do Padrão 2140 da Associação dos Produtores de Gás) é adequado para a maioria dos motores. O propano possui um BVC de cerca de 2.353 BTU/pé³ e um AVC de 2.557 BTU/pé³. O maior valor calorífico do combustível requer a mistura de volumes diferentes de ar no sistema de combustível para o propano versus as aplicações de gás natural, de modo que os motores para duplo combustível possuem essencialmente duas disposições de combustível para esta finalidade.

Contaminantes: Os contaminantes mais prejudiciais em combustíveis gasosos são o vapor de água e o enxofre.

O vapor de água é prejudicial a um motor porque pode causar uma queima descontrolada, pré-ignição ou outros efeitos que podem danificar o motor. O vapor ou as gotas do líquido devem ser removidas do combustível antes de entrar no motor através de um “filtro seco” que é montado

no sistema de combustível antes do regulador principal de pressão do combustível. O ponto de orvalho do gás combustível deve ser pelo menos 11° C (20° F) menor que a temperatura ambiente mínima no local da instalação.

O enxofre e os sulfetos de hidrogênio causarão corrosão e sérios danos a um motor em um período relativamente curto. Motores diferentes apresentam níveis diferentes de tolerância à contaminação por enxofre e alguns motores simplesmente não funcionam com um combustível que contenha um teor significativo de enxofre. Consulte o fabricante do motor para aprovação de motores específicos com combustíveis específicos. Os efeitos do enxofre no combustível podem ser compensados em parte pelo uso de óleos lubrificantes para gás natural com alto teor de cinzas. Em geral, os motores não devem ser operados com combustíveis que contenham mais de 10 partes por milhão (ppm).

Alguns combustíveis, como aqueles derivados de aplicações de aterros, podem ter um teor útil de energia química, porém níveis muito altos de enxofre (>24 ppm). Estes níveis são freqüentemente chamados de "gás ácido". Se o teor de enxofre de tal combustível for eliminado, o mesmo poderá ser utilizado como um combustível para muitos motores, desde que apresente valor calorífico suficiente em BTU.

Análise do Combustível: O fornecedor do combustível gasoso pode fornecer uma análise de combustível que descreva a composição química do combustível a ser fornecido. Esta análise de combustível pode ser utilizada para se certificar de que o combustível seja adequado para uso em motores específicos propostos para uma aplicação específica, e também para certificar-se de que o teor de BTU do combustível seja suficiente para fornecer a saída necessária em kW da máquina. Os fornecedores de gás podem modificar a composição do gás natural canalizado sem aviso, de modo que não existe uma garantia de longo prazo do desempenho, porém o processo de avaliação do combustível pode ser descrito resumidamente como:

- Relacione a porcentagem de cada gás na composição do combustível.
- Calcule a porcentagem do total do combustível que é inflamável. A porcentagem da porção inflamável do combustível é igual a 100% menos as porcentagens dos componentes inertes. Os componentes inertes incluem oxigênio, dióxido de carbono e vapor de água.
- Calcule a porcentagem de cada componente inflamável do combustível.
- Verifique a aceitabilidade do combustível segundo a porcentagem de cada elemento inflamável versus as recomendações do fabricante do motor.

Por exemplo, para uma análise de gás de:

90% Metano
6% Etano
2% Hidrogênio
1% Pentano Normal
1% Nitrogênio

- Porcentagem total de elementos inertes = 1%.
- Total inflamável = 100% - 1% = 99%.
- % Metano = 90%/99% = 91%.
- % Etano = 6%/99% = 6.1%.
- % Hidrogênio = 2%/99% = 2%.
- % Pentano Normal = 1%/99% = 1%.

Consulte a **Tabela 6-8** para uma listagem típica dos Inflamáveis Máximos Permitidos em grupos geradores a gás da Cummins. Note que neste exemplo, o combustível será aceitável para um motor com baixa taxa de compressão (geralmente em torno de 8,5:1), porém não para um motor com uma taxa de compressão mais elevada. Um motor com taxa de compressão mais elevada, terá requisitos mais rigorosos de composição do combustível, porém poderá funcionar de modo satisfatório reduzindo-se sua potência de saída. Consulte o fabricante do motor.

- Verifique a classificação do grupo gerador com base no uso do combustível proposto.

O teor total de BTU do combustível determinará a classificação do grupo gerador para um combustível de uma determinada composição. Se qualquer componente do combustível tiver um valor específico maior que o permitido, a redução da potência será necessária. Consulte o fabricante do motor quanto aos requisitos do combustível e as instruções para a redução da potência.

Note que a redução de potência devida ao combustível e a redução de potência devida à altitude/temperatura¹⁸ não são somadas. Apenas o valor máximo da redução de potência devida ao combustível ou da redução de potência devida à altitude/temperatura deverá ser aplicado.

Os motores turbocomprimidos possuem requisitos únicos de composição do combustível devido às pressões mais elevadas nos cilindros. Para evitar problemas com pré-ignição ou detonação, a redução da potência de saída será necessária se o teor de propano e/ou iso-butano exceder as porcentagens na **Tabela 6-9**.

¹⁸ Consulte o fabricante do motor ou do grupo gerador quanto aos fatores de redução de potência devidos à temperatura/altitude.

	Taxa de Compressão de 8,5:1	Taxa de Compressão de 10,5:1
Metano (C ₁)	100	100
Etano (C ₂)	100	100
Propano (C ₃)	10	2
ISO-Butano (IC ₄)	7	0,2
Hidrogênio (H ₂)	7	traço
Butano Normal (NC ₄)	3	0,2
ISO-Pentano (IC ₅)	3	0,2
Pentano Normal (NC ₅)	1	0,1
Hexano (C ₆)	1	0,1
Heptano (C ₇)	1	0,1

Tabela 6-8. Porcentagens Máximas Permitidas para Inflamáveis no Combustível do Motor

	Taxa de Compressão de 8,5:1	Taxa de Compressão de 10,5:1
Metano	NA	NA
Etano	NA	NA
Propano	5%	*
Iso-butano	2%	*
* Motores turbocomprimidos com taxa de compressão elevada não podem consumir qualquer propano ou iso-butano.		

Tabela 6-9. Porcentagens Máximas Permitidas de Constituintes de Gases Antes do Despotenciamento de Motores Turbocomprimidos

Projeto do Sistema de Combustível do Grupo Gerador

A **Figura 6-31** ilustra os componentes típicos de uma linha de gás de um sistema duplo de combustível (gás natural e GLP) com transferência automática. Os sistemas simples de combustível (gás natural ou GLP) utilizam as partes indicadas dos componentes do desenho. A figura não mostra o vaporizador de GLP fornecido com os grupos geradores da Cummins Power Generation, equipados para o uso de combustível líquido ou GLP (montado apenas em motores de grupos geradores externos). Os reguladores da pressão de serviço, os filtros de gás seco e as válvulas de corte manual geralmente são fornecidos pelo instalador, mas são fornecidos como acessórios pela Cummins Power Generation.

Projeto do Sistema de Combustível do Local

Deve-se considerar o seguinte na instalação de um sistema de combustível de gás natural e/ou GLP:

- No projeto do sistema de suprimento de combustível a gás, os materiais, componentes, fabricação, montagem, instalação, testes, inspeção, operação e manutenção devem atender todas as normas aplicáveis¹⁹.

- O arranjo e o dimensionamento da tubulação de gás devem ser adequados para o manuseio do volume de gás requerido pelo grupo gerador e todos os outros equipamentos, as como caldeiras de aquecimento do edifício, alimentados pela mesma fonte. O fluxo do gás sob carga plena (veja a Folha de Especificações do grupo gerador recomendado) deverá estar disponível em uma pressão de alimentação não inferior à mínima exigida, geralmente entre 5 a 10 polegadas de coluna d'água, dependendo do modelo. Contudo, a determinação final dos diâmetros dos tubos deverá basear-se no método aprovado pela autoridade com jurisdição local (consulte a Norma NFPA N° 54).
- A maioria das instalações requer um regulador da pressão do gás de serviço. A pressão de alimentação do gás não deve exceder 13,8 ou 20 polegadas de coluna d'água, dependendo do modelo, na entrada para o grupo gerador. Dependendo da pressão de distribuição do gás, pode ser necessário mais de um estágio de regulação da pressão. Tubulações de gás com alta pressão não são permitidas dentro de edifícios (5 psig para gás natural e 20 psig para GLP, exceto se as pressões mais elevadas forem aprovadas pelas autoridades locais). Os reguladores de pressão de gás devem ser ventilados para o exterior de acordo com as normas aplicáveis.

¹⁹ Na América do Norte, Os Padrões N°s 30, 37, 54 e 58 da NFPA são típicos.

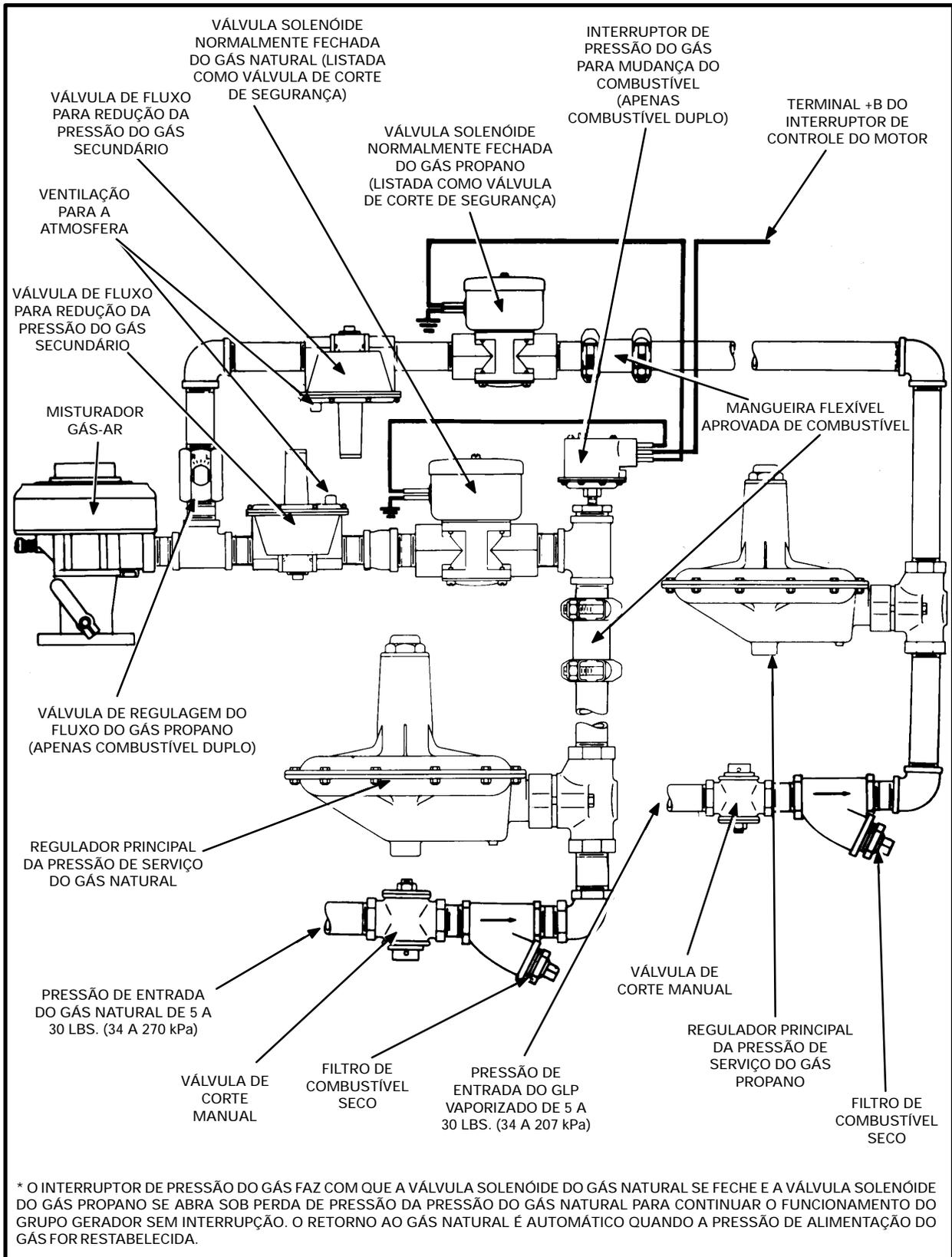


Figura 6-31: Sistema Típico de Combustível Gasoso

- O regulador de pressão instalado na linha de suprimento da fonte de gás para aplicações de gerador nunca deve ser um regulador “piloto”. Num regulador estilo “piloto”, o regulador requer uma linha de pressão entre o gabinete do regulador e o tubo de gás à frente para “detectar” uma queda de pressão na linha à frente. Os reguladores pilotos não funcionam pois o tempo de resposta é inaceitável face às grandes mudanças instantâneas na demanda do grupo gerador.
- Deve ser utilizada uma mangueira flexível de combustível aprovada para as conexões no motor para absorver o movimento e a vibração do grupo gerador.
- A maioria das normas requer os dois tipos de válvulas de corte, manual e elétrica (alimentada pela bateria), na entrada para as mangueiras flexíveis de combustível. A válvula manual deve ser do tipo com visor.
- Deve ser instalado um filtro de combustível seco em cada linha como mostra a **Figura 6-31** para proteger os componentes de regulação sensíveis à pressão e os orifícios à frente contra substâncias estranhas e prejudiciais transportadas juntamente com o fluxo do gás (oxidação, incrustações, etc.).
- Deve haver um sistema de suprimento de combustível GLP dedicado ao sistema de energia de emergência, se este for o combustível alternativo exigido.
- Um vaporizador de GLP aquecido pelo líquido de arrefecimento do motor é instalado pela fábrica nos grupos geradores da Cummins Power Generation equipados para o uso de GLP. Como a tubulação de gás com alta pressão (20 psig ou mais) não é permitida dentro de edifícios, os grupos geradores equipados para o uso de GLP não deverão ser instalados dentro de edifícios. (A maioria dos modelos a GLP dispõe de gabinetes de proteção contra intempéries para instalações externas.)
- A taxa de vaporização em um tanque de GLP depende da temperatura do ar externo, exceto se o tanque for equipado com um aquecedor, e da quantidade de combustível no tanque. Mesmo em dias frios, o ar externo aquece e vaporiza o GLP (principalmente através da superfície umedecida do tanque) quando a temperatura do ar é superior à temperatura do GLP. A remoção do vapor provoca a queda da temperatura e da pressão. (A -38°C [-37°F], a pressão de vapor no GLP é zero.) A menos que haja combustível suficiente e calor suficiente no ar ambiente, a taxa de vaporização cairá durante o funcionamento do grupo gerador para um valor menor que o exigido para o funcionamento contínuo apropriado.

Cálculos da Pressão do Combustível em Sistema de Combustível Gasoso

Tamanho do Tanque: Use a **Figura 6-32** como uma referência rápida para dimensionar um tanque de GLP em função da temperatura ambiente mais baixa esperada. Por exemplo, em um dia com 40°F , o consumo de $1000\text{ pés}^3/\text{h}$ requer um tanque de 2000 galões cheio pelo menos até a metade. Nota: Em muitos casos, a quantidade requerida de combustível para a vaporização apropriada é muito maior que a requerida para o número de horas de funcionamento estipulado pela norma.

Por exemplo, em uma aplicação NFPA 110 Classe 6, deve haver combustível suficiente para o grupo gerador funcionar durante 6 horas antes de o tanque ser reabastecido. O GLP produz aproximadamente $36,5\text{ pés}^3$ de gás por galão de líquido. Se a taxa de consumo do grupo gerador for de $1000\text{ pés}^3/\text{h}$:

$$\text{Combustível consumido em } \frac{1000\text{ pés}^3/\text{h} \cdot 6\text{ horas}}{36,5\text{ pés}^3/\text{galão}} = 164\text{ galões}$$

Neste caso, o tanque deve ter uma capacidade de pelo menos 2000 galões com base na temperatura mais baixa esperada em vez de no combustível consumido em 6 horas (164 galões).

Dimensionamento da Tubulação do Gás: O dimensionamento da tubulação do gás para suprimento correto do combustível, tanto em função do fluxo quanto da pressão, pode tornar-se bastante complexo. Entretanto, um método simplificado, também usado para calcular outras tubulações (escape e líquido de arrefecimento), é converter todas as conexões, válvulas, etc., nos comprimentos equivalentes do tubo no(s) diâmetro(s) sendo considerado(s). O comprimento total equivalente poderá então ser relacionado com a capacidade de fluxo.

A **Tabela 6-3**, Comprimentos Equivalentes de Tubos, Conexões e Válvulas, aplica-se para tubulações de gás e de líquidos. As **Tabelas 6-10 a 6-12** mostram as capacidades máximas de gás para o comprimento equivalente de vários tamanhos de tubo. Estas tabelas baseiam-se nas tabelas da Norma NFPA 54, Código Nacional de Combustível Gasoso, e foram escolhidas considerando-se os requisitos gerais de operação do sistema de combustível para grupos geradores. Foram incluídas tabelas para o consumo de gás natural, propano líquido e vapor de propano sob determinadas condições. Consulte a Norma NFPA 54 ou outros códigos aplicáveis, ou os requisitos de instalação de outros sistemas de combustível.

O cálculo do tamanho mínimo do tubo é bastante direto:

- Faça uma lista de todas as conexões e válvulas do sistema proposto e some seus comprimentos equivalentes utilizando a tabela.
- Some a este total todos os comprimentos de tubo reto para chegar ao comprimento equivalente total.
- Escolha a tabela aplicável com base no sistema de combustível.
- Obtenha os requisitos de combustível máximo para o(s) grupo(s) gerador(es) específico(s) usando as

Folhas de Especificações dos fabricantes. Converta para pés³/hr conforme necessário. (Não esqueça do teor de BTU, discutido anteriormente nesta seção.)

- Instale o comprimento equivalente do tubo (ou o próximo comprimento equivalente imediatamente superior) na coluna da esquerda. Localize nas colunas o número igual ou maior que o comprimento equivalente total calculado acima. Na parte superior dessa coluna está o tamanho nominal mínimo do tubo ou o tamanho da tubulação requerido para o sistema conforme projetado.

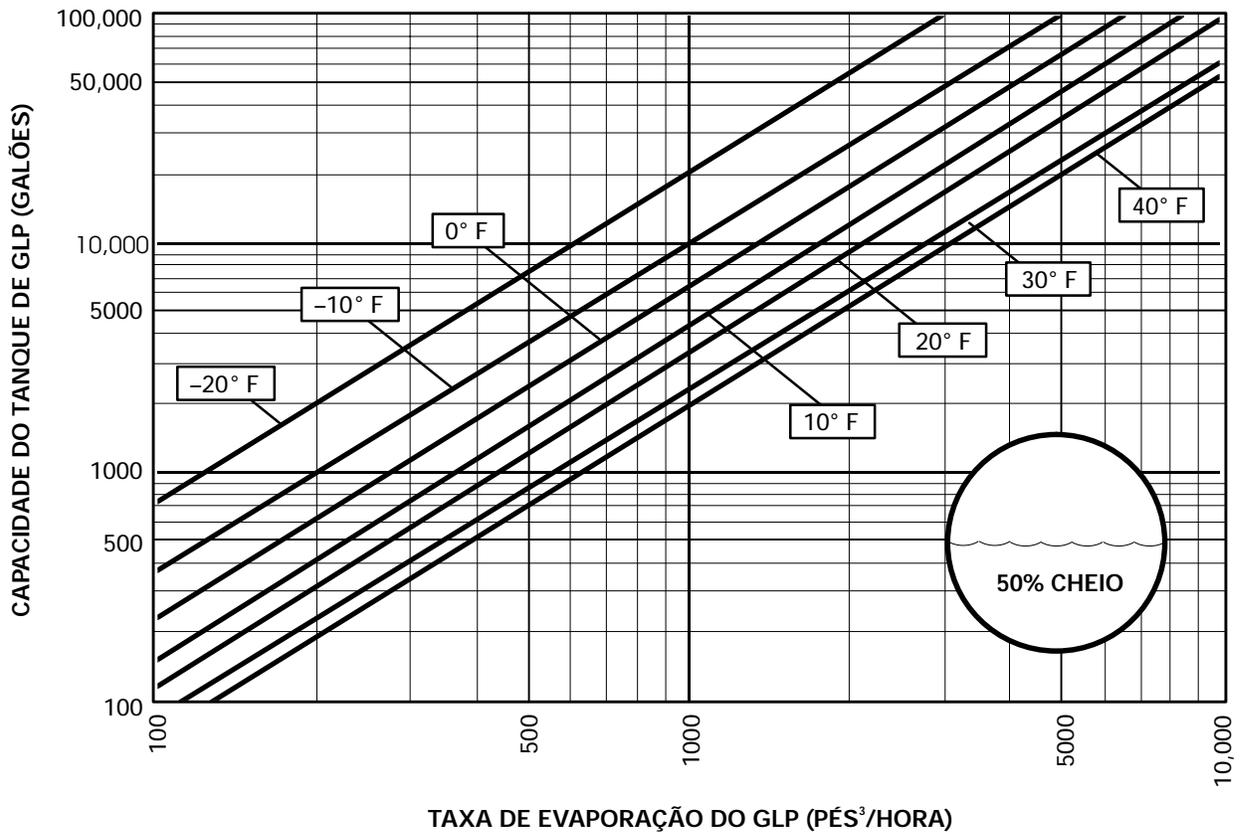


Figura 6-32: Tamanho Mínimo do Tanque de LPG (50% Cheio) Necessário para Manter 5 psig na Taxa Específica de Retirada e Temperatura Mínima Esperada de Inverno

Comprimento Equivalente do Tubo (pés)	Tubo de Ferro Schedule 40: (Diâmetro Interno Nominal em polegadas)									
	3/8 (0,493)	1/2 (0,622)	3/4 (0,824)	1 (1,049)	1 1/4 (1,38)	1 1/2 (1,61)	2 (2,067)	2 1/2 (2,469)	3 (3,068)	4 (4,026)
10	95	175	360	680	1400	2100	3950	6300	11000	23000
20	65	120	250	465	950	1460	2750	4350	7700	15800
30	52	97	200	375	770	1180	2200	3520	6250	12800
40	45	82	170	320	660	990	1900	3000	5300	10900
50	40	73	151	285	580	900	1680	2650	4750	9700
60	36	66	138	260	530	810	1520	2400	4300	8800
70	33	61	125	240	490	750	1400	2250	3900	8100
80	31	57	118	220	460	690	1300	2050	3700	7500
90	29	53	110	205	430	650	1220	1950	3450	7200
100	27	50	103	195	400	620	1150	1850	3250	6700
125	24	44	93	175	360	550	1020	1650	2950	6000
150	22	40	84	160	325	500	950	1500	2650	5500
175	20	37	77	145	300	460	850	1370	2450	5000
200	19	35	72	135	280	430	800	1280	2280	4600

Tabela 6-10. Dimensionamento de Tubo de Ferro Schedule 40 para Gás Natural – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.2.

Comprimento Equivalente do Tubo (pés)	Tubo de Ferro Schedule 40: (Diâmetro Interno Nominal em polegadas)								
	1/2 (0,622)	3/4 (0,824)	1 (1,049)	1 1/4 (1,38)	1 1/2 (1,61)	2 (2,067)	3 (3,068)	3 1/2 (3,548)	4 (4,026)
10	116	242	455	935	1401	2698	7603	11132	15508
20	79	166	313	643	963	1855	5226	7651	10659
30	64	134	251	516	773	1489	4196	6144	8559
40	54	114	215	442	662	1275	3591	5258	7326
50	48	101	191	391	587	1130	3183	4661	6492
60	44	92	173	355	531	1023	2884	4223	5883
80	37	79	148	304	455	876	2469	3614	5035
100	33	70	131	269	403	777	2188	3203	4462
125	29	62	116	238	357	688	1939	2839	3955
150	27	56	105	216	324	624	1757	2572	3583
200	23	48	90	185	277	534	1504	2202	3067
250	20	43	80	164	246	473	1333	1951	2718
300	18	39	72	149	223	428	1207	1768	2463
350	17	35	66	137	205	394	1111	1626	2266
400	16	33	62	127	190	367	1033	1513	2108

Tabela 6-11. Dimensionamento de Tubo de Ferro Schedule 40 para Vapor de Propano – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.26

Comprimento Equivalente do Tubo (pés)	Tubo de Ferro Schedule 40: (Diâmetro Interno Nominal em polegadas)								
	1/2 (0,622)	3/4 (0,824)	1 (1,049)	1 1/4 (1,38)	1 1/2 (1,61)	2 (2,067)	3 (3,068)	3 1/2 (3,548)	4 (4,026)
30	733	1532	2885	5924	8876	17094	48164	70519	98238
40	627	1311	2469	5070	7597	14630	41222	60355	84079
50	556	1162	2189	4494	6733	12966	36534	53492	74518
60	504	1053	1983	4072	6100	11748	33103	48467	67519
70	463	969	1824	3746	5612	10808	30454	44589	62116
80	431	901	1697	3484	5221	10055	28331	41482	57787
90	404	845	1593	3269	4899	9434	26583	38921	54220
100	382	798	1504	3088	4627	8912	25110	36764	51216
150	307	641	1208	2480	3716	7156	20164	29523	41128
200	262	549	1034	2122	3180	6125	17258	25268	35200
250	233	486	916	1881	2819	5428	15295	22395	31198
300	211	441	830	1705	2554	4919	13859	20291	28267
350	194	405	764	1568	2349	4525	12750	18667	26006
400	180	377	711	1459	2186	4209	11861	17366	24193
450	169	354	667	1369	2051	3950	11129	16295	22700
500	160	334	630	1293	1937	3731	10512	15391	21442
600	145	303	571	1172	1755	3380	9525	13946	19428
700	133	279	525	1078	1615	3110	8763	12830	17873
800	124	259	488	1003	1502	2893	8152	11936	16628
900	116	243	458	941	1409	2715	7649	11199	15601
1000	110	230	433	889	1331	2564	7225	10579	14737
1500	88	184	348	713	1069	2059	5802	8495	11834
2000	76	158	297	611	915	1762	4966	7271	10128

Tabela 6-12. Dimensionamento de Tubo de Ferro Schedule 40 para Propano Líquido – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.25

Redução de Ruídos em Aplicações de Grupos Geradores

A Ciência dos Ruídos

Unidades de Medida do Nível do Ruído e Decibéis/dB(A): A unidade de medida do som é o decibel (dB). O decibel é um número em escala logarítma que expressa a relação entre duas pressões de som comparando a pressão real com uma pressão de referência.

As regulamentações de ruídos geralmente são escritas em termos de “decibéis escala ‘A’” ou dB(A). O “A” indica que a escala foi “ajustada” para um valor aproximado como uma pessoa percebe a intensidade do som.

A intensidade depende do nível de pressão (amplitude) e da frequência do som. A **Figura 6-33** mostra os níveis típicos de ruídos associados com vários ambientes e fontes.

Os dados precisos e significativos do nível do som são medidos preferencialmente em “campo aberto” para coletar os dados de ruídos. Um “campo aberto”, ao contrário de um “campo reverberante”, é um campo sonoro no qual os efeitos de obstáculos ou limitações à propagação do som no campo são insignificantes. (Geralmente isto significa que os objetos ou barreiras estão longe demais, não interferem na área do teste e/ou estão cobertos com materiais adequados para a absorção do som.)

Medições precisas de ruídos também requerem que o microfone seja colocado externamente ao “campo vizinho”. O “campo vizinho” é definido como a região dentro de um comprimento de onda, ou duas vezes a maior dimensão da fonte de ruído, o que for maior. As medições de ruídos para regulamentações de comunidades não devem ser feitas no campo vizinho. As especificações de Engenheiros sobre ruídos devem requerer medições do nível de intensidade sonora em campo aberto, 7 metros (21 pés) ou mais.

As medições de ruído devem ser feitas utilizando-se um medidor do nível de som e analisador de oitava banda para análise mais detalhada por consultores acústicos. Os microfones são colocados em um círculo de raio de 7 metros (21 pés) com o centro no grupo gerador; uma distância

suficiente para este tipo e tamanho de equipamento. Consulte as Folhas de Dados de Desempenho Sonoro disponível no CD do Power Systems Software Suíte para obter os dados dos produtos Cummins Power Generation.

Níveis de Sons Adicionais: O nível de ruído em um dado local é a soma dos níveis de ruído de todas as fontes, inclusive das fontes refletoras. Por exemplo, o nível de ruído em um ponto de um campo aberto equidistante de dois grupos geradores idênticos é o dobro quando ambos os grupos estão funcionando. O dobro do nível de ruído é representado como um aumento de cerca de 3 dB(A). Neste caso, se o nível de ruído de apenas um dos grupos for de 90 dB(A), pode-se esperar uma medição de 93 dB(A) quando ambos os grupos estiverem funcionando.

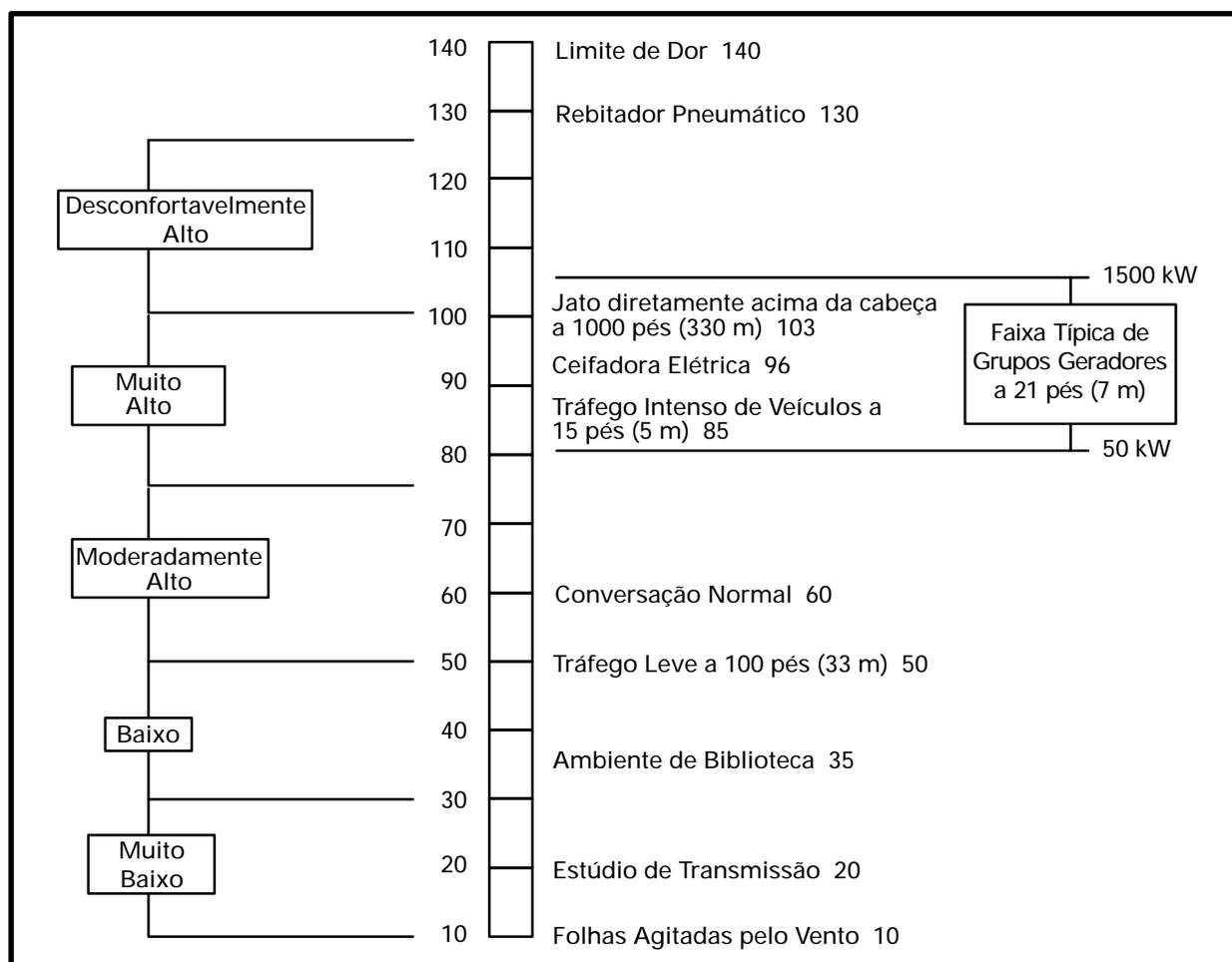


Figura 6-33: Níveis de Ruídos Típicos

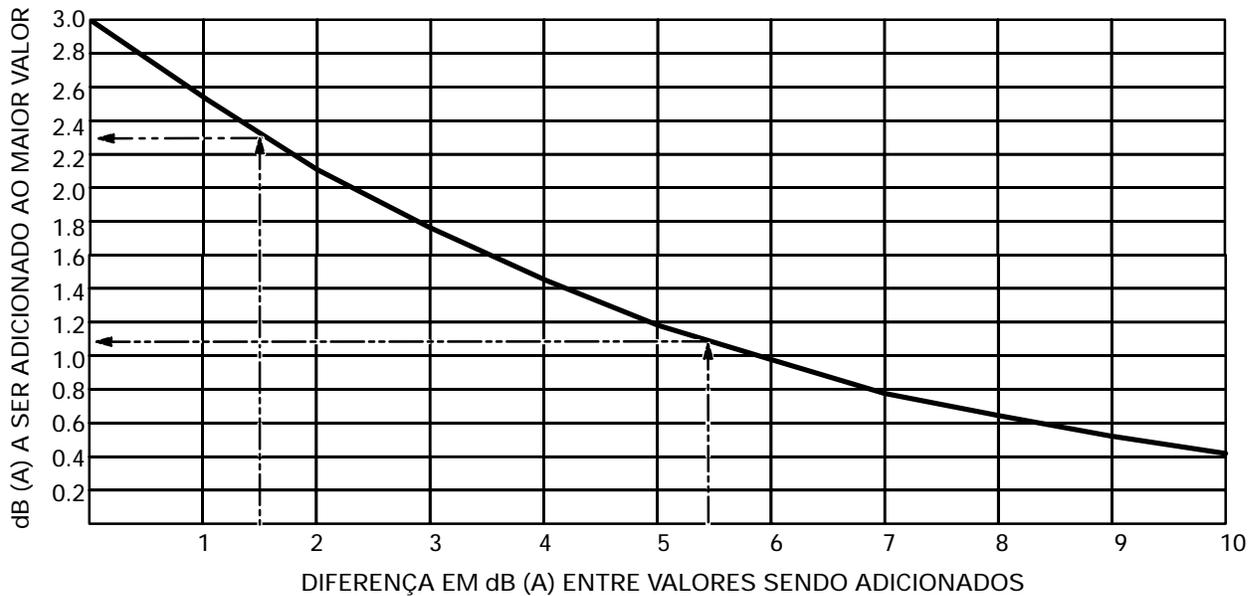


Figura 6-34: Gráfico de Valores para a Adição de Níveis de Ruídos

A **Figura 6-34** pode ser utilizada, como segue, para estimar o nível de ruído de várias fontes de ruído:

1. Determine a diferença em dB(A) entre duas das fontes (qualquer par). Localize o valor na escala horizontal, suba até encontrar a curva, como mostra a seta vertical, e veja o valor na escala vertical, como mostra a seta horizontal. Some este valor ao maior valor de dB(A) do par.
2. Repita o Passo 1 entre o valor recém-determinado e o próximo valor. Repita o processo para todas as fontes.

Por exemplo, para somar 89 dB(A), 90,5 dB(A) e 92 dB(A):

- Subtraia 90,5 dB(A) de 92 dB(A) e obtenha uma diferença de 1,5 dB(A). Como mostram as setas na **Figura 6-34**, o correspondente à diferença de 1,5 dB(A) é o valor 2,3 dB(A), que deve ser somado a 92 dB(A), resultando num total de 94,3 dB(A).
- Da mesma forma, subtraia 9 dB(A) do novo valor de 94,3 dB(A) e obtenha a diferença de 5,3 dB(A).
- Finalmente, some o valor correspondente de 1,1 dB(A) ao valor 94,5 dB(A) e obtenha um total de 95,6 dB(A).

Como alternativa, a seguinte fórmula pode ser utilizada para somar os níveis de intensidade sonora medidos em dB(A):

$$dB A_{total} = 10 \cdot \log_{10} \left(10^{\left(\frac{dB A_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{dB A_2}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{dB A_n}{10}\right)} \right)$$

Efeito da Distância: Em um “campo aberto”, o nível do som diminui à medida que a distância aumenta. Se, por exemplo, uma segunda medição de som for feita duas vezes em relação à fonte, a segunda leitura será cerca de 6 dB(A) menor que a primeira (quatro vezes menos). Se a distância for reduzida à metade, a segunda medição será cerca de 6 dB(A) maior (quatro vezes mais). Para o caso mais geral, se o nível de intensidade do som (SPL₁) de uma fonte na distância d₁ for conhecido, o nível de intensidade do som (SPL₂) na distância d₂ pode ser determinado como segue:

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$$

Por exemplo, se o nível de intensidade do som (SPL₁) em 21 metros (d₁) for 100 dB(A), em 7 metros (d₂) o nível de intensidade do som (SPL₂) será:

$$\begin{aligned} SPL_2 &= 100\text{dB(A)} - 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{7}{21} \right) \\ &= 100 - 20 \cdot (-0.477) \\ &= 100 + 9.5 = 109.5 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

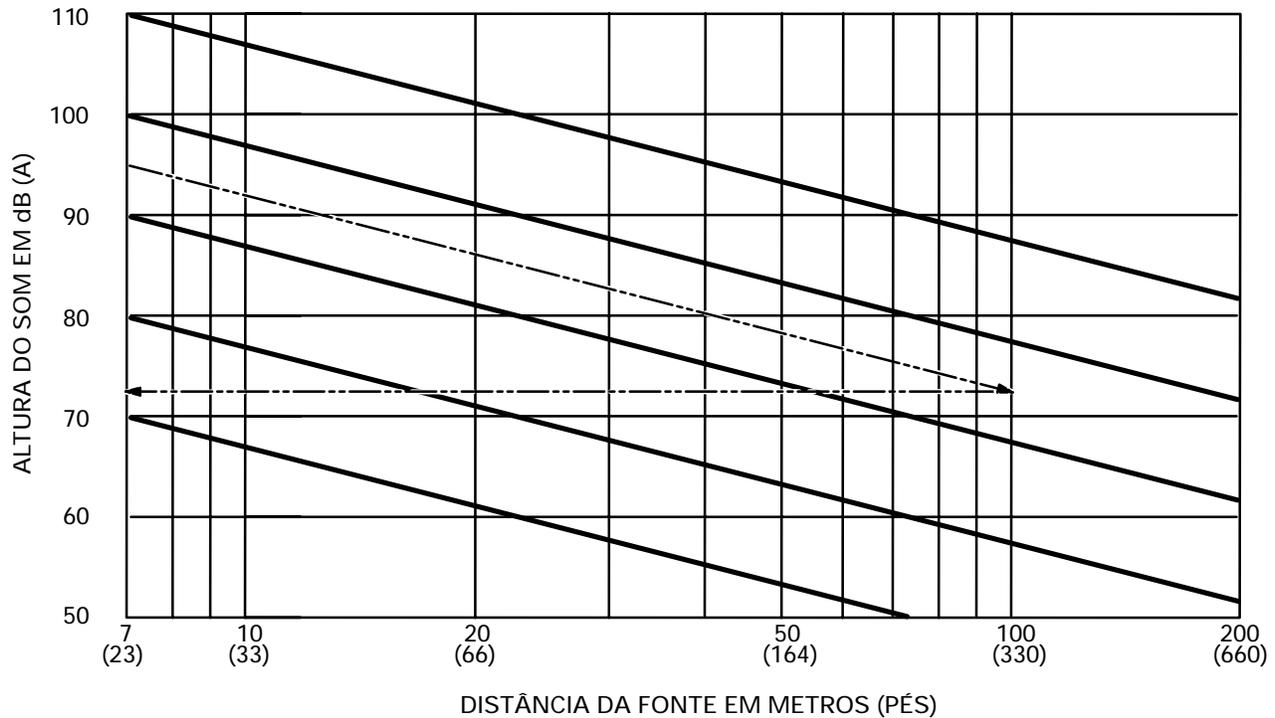


Figura 6-35: Redução na Intensidade com o Aumento da Distância (Campo Aberto)

Para aplicar a fórmula de distância (acima) aos dados do grupo gerador publicados pela Cummins Power Generation, o nível de ruído de fundo deverá ser de pelo menos 10 dB(A) menor que o nível de ruído do grupo gerador e a instalação deverá aproximar-se de um ambiente de campo aberto.

A **Figura 6-35** pode ser usada como alternativa da fórmula para se estimar o nível do som em várias distâncias, como as linhas da propriedade. Por exemplo, como mostram as setas tracejadas, se a classificação de ruído na Folha de Especificações do grupo gerador recomendado for 95 dB(A) (a 7 metros), o nível de ruído a 100 metros de distância será de aproximadamente 72 dB(A).

Para utilizar a **Figura 6-35**, trace uma linha paralela às linhas inclinadas partindo do valor conhecido em dB(A) no eixo vertical até a linha vertical da distância especificada. Em seguida, trace uma linha horizontal até o eixo vertical e leia o novo valor em dB(A).

Ruídos do Grupo Gerador

As aplicações de grupo gerador estão sujeitas a problemas relacionados com ruídos, devido aos altos níveis de ruído produzidos por grupos geradores em funcionamento. Por isso, foram criadas normas e padrões para proteger pessoas e usuários contra esses níveis indesejáveis de ruídos.

Em geral, os níveis de ruído exigidos no perímetro de uma propriedade devem estar entre pouco mais de 60 dB(A) e pouco menos de 50 dB(A) (dependendo da hora do dia), enquanto os níveis de som de um grupo gerador "não tratado" podem chegar a 100 dB(A). O ruído do grupo gerador pode ser amplificado pelas condições do local, ou o nível de ruído existente no local pode impedir que o grupo gerador atinja os níveis requeridos de desempenho de ruído. (Para medir com precisão o nível de ruído de qualquer fonte, esta deverá ser 10 dB(A) maior que o ambiente ao seu redor).

O nível de ruído produzido por um grupo gerador no perímetro de uma propriedade será previsível se o grupo gerador for instalado num ambiente de *campo aberto*. Em um ambiente de campo aberto, não existem paredes refletoras para amplificar o ruído produzido pelo grupo gerador e o nível de ruído segue a regra de “redução de 6 dB(A) para o dobro da distância”. Se a linha da propriedade estiver dentro do *campo vizinho* de um grupo gerador, o nível do ruído poderá não ser previsível. Um ambiente de campo vizinho é qualquer medição feita dentro duas vezes a maior dimensão da fonte do ruído.

As paredes refletoras e outras superfícies amplificam o nível do ruído que pode ser percebido por uma pessoa. Por exemplo, se um grupo gerador estiver instalado junto a uma parede com superfície sólida, o nível do ruído perpendicular à parede será aproximadamente duas vezes a intensidade esperada do som do grupo gerador num ambiente de campo aberto (p.ex., um grupo gerador funcionando com nível de ruído de 68 dB(A) deverá indicar 71 dB(A) próximo de uma parede refletora). A instalação do grupo gerador num canto amplifica ainda mais o nível do ruído percebido.

As regulamentações de ruídos geralmente são criadas em função de reclamações, e o alto custo de reforma de um local para reduzir os níveis de ruído incentiva a preocupação com os requisitos de desempenho sonoro no início do ciclo do projeto e a instalação de recursos para atenuação dos níveis de ruídos em termos de custo/benefício.

A Tabela 2-2 mostra dados representativos de ruídos externos.

Redução de Ruídos Transmitidos por Estruturas

Estruturas vibratórias criam ondas de pressão sonora (ruído) no ar ao seu redor. As conexões com um grupo gerador podem causar vibrações na estrutura do edifício, criando ruído. Geralmente, estas incluem as fixações do chassi, o duto de descarga de ar do radiador, a tubulação de escape, a tubulação do líquido de arrefecimento, as linhas de combustível e os conduítes da fiação. Além disso, as paredes do gabinete de um grupo gerador podem vibrar e provocar ruído. A **Figura 6-1** mostra como minimizar a transmissão de ruídos por estruturas através de isolamento apropriado.

A montagem de um grupo gerador sobre isoladores de vibração do tipo mola reduz eficientemente a transmissão de vibrações. A prática de isolamento de vibrações é

descrita em Isoladores de Vibração no início deste capítulo.

As conexões flexíveis com o tubo de escape, duto de ar, linhas de combustível, tubo do líquido de arrefecimento (sistemas com radiador ou trocador de calor remoto) e conduítes da fiação reduzem eficientemente a transmissão de vibrações. Todas as aplicações de grupo gerador requerem o uso de conexões flexíveis com o grupo gerador.

Redução de Ruídos Produzidos pelo Ar

Os ruídos produzidos pelo ar possuem uma característica direcional e geralmente é mais aparente na extremidade alta da faixa de frequências.

- O tratamento mais simples é direcionar o ruído, como a saída do radiador ou do escape para longe dos receptores. Por exemplo, dirija o ruído verticalmente de modo que as pessoas no nível do solo não fiquem no caminho do som.
- As barreiras na linha de visão são eficazes no bloqueio de ruídos. As barreiras feitas com materiais de alto teor de massa como concreto, blocos preenchidos com cimento ou tijolos são mais indicadas. Elimine caminhos de som através de rachaduras nos pontos de acesso de portas ou da sala (ou gabinete) do escape, combustível ou fiação elétrica.
- Existem materiais acústicos (que absorvem som) para revestimento de dutos de ar e para cobrir paredes e telhados. Além disso, forçar o ruído a circular em curva de 90 graus num duto reduz os ruídos de alta frequência. Dirigir o ruído para uma parede revestida com material acústico pode ser muito eficaz. Fibra de vidro ou espuma podem ser adequados em termos de custo, disponibilidade, densidade, retardo de chama, resistência à abrasão, estética e facilidade de limpeza. Deve-se selecionar materiais que resistam à ação do óleo e outros contaminantes do motor.
- Um compartimento de blocos de concreto é uma barreira excelente para todos os ruídos. Os blocos podem ser preenchidos com areia para aumentar a massa da parede e aumentar a atenuação dos ruídos.
- As disposições de radiadores remotos podem ser usadas para limitar o fluxo de ar e para dirigir a fonte de ruído do ventilador do radiador para um local menos incômodo para as pessoas. As instalações com radiador remoto podem ser equipadas com ventiladores de baixa rotação para minimizar o ruído do conjunto.

Carenagens com Atenuação do Som (Abrigos)

Grupos geradores instalados internamente podem ser equipados com carenagens de atenuação de som integrada. Essas carenagens formam uma “sala” ao redor do grupo gerador e podem reduzir eficientemente o nível de ruídos produzidos pela máquina.

Em geral, o preço da carenagem está diretamente relacionado à capacidade de atenuação de som. Assim, quanto maior a atenuação de som, mais cara a carenagem. Não é raro o custo da carenagem aproximar-se do custo do grupo gerador.

Deve-se notar também que pode haver um preço em termos do desempenho do grupo gerador com atenuação de altos níveis de ruídos. Teste cuidadosamente as máquinas com atenuação de som quanto ao sistema de ventilação apropriado e quanto ao desempenho de aceitação de carga.

Desempenho do Silencioso do Escape

Normalmente, os grupos geradores são equipados com um silencioso de escape para limitar os ruídos no escape da máquina. Existe uma ampla variedade de tipos, arranjos físicos e materiais de silenciosos de escape.

Os silenciosos geralmente são agrupados em dispositivos do tipo câmara ou do tipo espiral. Os dispositivos do tipo câmara podem ser mais eficientes, mas os do tipo espiral são menores fisicamente e podem ter um desempenho adequado para a aplicação.

Os silenciosos podem ser construídos em aço laminado a frio ou em aço inoxidável. Os silenciosos em aço laminado a frio são mais baratos, mas mais susceptíveis à corrosão do que os silenciosos em aço inoxidável. Para aplicações onde o silencioso é montado externamente e protegido com isolamento (térmica) para limitar a dissipação do calor, há uma pequena vantagem em relação ao de aço inoxidável.

Os silenciosos podem ser fornecidos nas seguintes configurações físicas:

- Entrada na extremidade/saída na extremidade;

provavelmente a configuração mais comum.

- Entrada lateral/saída na extremidade; freqüentemente usada para ajudar a limitar os requisitos de altura do teto para um grupo gerador.
- Entrada em dois lados/saída na extremidade; usada em motores em “V” para eliminar a necessidade de um cabeçote de escape e minimizar os requisitos de altura do teto.

Os silenciosos são fornecidos em vários “graus” diferentes de atenuação de ruído; comumente chamados: industrial, residencial e crítico. Note que o escape de um grupo gerador pode não ser a maior fonte de ruído da máquina. Se o ruído mecânico for significativamente maior que o ruído do escape, a escolha de um silencioso de maior desempenho poderá não melhorar o nível do ruído presente no local.

Em geral, quanto mais eficiente na redução dos ruídos do escape um silencioso, maior será o nível de restrição do escape ao motor. Para sistemas com longos escapes, o próprio tubo fornecerá alguma atenuação.

Atenuações Típicas de Silenciosos

Silenciosos Industriais: 12-18 dB(A)

Silenciosos Residenciais: 18-25 dB(A)

Silenciosos Críticos: 25-35 dB(A)

Proteção Contra Incêndio

O projeto, a escolha e a instalação de sistemas de proteção contra incêndio estão além do escopo deste manual devido à ampla gama de fatores a serem considerados, como ocupação do edifício, normas e a eficiência dos vários sistemas de proteção contra incêndio. Entretanto, considere o seguinte:

- O sistema de proteção contra incêndio deve atender as exigências das autoridades locais, como o fiscal de obras, o comandante do corpo de bombeiros ou o agente de seguros.

- Grupos geradores usados para energia de emergência e standby devem ser protegidos contra incêndio pela localização ou pelo uso de uma construção resistente a incêndios na sala do grupo gerador. Em alguns locais, a construção da sala do gerador em instalações consideradas necessárias para a segurança da vida, deve prever uma capacidade de resistência de duas horas a incêndios^{20,21}. Alguns locais também exigem um hidrante de proteção contra incêndio. Considere o uso de portas corta-fogo ou anteparos na sala do grupo gerador.

A sala do grupo gerador deve ser ventilada adequadamente para evitar a concentração de gases do escape ou de gás combustível inflamável.

- A sala do gerador não deve ser usada para fins de armazenamento.
- A sala do gerador não deve ser classificada como local perigoso (conforme definido pela NEC) somente por causa do combustível do motor.
- As autoridades locais geralmente classificam o grupo gerador como uma aplicação de baixo calor quando usado por breves períodos, mesmo que a temperatura dos gases de escape exceda 538° C (1000° F). Em locais onde a temperatura dos gases de escape exceda 538° C (1000° F), alguns motores diesel e a maioria dos motores a gás podem ser classificados como aplicações de alto calor e podem requerer sistemas de escape classificados para operação a 760° C (1400° F). Consulte o fabricante do motor para informações sobre as temperaturas de escape.
- As autoridades locais podem especificar a quantidade, o tipo e os tamanhos de extintores de incêndio portáteis aprovados e exigidos para a sala do gerador.
- Uma estação de parada manual de emergência fora da sala do gerador, ou remota em relação a um grupo gerador num gabinete externo, deverá facilitar o corte do grupo gerador na eventualidade de um incêndio ou de outro tipo de emergência.

20 NOTA SOBRE A NORMA: Nos Estados Unidos, a NFPA110 requer que os grupos geradores usados em sistemas de emergência Nível 1 sejam instalados em uma sala com uma capacidade resistência de 2 horas a incêndios. Outros sistemas de emergência podem ter capacidade de resistência de 1 hora a incêndios.

21 NOTA SOBRE A NORMA: No Canadá, a CSA282-2000 requer que a sala tenha uma capacidade de resistência de 1 hora a incêndios para proteger os sistemas de energia de emergência instalados em edifícios.

- Geralmente, os sistemas de combustível líquido são limitados a 2498 litros (660 galões) dentro de um edifício. Entretanto, as autoridades locais podem impor restrições muito mais rigorosas quanto à quantidade de combustível que poderá ser armazenada dentro de um edifício. Além disso, podem ser feitas exceções para permitir o uso de quantidades maiores de combustível na sala do grupo gerador, especialmente se a sala foi projetada adequadamente com sistemas de proteção contra incêndio.
- Os tanques de combustível localizados no interior de edifícios e acima do andar mais baixo ou do porão devem ser protegidos por um dique de acordo com as normas e regulamentações NFPA do meio ambiente.
- O grupo gerador deve ser testado periodicamente conforme recomendado com pelo menos 30% de carga até atingir temperaturas estáveis de operação. Ele também deve ser operado próximo da carga plena pelo menos uma vez por ano para evitar acúmulo de combustível no sistema de escape.

Projeto da Sala do Equipamento

Considerações Gerais

Os grupos geradores devem ser instalados de acordo com as instruções fornecidas pelo seu fabricante e de acordo com as normas e padrões aplicáveis.

Diretrizes gerais para o projeto da sala:

- A maioria dos grupos geradores requer acesso de serviço em ambos os lados do motor e na extremidade do controle/alternador da máquina. As normas elétricas locais podem exigir áreas específicas de trabalho para equipamentos elétricos, mas em geral, permitem uma área de trabalho igual à largura do grupo gerador em ambos os lados e na parte posterior.
- A localização do sistema de combustível ou dos componentes do sistema de distribuição elétrica pode requerer espaço adicional de trabalho. Consulte os requisitos de suprimento de combustível nesta seção para mais informações.
- Deve haver acesso para a sala do grupo gerador (ou gabinete externo) que permita que os maiores componentes do equipamento possam ser removidos (geralmente o motor). O acesso pode ser feito através de portas ou por defletores de ar removíveis de admissão ou de escape. Um projeto ideal permitirá movimentar o grupo gerador como um conjunto pela sala do equipamento.

Instalações no Telhado: Com custos cada vez maiores de construção, está se tornando mais comum instalar grupos geradores nos telhados dos edifícios. Isto pode ser feito com sucesso se a estrutura do edifício puder suportar o peso do grupo gerador e dos componentes associados. Veja a seguir as vantagens e desvantagens gerais de tais instalações.

INSTALAÇÕES SOBRE O TETO

Vantagens

- Ventilação de ar ilimitada para o sistema.
- Nenhuma (ou pequena) necessidade de trabalho com dutos de ventilação.
- Escapamentos curtos.
- Poucas fontes de ruído (podendo ainda requerer gabinete com atenuação de som).
- Poucas limitações de espaço
- O grupo gerador é isolado dos serviços normais, para uma melhor confiabilidade do sistema.

Desvantagens

- A estrutura do teto poderá necessitar de reforço para suportar o grupo gerador.
- A instalação do equipamento no telhado poderá ser cara (grua ou desmontagem).
- Restrições de normas

- Cabos mais longos
- Armazenamento limitado do combustível no grupo gerador; o suprimento do combustível (e possivelmente o retorno) deverá ser feito através do edifício.
- Maior dificuldade de serviços no grupo gerador.

Nota: Mesmo que o grupo gerador esteja montado no telhado, deve-se tomar cuidado com o escape do motor para evitar a contaminação dos dutos de entrada de ar para o edifício, ou propriedades adjacentes. Consulte Diretrizes Gerais de Ventilação nesta seção para mais informações.

Recomenda-se que os grupos geradores com limitações de acesso de serviços sejam equipados com uma conexão de banco de carga dentro do sistema de distribuição do edifício. Isto permitirá que os bancos de carga sejam temporariamente conectados num local conveniente. Caso contrário, a dificuldade para conectar um banco de carga poderá prejudicar ou até mesmo impedir o teste apropriado do grupo gerador.

7 APÊNDICE

A. Dimensionando Grupos Geradores com o GenSize™

Visão Geral

GenSize™ é um software aplicativo (disponível no CD do Power Suite fornecido pela Cummins Power Generation) para determinar o tamanho correto (capacidade) de grupos geradores para aplicações de energia Standby ou Prime. Todas as informações necessárias para a configuração correta de grupo gerador do seu distribuidor local estão incluídas na recomendação preparada pelo software.

No CD Library que acompanha o CD do Power Suite, você também poderá ver e imprimir uma tabela de informações de produtos necessárias para projetar corretamente um sistema de geração de energia. As informações neste CD incluem: folhas de especificação de grupos geradores, informações de suporte técnico (dados de alternador, dados de emissão de escape do grupo gerador, dados de acústica do grupo gerador, resumos de teste de protótipo de grupo gerador) e desenhos (esboços, esquemas, diagramas elétricos e desenhos de instalação de acessórios).

Com o GenSize você pode criar, salvar, acessar, modificar e excluir informações de um projeto. As informações de carga podem ser copiadas e coladas em um ou vários projetos. O GenSize suporta a maioria dos tipos de carga, inclusive vários tipos de iluminação, HVAC, Carga de Bateria, UPS, motores, Bombas de Incêndio e aplicação de cargas gerais. Existe uma área de carga definida pelo usuário para a entrada de características de uma única carga. O GenSize permite controlar corretamente cargas de soldas, cíclicas e de equipamentos médicos de imagens (onde o pico de carga ocorre depois da partida de todas as cargas e não durante a seqüência de partida).

NOTA: Se usar o GenSize para dimensionar um grupo gerador de um fabricante diferente da Cummins Power Generation, esteja ciente de que grupos geradores de outros fabricantes, mesmo que tenham a mesma potência (kW),

podem não ser adequados para uma dada aplicação devido às diferenças de desempenho. O projetista do sistema de energia pode minimizar o risco desta situação especificando um grupo gerador com elevação de temperatura do alternador, reatância de subtransiente de alternador por unidade, harmônicos e desempenho de transiente do governador semelhantes.

Além de ser uma ferramenta para visualizar dados de desempenho do grupo gerador, o GenSize inclui uma interface gráfica fácil de usar para a entrada de informações sobre as cargas aplicadas no grupo gerador, a seqüência de passos de partida das cargas e parâmetros do próprio grupo gerador. Embora não haja um manual específico do GenSize, os arquivos de Ajuda sensível ao contexto são suficientes para executar o aplicativo.

Aplicações: Existem quatro Aplicações no Power Suite: GenSize, Library, GenCalc e GenSpec.

No GenSize, o projeto como um todo é exibido no lado esquerdo e o lado direito mostra o conteúdo de qualquer nó selecionado no lado esquerdo. Este é o coração da aplicação onde as cargas e as seqüências são informadas e definidas.

A Aplicação Library permite ao usuário explorar dados e especificações de produto, desenhos de aplicações e outras informações pertinentes, além de incorporar os dados em um relatório de projeto. A Aplicação Library é acessada através de um CD de Conteúdo da Library. O CD de conteúdo da Library pode ser copiado para a unidade de disco rígido de um PC para melhor acesso.

A Aplicação GenCalc inclui uma Calculadora de Curva de Decremento para os alternadores usados em grupos geradores Cummins. Esta aplicação prevê a inclusão de futuras aplicações para ajudar o usuário em projetos de sistemas de escape e de combustível, bem como outros aspectos de sistemas de geração de energia.

A Aplicação GenSpec contém documentos Word com exemplos de especificações para grupos geradores, equipamentos de paralelismo e comutadores de transferência. Você pode obter mais informações sobre estas Aplicações na Ajuda do GenSize.

Instalando o Power Suite: Insira o CD Power Suite na unidade de CD-ROM e siga as instruções de instalação do software exibidas na tela, ou clique em Iniciar/Executar na área de trabalho do Windows, selecione a unidade de CD ROM apropriada e execute o arquivo Setup.exe. O software GenSize foi projetado para ser executado em um ambiente de sistema operacional Windows NT, 95, 98, ou 2000. A função de navegação do CD Library foi otimizado para o Internet Explorer 5.0 e Adobe Acrobat 4.0 (incluído no CD). Depois de feita a instalação, será exibida uma caixa de diálogo *New Project* – *Select New Project* (Novo Projeto – Selecionar Novo Projeto).

Parâmetros de Projeto

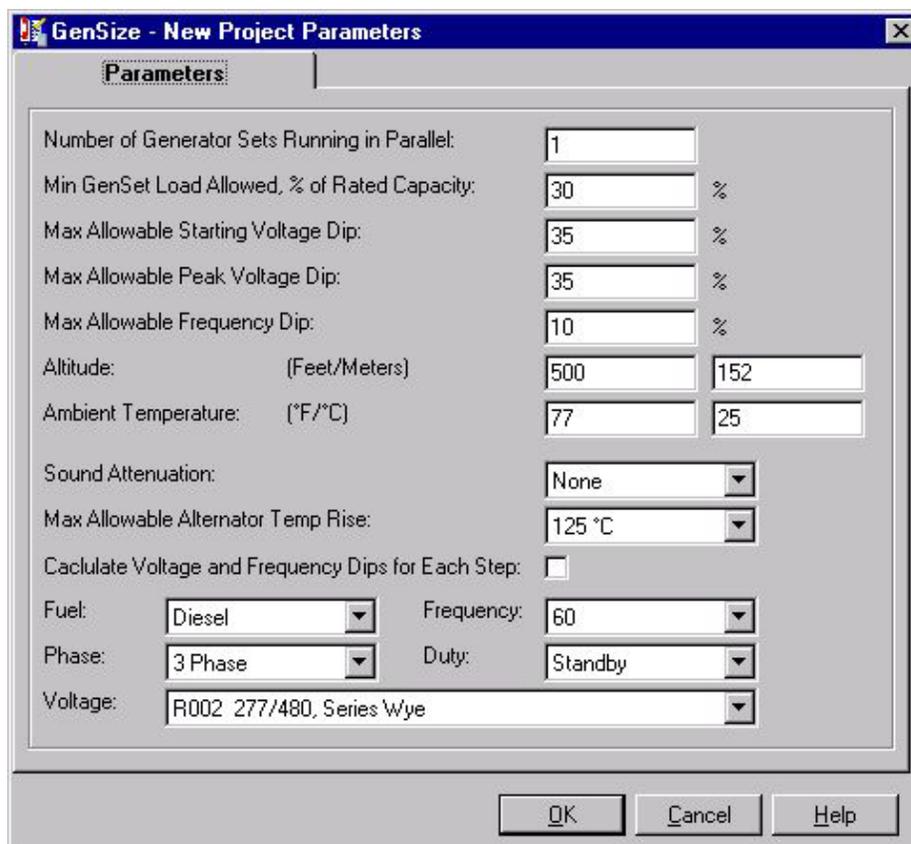
O primeiro passo ao dimensionar e selecionar um grupo gerador com motor é estabelecer os parâmetros do projeto. No mínimo, o grupo gerador deve ser dimensionado para atender os requisitos de execução em alimentação estável de partida de carga máxima do equipamento de carga conectado.

Para definir os parâmetros padrão de projeto, selecione *Projects* (Projetos) na barra de ferramentas, *New Project Default Parameters*

(Parâmetros Padrão de Novo Projeto) na parte inferior do menu suspenso. A caixa de diálogo exibida, **Figura 7-1**, mostra os Parâmetros de Novo Projeto que são aplicados a todos os novos projetos, e que podem ser alterados de acordo com suas preferências. Os parâmetros para um único projeto, ou um projeto existente, podem ser modificados sem se alterar os parâmetros padrão destacando o nome do projeto e então selecionando-se *Projects, Edit* (Projetos, Editar) e então a guia de parâmetros.

Veja a seguir uma explicação de parâmetros de projeto e as entradas padrão mostradas na caixa de diálogo.

Number of Generator Sets Running in Parallel (Número de Grupo Geradores Em Paralelo): O valor padrão é 1. Se a carga total for maior que a capacidade de um único grupo gerador, insira 2, 3, ou mais conforme apropriado. Se a carga total for maior que 1000 kW, pode ser vantajoso conectar os grupos geradores em paralelo para se obter maior confiabilidade e flexibilidade de operação. Contudo, se a carga total for 300 kW ou menos, não é economicamente viável conectar grupos geradores em paralelo – embora tecnicamente possível.



Number of Generator Sets Running in Parallel:	1
Min GenSet Load Allowed, % of Rated Capacity:	30 %
Max Allowable Starting Voltage Dip:	35 %
Max Allowable Peak Voltage Dip:	35 %
Max Allowable Frequency Dip:	10 %
Altitude: (Feet/Meters)	500 152
Ambient Temperature: (*F/*C)	77 25
Sound Attenuation:	None
Max Allowable Alternator Temp Rise:	125 °C
Calculate Voltage and Frequency Dips for Each Step:	<input type="checkbox"/>
Fuel:	Diesel
Frequency:	60
Phase:	3 Phase
Duty:	Standby
Voltage:	R002 277/480, Series Wye

Figura 7-1. Caixa de Diálogo GenSize – Parâmetros de Novo Projeto

Minimum Genset Load Capacity (Carga/Capacidade Mínima do Grupo Gerador): Operar um grupo gerador sob carga leve pode resultar em danos ao motor e confiabilidade reduzida do grupo gerador. A Cummins Power Generation não recomenda a operação de grupos geradores com menos de 30% de carga nominal – este é o ajuste padrão do GenSize. Devem ser usados bancos de carga para complementar as cargas regulares quando a carga é menor que o valor recomendado. Um grupo gerador não deve ser operado com menos de 10% da carga nominal por um longo período.

Maximum Voltage Dip (Starting e Peak) (Queda Máxima de Voltagem (Partida e Pico): Quando a queda máxima de voltagem é reduzida durante a partida inicial, ou quando as cargas ciclam sob controles automáticos ou têm altos picos, a capacidade do grupo gerador recomendado aumenta. A escolha de uma queda menor de voltagem resulta em um grupo gerador de maior capacidade. Entretanto, o ajuste de quedas de

voltagem de mais de 40% pode levar a falhas de relés e de contadores. A Queda Máxima de Voltagem padrão do GenSize é 35 por cento.

Maximum Frequency Dip (Queda Máxima de Frequência): Quando reduz a queda máxima de frequência, você aumenta a capacidade do grupo gerador recomendado. Como o grupo gerador é uma fonte de energia limitada (em relação à rede elétrica), as oscilações de voltagem e frequência ocorrem durante eventos de cargas transientes. O grupo gerador deve ser dimensionado para limitar essas oscilações a um nível apropriado para o desempenho esperado da carga. A Queda Máxima de Frequência padrão do GenSize é 10 por cento. Este número talvez precise ser ajustado a um valor menor na alimentação de cargas sensíveis a frequências, como sistemas UPS. Consulte o fabricante do UPS para obter informações sobre a sensibilidade do sistema em relação às oscilações de frequência quando operar em um grupo gerador standby.

Altitude/Temperatura ambiente (Altitude e Temperatura Ambiente): Em função da localização geográfica, a capacidade do grupo gerador recomendada pelo software pode ser aumentada para um determinado nível de desempenho à medida que a altitude e/ou a temperatura ambiente aumentam. Os valores padrão são uma altitude de 500 pés (152 m) e uma temperatura ambiente de 77° F (25° C).

Sound Attenuation (Atenuação de Ruídos): O ajuste padrão é None (Nenhuma). Mas você pode escolher a opção de grupo gerador Quiet Site (Silencioso). As unidades Quiet Site têm silenciadores especiais de escape, um gabinete de folha de metal com isolamento de atenuação de ruídos e/ou amortecedores de admissão e de descarga. Nem todos os modelos são fornecidos com a configuração Quiet Site. Quando você escolhe uma opção de atenuação de ruídos, as recomendações de grupo gerador do GenSize estarão limitadas aos pacotes standard da fábrica. Contudo, você pode consultar seu distribuidor local para outras opções de atenuação de ruídos.

Maximum Alternator Elevação de temperatura (Elevação Máxima da Temperatura do Alternador): Para enrolamentos do alternador, você pode especificar a elevação máxima de temperatura acima de uma temperatura de 40° C (104° F). O GenSize fará as recomendações de motor-alternador que limitam a elevação de temperatura do alternador até o valor ajustado durante a alimentação das cargas conectadas especificadas. Recomenda-se usar alternadores de menor elevação de temperatura em aplicações com uma quantidade significativa de cargas não-lineares, onde é necessária uma partida mais eficiente do motor, ou em aplicações de serviços Prime. O ajuste padrão é 125° C. Observe que, se escolher um alternador de menor elevação de temperatura, você poderá aumentar a capacidade do gerador recomendado para acomodar um alternador maior.

Fuel (Combustível): O combustível padrão é Diesel. Outras opções de combustíveis são Gás Natural e Gás Propano Líquido. Existe uma opção “Any Fuel” (Qualquer Combustível) que permite ao GenSize comparar o desempenho de todas as opções de combustível disponíveis.

Nota: Para requisitos de combustíveis gasosos acima de aproximadamente 150/140 kW, consulte o distribuidor.

Frequency (Frequência): Especifique a frequência de operação necessária. Os grupos geradores são configurados para 50 Hz ou 60 Hz. O valor padrão é 60 Hz.

Phase (Fase): Selecione a opção de grupo gerador monofásico ou trifásico. O valor padrão é trifásico. Se selecionar monofásico, somente cargas monofásicas serão permitidas. A opção monofásico também limita o número de modelos uma vez que não estão disponíveis grupos geradores maiores com geradores monofásicos. A opção padrão trifásica permite o uso de cargas monofásicas mas o GenSize assume estas serão equilibradas nas três fases.

Duty (Serviço): O GenSize faz uma recomendação com base na classificação de energia Standby ou Prime do grupo gerador, reduzindo proporcionalmente segundo as condições do local. O ajuste padrão é Standby. Para mais detalhes sobre as classificações de sistemas e grupos geradores, veja a seção Projeto Preliminar.

Um sistema de energia Prime é um sistema independente para gerar energia elétrica em vez de adquiri-la de uma empresa fornecedora. (Assume-se que o grupo gerador esteja isolado da rede elétrica, ou que o serviço da empresa fornecedora esteja indisponível.) A classificação de energia Prime é a energia máxima disponível em carga variável por um número ilimitado de horas. Existe uma capacidade mínima de 10% de sobrecarga para classificações de energia Prime segundo as normas BS 5514 e DIN 6271 para motores. Nem toda configuração de grupo gerador está disponível para serviço Prime.

Quando os grupos geradores são conectados em paralelo com o serviço da rede elétrica por longos períodos, eles não devem ser operados além de sua classificação de carga básica. Em geral, a classificação de carga básica de um grupo gerador é significativamente menor que sua classificação de energia Prime. Consulte o fabricante do grupo gerador ou o distribuidor Cummins Power Generation local para obter as

classificações de carga básica de grupos geradores.

Voltage (Voltagem): As opções disponíveis de voltagem são uma função da frequência selecionada. Os valores padrão são 277/480, Series Estrela.

Entrada de Cargas

O próximo e mais importante passo no dimensionamento de um grupo gerador é identificar o tipo e o tamanho das cargas que o grupo gerador alimentará. Como ocorre com a maioria das operações no GenSize, as cargas podem ser informadas no menu em *Projects, Add New Load* (Projetos, Adicionar Nova Carga), ou usando-se os ícones na barra de ferramentas. Depois de selecionado um tipo de carga, é exibido o formulário de entrada de cargas. Cada formulário é aberto com valores padrão de características de cargas que podem ser alterados. Digite todas as informações solicitadas. Se tiver dúvidas sobre qualquer um dos itens, use o recurso de Ajuda on-line para obter a explicação. À medida que as cargas são informadas, elas aparecem em uma lista no lado esquerdo da tela sob o projeto no qual está trabalhando. Selecione (com o botão esquerdo do mouse) uma das cargas da lista para exibir as características de operação da carga no lado direito da tela. Clique duas vezes no ícone de uma carga para abrir o formulário de entrada para essa carga e editá-la. As informações abaixo visam ajudá-lo a entender os parâmetros de carga e a maneira como são calculados pelo GenSize.

Identifique todos os tipos e tamanhos de cargas diferentes que o grupo gerador deverá servir. Se tiver mais de uma carga de um determinado tipo e tamanho, sua entrada deverá ser feita uma única vez, a menos que você queira que

cada carga tenha uma descrição diferente. A quantidade de cada carga pode ser definida na entrada da carga na seqüência de partida. Conforme descrito mais adiante nesta seção, a Cummins Power Generation pesquisou as características de partida e operação de muitas cargas comuns e incluiu valores padrão para tais características no GenSize. Você pode usar os valores padrão ou alterar as características de sua carga, se forem diferentes. Se tiver um tipo de carga diferente do tipo identificado no GenSize, use uma carga “miscelânea” para definir os requisitos de partida e operação da carga.

Com base nas características da carga, o GenSize calcula os valores de kW de operação (RkW), kVA de operação (RkVA), kVA de partida (SkVA), kW de partida (SkW), fator de potência de partida (SPF), pico de kVA (PkVA), pico de kW (PkW) e corrente de funcionamento (Ramps). Quando são servidas cargas não-lineares, pode ser necessário superdimensionar o alternador e o GenSize calcula um valor de kW (AkW) de alternador para a carga.

Observe que na entrada de carga monofásicas para um grupo gerador trifásico, o GenSize assume que todas as cargas trifásicas serão equilibradas entre as três fases. Portanto, as cargas monofásicas são convertidas em uma carga trifásica equivalente para fins de dimensionamento. Com isto, a corrente de carga monofásica é distribuída pelas três fases de modo que a corrente de carga monofásica seja dividida por 1,73. Quando é informada uma carga monofásica para uma aplicação de grupo gerador trifásico, a corrente monofásica real é exibida no formulário de entrada de carga, mas quando a carga é inserida em um passo (a carga de passo é a carga equilibrada aplicada ao gerador), a corrente da carga de passo é convertida para a corrente trifásica equivalente.

Definição de Termos

As seguintes abreviações são usadas no GenSize para calcular os requisitos de partida e operação de cada carga, os requisitos de carga de passo e os requisitos de carga de pico de transiente. Essas abreviações são usadas em formulários de carga e relatórios da aplicação e na seguinte discussão para documentar alguns dos cálculos realizados no GenSize.

Requisitos de Operação de Carga (Operação de Alimentação Estável de Cargas Individuais)

kVA de Funcionamento (RkVA) – a carga quilovolt-ampères de funcionamento.

kW de Funcionamento (RkW) – a carga quilowatt de funcionamento.

kW do Alternador (AkW) – a capacidade do alternador fornecida para compensar (superdimensionar) a distorção não-linear.

PF de Funcionamento (RPF) – o fator de potência de funcionamento com alimentação estável da carga.

Eficiência – a relação entre energia de saída e energia de entrada.

Corrente de Funcionamento (Ramps) – a amperagem de funcionamento para uma carga ou passo.

Requisitos de Partida de Carga (Partida de Cargas Individuais)

kW de Partida (SkW) - quilowatts de partida de uma carga.

kVA de Partida (SkVA)- quilovolt-ampères de partida de uma carga.

PF de Partida (SPF) – é o fator de potência da carga no momento em que ela é inicialmente energizada ou é dada sua partida.

Requisitos de Carga de Passo Transiente (Carga Combinada em Cada Aplicação de Carga de Passo)

kW de Passo Máxima – a carga de passo máxima em kW (soma dos quilowatts de partida de cargas individuais (SkW)) no passo.

kVA de Passo Máxima – a carga de passo máxima em kVA (soma dos quilovolt-ampères de partida de cargas individuais (SkVA)) no passo.

kW de Passo Cumulativa – a kW de Passo Máxima adicionada à kW de funcionamento do passo(s) anterior.

kVA de Passo Cumulativa – a kVA de Passo Máxima adicionada à kVA de funcionamento do passo(s) anterior.

kW de Passo Efetiva – a kW de Passo Cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à voltagem de saída mantida reduzida durante a carga de passo de transiente.

kVA de Passo Efetiva – a kVA de Passo Cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à voltagem de saída mantida reduzida durante a carga de passo transiente.

Requisitos de Carga de Pico de Transiente (Carga Combinada para todas as Cargas que Requerem Energia de Operação Randômica de Pico)

kW de Pico (PkW) – o aumento repentino de potência em kW exigida por uma carga cíclica em sua partida, ou por outras cargas de pico como soldadores e equipamentos médicos de imagens quando são operados.

kVA de Pico (PkVA) – o aumento repentino de potência em kVA exigida por uma carga cíclica em sua partida, ou por cargas de pico como soldadores e equipamentos médicos de imagens quando são operados.

kVA de Pico Cumulativa – a kVA de Pico adicionada à kVA de funcionamento de todas as outras cargas não-pico.

kW de Pico Cumulativa – a kW de Pico adicionada à kW de funcionamento de todas as outras cargas não-pico.

kW de Pico Efetiva – a kW de Passo Cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à voltagem de saída mantida reduzida durante a carga de pico transiente.

kVA de Pico Efetiva – a kVA de Pico Cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à voltagem de saída mantida reduzida durante a carga de pico transiente.

Cálculos Detalhados de Cargas

Os seguintes documentos de todos os cálculos de requisitos das cargas individuais. Os requisitos de funcionamento, partida e pico de cargas são calculados para cada carga com base em características padrão de operação assumidas conforme mostradas nos formulários de entrada das cargas individuais.

Cálculos de Carga Leve

Três tipos diferentes de carga podem ser informados:

Fluorescente – Uma lâmpada de descarga de mercúrio a baixa pressão em que a maior parte da luz é emitida por uma camada excitada de material fluorescente. As mesmas características de carga são usadas para descarga ou tipos eletrônicos. Ambas são cargas não-lineares, mas o GenSize ignora a não-linearidade deste tipo de carga uma vez que esta é geralmente uma pequena parte da carga total conectada.

Incandescente – Conjuntos de lâmpadas de bulbo padrão, que usam um filamento para emitir luz.

Descarga (HID) – Lâmpadas que produzem luz pela passagem de uma corrente através de um vapor de metal; inclui luz de descarga gerada por vapor de sódio a alta pressão, haletos metálicos e vapor de mercúrio.

RkW	Se kVA for informado: $RkW = kVA \times RPF$ Se Ramps for informado: $1\text{Ø } RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF) \div 1000$ $3\text{Ø } RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF \times 1.73) \div 1000$
RkVA	Se RkW para informado: $RkVA = RkW \div RPF$ Se Ramps for informado: $1\text{Ø } RkVA = (\text{Ramps} \times \text{voltagem}) \div 1000$ $3\text{Ø } RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF \times 1.73) \div 1000$
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	$SkW = RkW$ para incandescência e fluorescência $SkW = 0.75 \times RkW$ para HID
SkVA	$SkVA = SkW \div SPF$
SPF	SPF = RPF, exceto para HID onde SPF padrão = 0.85
AkW	$AkW = RkW$
Ramps	$1\text{Ø } \text{Ramps} = (RkW \times 1000 \div (\text{voltagem} \times RPF))$ $3\text{Ø } \text{Ramps} = (RkW \times 1000 \div (\text{voltagem} \times RPF \times 1.73))$

Cálculos de Cargas de Ar-condicionado

O GenSize simplesmente converte toneladas em HP para dimensionar cargas de ar-condicionado na razão de 2 HP/ton como uma estimativa conservativa da carga total para uma unidade de menor eficiência. Se desejar uma capacidade mais exata e souber o valor das cargas individuais de acionamento dos componentes nos equipamentos e CA, digite-os individualmente e calcule um fator de demanda para as cargas que provavelmente terão a partida simultânea.

RkW	$RkW = AC \text{ Tons} \times 2 \times 0.746$
RkVA	$RkVA = RkW \div RPF$
RPF	Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW	$SkW \text{ de Alta Inércia} = SkVA \times SPF$ $SkW \text{ de Baixa Inércia} = SkVA \times SPF \times 0.6$
SkVA	$SkVA = HP \times (LRkVA/HP) \times \text{fator de SkVA}$, onde LRkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de SkVA é 1.0 para partida em voltagem plena ou obtido na tabela de partida em voltagem reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida)
SPF	Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida
Para cargas designadas para ativar e desativar automaticamente a ciclagem:	
PkW	$PkW = SkW$
PkVA	$PkVA = SkVA$

AkW (não-VFD)	AkW = RkW exceto motor de partida de contato permanente onde AkW = 2.0 x RkW a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso AkW = RkW
AkW (VFD)	Inversor Convencional de CA: AkW = 2.0 x RkW Largura de Pulso Modulado: AkW = 1.4 x RkW
Ramps	Acionamento de CC: AkW = 2.0 x RkW 1Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (voltagem x Efic. x RPF) 3Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (1.73 x voltagem x Efic. x RPF)

Cálculos de Cargas de Carregadores de Baterias

Um carregador de bateria é um conjunto retificador controlado por silício (SCR) usado para carregar baterias. É uma carga não-linear que requer um alternador superdimensionado.

RkW	RkW = RkVA x RPF
RkVA	RkVA = (kVA de Saída x Taxa de Recarga) ÷ Eficiência
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW
SkVA	SkVA = RkVA
SPF	SPF = RPF
AkW	Para 3 pulsos, AkW = 2.5 x RkW Para 6 pulsos, AkW = 1.4 x RkW Para 12 pulsos, AkW = 1.15 x RkW Com filtro de entrada, AkW = 1.15 x RkW
Ramps	1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ voltagem 3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (voltagem x 1.73)

Cálculos de Cargas para Equipamentos Médicos de Imagens

O GenSize calcula uma queda de voltagem de pico para a ocasião em que uma carga de equipamento médico de imagem for operado. Esta queda deve ser limitada a 10% para proteger a qualidade da imagem. Se a queda de voltagem de pico for ajustada a um valor maior nos parâmetros do projeto, o GenSize automaticamente a reduzirá e lhe notificará. O grupo gerador é então dimensionado para limitar a queda de voltagem em 10% quando o equipamento médico de imagens é operado com todas as outras cargas em funcionamento. Se forem usadas várias cargas de equipamentos de imagens, a queda de voltagem de pico é calculada para a maior carga e assume que somente a maior carga será operada.

Note que o GenSize assume que o equipamento médico de imagens não é operador durante a partida das cargas, assim a queda de voltagem de partida é calculada separadamente e pode exceder 10%.

RkW	Se RkVA for informado: RkW = RkVA x RPF Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x voltagem x RPF) ÷ 1000 3Ø RkW = (Ramps x voltagem x RPF x 1.73) ÷ 1000
RkVA	Se Ramps for informado: RkVA = RkW ÷ RPF
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW
SkVA	SkVA = SkW ÷ SPF
SPF	SkVA = SkW ÷ SPF
PkW	PkW = PkVA x SPF
PkVA	Conforme digitado, ou 1Ø RkW = (Ramps x voltagem x RPF) ÷ 1000 3Ø RkW = (Ramps x voltagem x RPF x 1.73) ÷ 1000
SPF	SPF = SkVA ÷ SkW
AkW	AkW = RkW
Ramps	1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ voltagem 3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (voltagem x 1.73)

Cálculos de Cargas de Motores

Se a carga de motor for alimentada por uma unidade de velocidade variável ou de frequência variável, ou for uma unidade de CA em um motor de CC, selecione *Variable Frequency Drive* (VFD) (Unidade de Frequência Variável). Uma VFD é uma carga não-linear que requer um alternador superdimensionado para atender aos requisitos de carga de funcionamento. Selecione PWM se a VFD for do tipo de largura de pulso modulado (PWM). VFDs do tipo PWM requerem menos superdimensionamento do que tipos não-PWM.

Os requisitos de partida de motores podem ser reduzidos aplicando-se algum tipo de voltagem reduzida ou motor de partida de contato permanente. A aplicação desses dispositivos pode resultar em recomendações de grupos geradores menores. Entretanto, deve-se ter cuidado ao aplicar-se qualquer um desses métodos de partida. Antes de mais nada, o torque do motor depende da voltagem aplicada e todos esses métodos resultam em uma voltagem mais baixa durante a partida. Esses métodos de partida devem ser aplicados somente a cargas de motor de baixa inércia a menos que se possa determinar que o motor produzirá torque adequado de aceleração durante a partida. Além disso, esses métodos de partida podem produzir correntes de pico muito altas quando passam da partida ao funcionamento se a transição ocorre antes de o motor alcançar uma rotação muito próxima da rotação de operação, resultando em uma situação na qual os requisitos de partida aproximam-se de uma partida através da linha. O GenSize assume que o motor atinge a rotação próxima da rotação nominal antes de tal transição, ignorando essas condições potenciais de corrente de pico. Se o motor não atingir a rotação próxima do valor nominal antes da transição, poderá ocorrer queda excessiva de voltagem e de frequência quando esses motores de partida forem aplicados aos grupos geradores. Se não estiver certo sobre como o motor de partida e a carga irão reagir, use a partida através da linha.

Para a partida através da linha de motores, selecione carga de baixa inércia se tiver certeza de que a carga irá requerer baixo torque de partida em baixas rotações. Isto reduzirá os requisitos de kW de partida para o grupo gerador e poderá resultar em um grupo gerador menor. Geralmente, as cargas de baixa inércia são ventiladores centrífugos e bombas. Se não estiver certo, use cargas de alta inércia (deixe a opção baixa inércia desseleccionada).

RkW	Se HP for informado: $RkW = (HP \times 0.746) \div \text{Eficiência de Funcionamento}$ Se kW for informado: $RkW = kW \text{ de Funcionamento} \div \text{Eficiência}$ Se Ramps for informado: $1\emptyset RkW = (Ramp \times \text{voltagem} \times RPF \times \text{Eficiência}) \div 1000$ $3\emptyset RkW = (Ramps \times \text{voltagem} \times RPF \times \text{Eficiência} \times 1.73) \div 1000$
RkVA	$RkVA = RkW \div RPF$
RPF	Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW	SkW de Alta Inércia = $SkVA \times SPF$ SkW de Baixa Inércia = $SkVA \times SPF \times 0.6$
SkVA	$SkVA = HP \times (LRkVA/HP) \times \text{fator de SkVA}$, onde LrkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de SkVA é 1.0 para partida em voltagem plena ou obtido na tabela de partida em voltagem reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida)
SPF	Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida
	Para cargas designadas para ativar e desativar automaticamente a ciclagem:
	PkW PkW = SkW
	PkVA PkVA = SkVA
AkW (não-VFD)	$AkW = RkW$ exceto motor de partida de contato permanente onde $AkW = 2.0 \times RkW$ a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso $AkW = RkW$
AkW (VFD)	Inversor Convencional de CA: $AkW = 2.0 \times RkW$ Largura de Pulso Modulado: $AkW = 1.4 \times RkW$ Acionamento de CC: $AkW = 2.0 \times RkW$
Ramps	$1\emptyset Ramps = (HP \times 746) \div (1.73 \times \text{voltagem} \times \text{Eficiência} \times RPF)$ $3\emptyset Ramps = (HP \times 746) \div (\text{voltagem} \times \text{Eficiência} \times RPF)$

Cálculos de Cargas de Bombas Contra Incêndio

O GenSize dimensionará o gerador limitando a queda de voltagem de pico a 15% na partida da bomba de incêndio, com todas as outras cargas não-pico em funcionamento. Isto é feito para atender as normas Norte-americanas de incêndio. O grupo gerador não precisa ser dimensionado para prover a kVA de “rotor travado” do motor da bomba indefinidamente. Isto resultaria num grupo gerador superdimensionado, que apresentaria problemas de manutenção e confiabilidade por ser subutilizado.

Sempre que um motor de partida de voltagem reduzida é usado para um motor de bomba de incêndio, o usuário deve considerar o dimensionamento para a partida através da linha uma vez que o controlador da bomba inclui um meio manual-mecânico, manual-elétrico ou automático para a partida da bomba através da linha no caso de falha de funcionamento do controlador. Entretanto, o GenSize não proíbe o uso motores de partida de voltagem reduzida para bombas de incêndio.

RkW	Se HP for informado: $RkW = HP \times 0.746 \div \text{Eficiência de Funcionamento}$ Se kW for informado: $RkW = kW \div \text{Eficiência de Funcionamento}$ Se Ramps for informado: $1\text{Ø } RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times \text{RPF} \times \text{Eficiência}) \div 1000$ $3\text{Ø } RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times \text{RPF} \times \text{Eficiência} \times 1.73) \div 1000$
RkVA	$RkVA = RkW \div \text{RPF}$
RPF	Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW	SkW de Alta Inércia = $SkVA \times \text{SPF}$ SkW de Baixa Inércia = $SkVA \times \text{SPF} \times 0.6$
SkVA	$SkVA = HP \times (\text{LRkVA}/HP) \times \text{fator de SkVA}$, onde LRkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de SkVA é 1.0 para partida em voltagem plena ou obtido na tabela de partida em voltagem reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida)
SPF	Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida
PkW	$PkW = SkW$
PkVA	$PkVA = SkVA$
AkW (não-VFD)	$AkW = RkW$ exceto motor de partida de contato permanente onde $AkW = 2.0 \times RkW$ a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso $AkW = RkW$
AkW (VFD)	Inversor Convencional de CA: $AkW = 2.0 \times RkW$ Largura de Pulso Modulado: $AkW = 1.4 \times RkW$ Acionamento de CC: $AkW = 2.0 \times RkW$
Ramps	$1\text{Ø } \text{Ramps} = (HP \times 746) \div (\text{voltagem} \times \text{Eficiência} \times \text{RPF})$ $3\text{Ø } \text{Ramps} = (HP \times 746) \div (1.73 \times \text{voltagem} \times \text{Eficiência} \times \text{RPF})$

Cálculos de Cargas de UPS

Um UPS estático usa retificadores controlados por silício (SCR) ou outro dispositivo estático para converter a voltagem de CA para CC para a carga das baterias, e um inversor para converter CC em energia de CA condicionada para alimentar a carga. Um UPS é uma carga não-linear e pode requerer um alternador superdimensionado. Alguns problemas de incompatibilidade entre grupos geradores e UPSs estáticos têm levado a muitos erros conceituais sobre o dimensionamento do grupo gerador para este tipo de carga. No passado, ocorreram realmente problemas e a recomendação dos fornecedores de UPS na época era superdimensionar o grupo gerador de duas a cinco vezes o valor nominal do UPS. Mesmo naquela época, alguns problemas persistiram e desde então os problemas de incompatibilidade foram resolvidos pela maioria dos fabricantes de UPS. É mais barato exigir do fornecedor do UPS a compatibilidade com o gerador do que superdimensioná-lo.

Se as baterias estiverem descarregadas quando o UPS estiver operando no grupo gerador, este deverá ser capaz de alimentar o retificador para a carga das baterias e o inversor para alimentar a carga. Uma segunda razão para usar a classificação plena do UPS é que podem ser incluídas cargas adicionais de UPS no futuro até o valor nominal constante da plaqueta de dados. OS fatores de dimensionamento de carga não-linear usados pelo GenSize baseiam-se no nível de harmônicos que o UPS induz na saída do

gerador com o UPS totalmente carregado. Como os harmônicos aumentam com cargas mais leves, selecionar um alternador de maior capacidade ajuda a compensar este efeito.

Para vários sistemas redundantes de UPS, dimensione o grupo gerador em função das classificações nominais combinadas de cada UPSs. As aplicações de sistemas redundantes são aquelas em que um UPS é instalado para servir como reserva de outro e os dois encontram-se on-line o tempo todo com 50% ou menos de carga.

Os equipamentos de UPS geralmente têm requisitos diferentes de qualidade de energia dependendo do modo de operação. Quando o retificador está “rampeando”, podem ocorrer oscilações de voltagem e frequência relativamente amplas sem interromper a operação do equipamento. Todavia, quando o desvio é habilitado, tanto a frequência quanto a voltagem devem ser muito constantes, ou ocorrerá uma condição de alarme. Isto acontece quando a frequência de entrada do UPS, que muda rapidamente, é resultado de uma mudança repentina de carga transiente em um grupo gerador. Durante este evento de transiente, os UPSs estáticos com comutadores de desvio de alimentação estável devem romper o sincronismo com a fonte e desabilitar o desvio.

RkW	$RkW = RkVA \times RPF$
RkVA	$RkVA = (kVA \text{ de Saída} \times \text{Taxa de Recarga}) \div \text{Eficiência}$
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	$SkW = RkW$
SkVA	$SkVA = RkVA$
SPF	$SPF = RPF$
AkW	Para 3 pulsos, $AkW = 2.5 \times RkW$ Para 6 pulsos, $AkW = 1.4 \times RkW$ Para 12 pulsos, $AkW = 1.15 \times RkW$ Com filtro de entrada, $AkW = 1.15 \times RkW$ para 6 e 12 pulsos $AkW = 1.40 \times RkW$ para 3 pulsos
Ramps	$1\emptyset \text{ Ramps} = (RkVA \times 1000) \div \text{voltagem}$ $3\emptyset \text{ Ramps} = (RkVA \times 1000) \div (\text{voltagem} \times 1.73)$

Cálculos de Cargas Diversas

Veja abaixo as descrições dos tipos e cálculos que o GenSize usa para as várias cargas diversas:

Cálculos de Carga de Soldador

RkW	Se RkVA for informado: $RkW = RkVA \times RPF$ Se Ramps for informado: $1\emptyset RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF) \div 1000$ $3\emptyset RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF \times 1.73) \div 1000$
RkVA	Se Ramps for informado: $RkVA = RkW \div RPF$
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	$SkW = RkW$
SkVA	$SkVA = SkW \div SPF$
PkW	$PkW = PkVA \times SPF$
PkVA	Conforme digitado, ou $1\emptyset PkVA = (\text{Pamps} \times \text{voltagem}) \div 1000$ $3\emptyset PkVA = (\text{Pamps} \times \text{voltagem} \times 1.73) \div 1000$
SPF	$SPF = SkVA \div SkW$
AkW	$AkW = RkW$
Ramps	$1\emptyset \text{ Ramps} = (RkVA \times 1000) \div \text{voltagem}$ $3\emptyset \text{ Ramps} = (RkVA \times 1000) \div (\text{voltagem} \times 1.73)$

Cálculos Gerais de Cargas de Receptáculos

RkW	$RkW = kW \text{ Informada}$
RkVA	$RkVA = RkW \div RPF$
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	$SkW = RkW$
SkVA	$SkVA = SkW \div SPF$
SPF	$SPF = RPF$
PkW	$PkW = RkW$
PkVA	$PkVA = RkVA$
AkW	$AkW = RkW$
Ramps	$1\emptyset \text{ Ramps} = (RkW \times 1000) \div (\text{voltagem} \times RPF)$ $3\emptyset \text{ Ramps} = (RkW \times 1000) \div (\text{voltagem} \times RPF \times 1.73)$

Cálculos de Cargas Definidas pelo Usuário

RkW	Se kW for informado: $RkW = kW$ Se kVA for informado: $RkW = kVA \times RPF$ Se Ramps for informado: $1\emptyset RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF) \div 1000$ $3\emptyset RkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF \times 1.73) \div 1000$
RkVA	Se kW for informado: $RkVA = RkW \div RPF$ Se RkVA for informado: $RkVA = kVA$ Se Ramps for informado: $1\emptyset RkVA = (\text{Ramps} \times \text{voltagem}) \div 1000$ $3\emptyset RkVA = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times 1.73) \div 1000$
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	Se kW for informado: $SkW = kW$ Se kVA for informado: $SkW = SkVA \times SPF$ Se informado Amps de Partida: $1\emptyset SkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF) \div 1000$ $3\emptyset SkW = (\text{Ramps} \times \text{voltagem} \times RPF \times 1.73) \div 1000$
SkVA	$SkVA = SkW \div SPF$
SPF	$SPF = RPF$, exceto para HID onde SPF padrão = 0.85 e RPF = 0.90
PkW	$PkW = SkW$
PkVA	$PkVA = SkVA$
AkW	$AkW = RkW$
Ramps	$1\emptyset \text{ Ramps} = (RkW \times 1000) \div (\text{voltagem} \times RPF)$ $3\emptyset \text{ Ramps} = (RkW \times 1000) \div (\text{voltagem} \times RPF \times 1.73)$

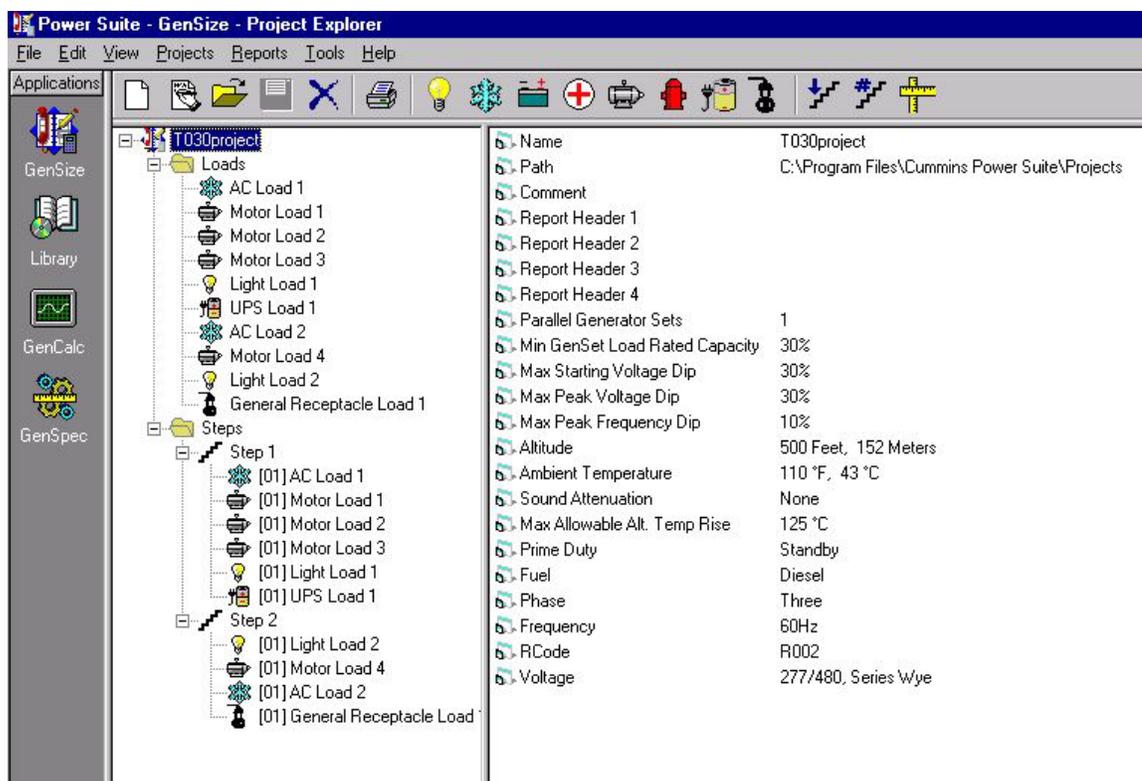


Figura 7-2. Janela de Projeto de Aplicação do GenSize

Entrada de Cargas nos Passos

Depois de informar as cargas, você deverá inserir todas as cargas do projeto em Passos de Carga. Abra a primeira carga de passo clicando na pasta *Steps* (Passos) na parte esquerda da tela. Note que inicialmente, não existem cargas no Passo. A carga de seqüência de passos pode reduzir o tamanho do grupo gerador necessário quando se usa vários passos. Vários comutadores de transferência podem ser usados para conectar carga ao grupo gerador em momentos diferentes, simplesmente ajustando-se os retardos de tempo de transferência em cada comutador. Aguarde apenas alguns segundos entre os passos para que o grupo gerador estabilize com cada carga de passo.

Para inserir cargas individuais no passo, clique e arraste a carga sobre o passo. Depois de incluir a carga no passo, você poderá ajustar a quantidade de carga no passo clicando com o botão direito do mouse e selecionando *Set Quantity* (Ajustar Quantidade) no menu. Como

alternativa, sempre que clicar e arrastar uma carga para um passo, a quantidade aumentará.

Para inserir várias cargas no passo, clique na pasta de cargas para exibir todas as cargas no lado direito da tela. Usando as teclas Shift ou Ctrl e o mouse, selecione as cargas desejadas, clique em qualquer uma das cargas selecionadas à direita e arraste para o passo. Todas as cargas selecionadas devem aparecer no passo.

Use a barra de ferramentas para incluir um ou mais passos adicionais, conforme desejar. Você poderá visualizar as cargas e os passos usando a opção *View* (Visualizar) do menu para saber em quais passos as cargas individuais foram colocadas ou para obter um resumo de todas as cargas em cada passo.

Considerações de Passo de Carga

Para muitas aplicações, o grupo gerador será dimensionado para ser capaz de assumir todas as cargas em um único passo. Para algumas aplicações, é mais vantajoso iniciar as cargas com os maiores requisitos de pico de partida em

primeiro lugar e então, depois que tais cargas estiverem funcionando, iniciar as demais cargas em passos diferentes. A seqüência de partida das cargas também pode ser determinada por códigos nos quais as cargas de emergência devem ser as primeiras, então o equipamento standby e por fim as cargas opcionais.

O seqüenciamento de passos de partida de grupos geradores pode ser realizado com comutadores de transferência usando-se retardos de tempo de transferência, seqüenciador de cargas ou outro controlador, como um PLC. Você pode usar esta aplicação para dizer ao seu distribuidor quantos passos de partida sua aplicação requer. Lembre-se: embora haja uma seqüência inicial controlada de cargas, pode haver paradas não controladas de cargas e partidas de certas cargas, e você talvez queira verificar as cargas de pico sob tais condições.

Diretrizes de Seqüência de Passo

Partida Simultânea de Um Único Passo: Uma abordagem comumente usada é assumir que a partida de todas as cargas conectadas será feita em um único passo, independentemente do número de comutadores de transferência usados. Esta suposição resultará na escolha mais conservadora (maior) de grupo gerador. Use a carga de um único passo a menos que sejam acrescentado outras coisas, como vários comutadores de transferência com retardos de tempo escalonado ou um seqüenciador de cargas.

Passo Único com um Fator de Diversidade: Semelhante à partida simultânea em um único passo, exceto que um fator de diversidade estimada, de talvez 80%, seja aplicado para reduzir os totais de SkVA e SkW para levar em conta outros controles de partida automática que sejam fornecidos com o equipamento de carga.

Seqüência de Vários Passos: A partida seqüenciada de cargas (onde possível) em geral permite a escolha de um grupo gerador menor. O GenSize assume que haverá um tempo adequado entre cargas de passo para que a voltagem e a freqüência do grupo gerador se estabilizem, normalmente de 5 a 10 segundos.

Considere o seguinte quando forem fornecidos controles ou retardos para a seqüência de passos das cargas no grupo gerador:

- Dê primeiro a partida no maior motor.

- Quando der a partida em motores que usam unidades eletrônicas (VFD ou VSD) a primeira regra do maior motor poderá não se aplicar. O uso de unidades eletrônicas para a partida e funcionamento de motores permite que o projetista controle melhor a carga real aplicada ao grupo gerador controlando a carga de corrente máxima, a taxa de aplicação da carga, etc. O que deve ser lembrado sobre essas cargas é que elas são mais sensíveis à variação de voltagem do que os motores com partida "através da linha".
- Carregue por último o UPS. Os UPSs são normalmente sensíveis à freqüência, especialmente à taxa de mudança da freqüência. Um grupo gerador previamente carregado será mais estável ao aceitar uma carga de UPS.
- Para cada passo, a SkW requerida é o total da RkW do(s) passo(s) anterior(es) mais a SkW para esse passo.

Recomendações e Relatórios

As informações abaixo ajudarão a compreender a recomendação do GenSize para um grupo gerador e os relatórios gerados. A **Figura 7-3** mostra a tela padrão na qual o GenSize faz sua recomendação para o modelo de grupo gerador da Cummins Power Generation que mais se aproxima dos parâmetros do projeto atual. Esta tela pode ser alternada com a tela mostrada na **Figura 7-4**, na qual podem ser vistos todos os modelos de grupo gerador que se aproximam dos parâmetros. Pode ser útil visualizar a última tela para analisar as diferenças de desempenho entre todos os modelos que podem realizar o trabalho, qualquer um dos quais você poderia escolher para o projeto. Você também imprimir Relatórios para distribuição e revisão.

Os modelos recomendados são destacados em **verde** na metade superior da tela. Na metade inferior são mostrados os parâmetros para o grupo gerador recomendado, que são:

- *Generator Set Requirements* (Requisitos de Grupo Gerador): Aqui estão resumidos os parâmetros Serviço, Voltagem, Altitude, Fase, Quedas de Voltagem e outros.
- *Load Running/Surge Requirements* (Requisitos de Funcionamento/Pico de Carga): Aqui estão resumidos todos os

requisitos de carga do projeto. A opção *Pct. Rated Load* fornece um modo rápido de determinar a quantidade da capacidade de funcionamento do grupo gerador está sendo usada.

- *Generator Set Configuration* (Configuração do Grupo Gerador): Esta guia relaciona o tamanho da armadura do alternador, o número de terminais, se o alternador é reconectável, se possui uma capacidade maior para partida do motor, a faixa de voltagem, se o alternador possui uma pilha estendida e se pode fornecer saída monofásica plena. Ela também mostra o modelo do motor, cilindrada, número de cilindros, combustível e limites de despotenciamento de altitude e de temperatura ambiente e valores de inclinação (*slope*).

A guia de relatórios mostra informações sobre o grupo gerador recomendado e permite a comparação com outros grupos geradores. Eis uma relação de alguns títulos importantes nesta guia:

Site Rated Standby (Prime) kW (kW Standby (Prime) Nominal do Local): Mostra a kW standby ou prime nominais do local (o serviço de energia Prime já está reduzida em 10%). Se o valor for mostrado em **vermelho**, a kW nominal do local é menor do que a kW de funcionamento da carga, ou a kW da carga de funcionamento é menor que 30% da kW nominal ajustada do local. Um grupo gerador recomendado deve satisfazer os requisitos de carga de funcionamento e operar com pelo menos 30% da capacidade nominal para ser recomendado.

Se o valor for mostrado em **amarelo**, a kW de funcionamento da carga é menor que 30% da kW nominal ajustada do local. O funcionamento de grupos geradores a menos de 30% da carga nominal pode ser obtido reduzindo-se o valor percentual mínimo da carga nominal no menu *New Project Parameters* (Novos Parâmetros de Projeto).

Site Rated Alternator Max kW (Elevação de temperatura) [kW Nominal Máxima do Alternador do Local (Elevação de Temperatura)]: Mostra a kW nominal do alternador do local para a elevação de temperatura selecionada na opção de parâmetros atuais do projeto. Se o valor for mostrado em **vermelho**, o alternador não poderá manter a elevação de temperatura para o requisito da carga conectada, tanto para a kW de funcionamento quanto para a kW do Alternador.

Site Rated Alternator Max kVA (Elevação de temperatura) [kVA Nominal Máxima do Alternador (Elevação de Temperatura)]: Mostra a kVA nominal do alternador do local para a elevação de temperatura ajustada na opção *New Project Parameters* (Novos Parâmetros de Projeto). Se o valor for exibido em **vermelho**, o alternador não poderá manter a elevação de temperatura para o requisito de kVA de funcionamento da carga. A capacidade nominal máxima de kVA do alternador é mostrada na grade.

Todavia, o limite de altitude para alternadores é 1000 m (3280 pés) e limite de temperatura é 40° C (104° F). A kW Máxima do Alternador será reduzida em 3% para cada 500 m (1640 pés) de altitude acima do limite e 3% para cada 5° C (9° F) de temperatura acima do limite.

Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project
 File Edit View Projects Reports Tools Help
 82 of 283 recommended generator sets.

Set Performance
Model: 400DFEB
 Starting Voltage Dip, %: 24
 Peak Voltage Dip, %: 15
 Frequency Dip, %: 5
 Site Rated Standby kW: 398
 Site Rated Altr Max kW 125°C: 466
 Site Rated Altr Max kVA 125°C: 582
 Site Rated Max Skw: **415**
 Max SKVA: 1749
 Temp Rise at Full Load, °C: 125
 Excitation: PMG

Load Requirements
 Max Starting Voltage Dip, %: 35
 Max Peak Voltage Dip, %: 35
 Max Frequency Dip, %: 10
 Running kW: 295
 Alternator kW: 347
 Running kVA: 326
 Effective Step kW: 343
 Effective Step kVA: 914
 Max Altr Temp Rise, °C: 125
 Percent Non-Linear Load: 45%

Generator Set Requirements
 Frequency, Hz: 60
 Duty: Standby
 Voltage: 277/480, Series Wye
 Phase: 3 Phase
 Paralleled Generator Sets: 1

Load Running/Surge Requirements
 Max Starting Voltage Dip, %: 35
 Max Peak Voltage Dip, %: 35
 Max Frequency Dip, %: 10
 Site Altitude, ft (m): 500 (152)
 Site Temperature, °F (°C): 110 (43)
 Max Altr Temp Rise, °C: 125

Generator Set Configuration

Figura 7- 3. Janela de Configuração do Grupo Gerador Recomendado

Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project

File Edit View Projects Reports Tools Help

82 of 263 recommended generator sets.

Report	Model	Starting Volt. Dip	Peak Volt. Dip	Freq Dip	Site Rated Standby kW	Site Rated Max kW 125	Site Rated Max kVA 125	Site Rated Max SKW	Temp Rise at Full Load	Excitation
No	350D088	44	19	11	348	372	466	360	1372	PMG
No	350D088	44	19	11	348	372	466	360	1372	PMG
No	350D088	44	19	11	348	466	582	364	1749	PMG
No	350D088	44	19	11	348	466	582	364	1749	PMG
No	400D088	43	15	9	398	466	582	405	1749	PMG
No	400D088	43	15	9	398	466	582	406	1749	PMG
No	400D088	43	15	9	398	505	631	407	1896	PMG
Yes	400D088	24	15	5	398	466	582	415	1749	PMG
No	400D088	24	15	5	398	466	582	415	1749	PMG
No	400D088	24	15	5	398	466	582	415	1749	PMG
No	400D088	24	13	5	398	505	631	417	1896	PMG
No	400D088	24	11	5	398	588	735	419	2208	PMG
No	400D088	26	15	6	386	466	582	495	1749	PMG
No	400D088	26	15	6	386	466	582	495	1749	PMG
No	400D088	26	15	6	386	466	582	495	1749	PMG
No	400D088	26	15	6	386	466	582	495	1749	PMG
No	400D088	26	15	6	386	466	582	495	1749	PMG
No	400D088	26	13	6	386	505	631	498	1896	PMG
No	400D088	26	11	6	386	588	735	499	2208	PMG
No	400D088	26	11	6	386	588	735	499	2208	PMG
No	450D088	27	15	6	447	466	582	463	1749	PMG
No	450D088	27	13	6	447	505	631	466	1896	PMG
No	450D088	27	11	6	447	588	735	468	2208	PMG
No	450D088	27	10	6	447	647	809	468	2429	PMG

Generator Set Requirements

Frequency, Hz: **60**

Duty: **Standby**

Voltage: **277/480, Series Wye**

Phase: **3 Phase**

Paralleled Generator Sets: **1**

Load Running/ Surge Requirements

Max Starting Voltage Dip, %: **35**

Max Peak Voltage Dip, %: **35**

Max Frequency Dip, %: **10**

Site Altitude, ft (m): **500 (152)**

Site Temperature, °F (°C): **110 (43)**

Max Alt Temp Rise, °C: **125**

Generator Set Configuration

Figura 7-4. Janela 'Todos os Grupos Geradores'

Site Rated Max SkW and Max SkVA (SkW e SkVA Nominais Máximas do Local): Mostra a SkW e SkVA nominais máximas do local (reduzidas quando necessário para altitude e temperatura ambiente) que a configuração do grupo gerador pode acomodar. Se o valor for exibido em **vermelho**, o grupo gerador não poderá recuperar para um valor mínimo de 90% da voltagem nominal com carga em Passo ou de Pico necessária. Uma das filosofias de dimensionamento para carga de pico é que, com a carga de pico aplicada, o grupo gerador deve ser capaz de recuperar até 90% da voltagem nominal de modo que os motores possam desenvolver torque de aceleração adequado. Se o grupo gerador recuperar até 90% da voltagem nominal, um motor irá desenvolver 81% do torque nominal, valor que, segundo mostra a experiência, fornece um desempenho aceitável de partida de motores.

Se o valor for exibido em **amarelo**, o grupo gerador poderá recuperar para um mínimo de 90% da voltagem nominal com a carga de pico requerida, mas somente porque o requisito de pico foi reduzido. O GenSize reduzirá o requisito de pico em reconhecimento ao fato de que a voltagem de saída do grupo gerador é reduzida durante a partida de cargas com requisitos de energia de partida que se aproximam da capacidade máxima do grupo gerador.

Elevação de temperatura At Full Load (Elevação de Temperatura em Carga Plena): Mostra a elevação de temperatura que o alternador não excederá enquanto fornecer carga até o valor nominal de carga plena (inclusive) do grupo gerador. Cada modelo de grupo gerador terá disponível um ou mais destes alternadores de elevação de temperatura que poderão ser especificados os parâmetros do projeto atual: 80° C, 105° C, 125° C e 150° C. Obviamente, a elevação de temperatura real de um alternador depende da carga real conectada. Por isso, o GenSize poderá recomendar um grupo gerador com uma opção de elevação de temperatura maior ou menor do que a especificada na opção *New Project Parameters* (Novos Parâmetros de Projeto) uma vez que a recomendação baseia-se na carga conectada. A carga conectada pode ser menor que a capacidade de carga plena do grupo gerador ou, no caso de cargas não-lineares, pode ser exigido que o alternador tenha uma capacidade nominal maior que a especificada. Em qualquer caso, a recomendação limitará a elevação de temperatura do alternador àquela especificada em *New Project Parameters*.

Excitation (Excitação): Mostra o tipo sistema de excitação fornecido com um grupo gerador. Se o valor for exibido em **vermelho**, o grupo gerador

será excitado por ponte e a porcentagem da carga não-linear excederá 25% da exigência de funcionamento da carga, RkW. O sistema de excitação PMG é recomendado para aplicações que tenham um alto teor de cargas lineares. A menos que a opção PMG não esteja disponível, a Cummins Power Generation não recomenda o uso de grupos geradores com excitação por ponte se a exigência de carga não-linear for maior que 25% da necessidade total de carga.

A necessidade de carga não-linear é calculada adicionando-se a kW de Funcionamento de todas as cargas onde a *kW do Alternador* excede a *kW de Funcionamento*. Este é o caso para cargas de UPS, motores de frequência variável e motores de partida de contato permanente que não estejam equipados com um desvio automático. Esta soma de *kW de Alternador* é então dividida pela soma da *kW de Funcionamento* de todas as outras cargas.

Por que um grupo gerador não pode ser recomendado: Vários fatores podem fazer com que um grupo gerador não seja recomendado.

- O requisito de kW de Funcionamento pode exceder a capacidade nominal do grupo gerador. Parâmetros de projeto como altitude, temperatura ambiente e serviço de energia Prime podem despotenciar o grupo gerador sem atingir os requisitos do projeto.
- A kW de Funcionamento pode ser menor que o mínimo de 10 a 30% da capacidade nominal do grupo gerador, especificada nos parâmetros atuais do projeto (30% é o padrão, como recomendado pela Cummins Power Generation).
- A necessidade de kW de pico pode exceder a capacidade do gerador, que ser menor que os requisitos do projeto devido ao despotenciamento por altitude e temperatura ambiente. O GenSize usa a kW Cumulativa e a kW de Pico mais altas para determinar a kW de pico de carga.
- A kVA de pico excede a capacidade do grupo gerador. O requisito de kVA de pico é semelhante ao requisito de kW de pico exceto que não há despotenciamento por altitude ou temperatura ambiente. O GenSize usa o maior valor de kVA Cumulativa e kVA de Pico (se houver) para determinar o requisito de kVA de pico de carga.
- A kW do alternador necessária excede a capacidade do alternador, que pode ser reduzida por altitude e temperatura ambiente pelos parâmetros do projeto. Todavia, o limite de altitude para alternadores é 1000 m

- (3280 pés) e o limite de temperatura é 40° C (104° F). A kW do alternador será reduzida em 3% para cada 500m (1640 pés) de altitude acima do limite e 3% para cada 5° C (9° F) de temperatura ambiente acima do limite.
- A kVA do alternador necessária excede a capacidade do alternador, que pode ser reduzida por altitude e temperatura da mesma maneira que a kW do alternador.
 - A necessidade de carga não-linear total excede 25% da necessidade total de carga. Isto exclui geradores com excitação por ponte nos quais a excitação PMG não está disponível. A necessidade de carga não-linear total é a soma dos valores de kW de Alternador de todas as cargas não-lineares.
 - As quedas calculadas de voltagem e freqüência excedem os limites ajustados nos parâmetros atuais do projeto.
 - A queda de voltagem de partida é calculada usando-se o maior de dois valores: queda baseada na kW de Passo máxima ou na kVA de Passo máxima.
 - A queda de voltagem de pico é calculada somente se as cargas do projeto apresentarem um pico de funcionamento (cargas cíclicas) ou cargas de equipamentos médicos de imagens que têm um alto requisito de energia de pico quando operados.
 - A queda de freqüência é calculada usando-se o maior de dois valores: kW de Passo máxima ou kW de Passo de cargas que apresentam pico de funcionamento.
 - A mensagem, “*No generator set is available that meets your running load requirements*” (Não há grupos geradores que atendam aos requisitos de carga de funcionamento) geralmente significa que houve alguma alteração na opção *New Project Parameters* (Novos Parâmetros de Projeto) após a carga de funcionamento ter sido especificada. Por exemplo, esta mensagem será exibida se você alterar o combustível de diesel para gás natural ou a opção ‘Sem Atenuação de Ruído’ para a opção *Quite Site* (Local Sem ruído) e se a carga de funcionamento especificada exceder a capacidade do maior grupo gerador de gás natural ou com a opção *Quite Site* disponível. A mensagem também pode significar que seu projeto é tal que não haja um grupo gerador na linha de produtos da Cummins Power Generation. Neste ponto, reduzir a porcentagem mínima da carga nominal nos parâmetros do projeto poderia permitir a recomendação de um grupo gerador. Se este for o caso, consulte seu distribuidor Cummins Power Generation local para obter ajuda.
 - A mensagem, “*No generator set is available which meets your frequency or voltage dip requirements*” (Não há grupos geradores que atendam aos seus requisitos de queda de voltagem ou de freqüência) geralmente significa que o requisito de pico de alguma carga de passo está forçando a seleção de um grupo gerador tão grande que a carga de funcionamento em alimentação estável cai abaixo de 30% da capacidade do grupo gerador. Como a Cummins Power Generation não recomenda a operação a menos de 30% da capacidade nominal, nenhum gerador poderá ser recomendado. Neste ponto, você poderá ter várias opções:
 - Aumentar a queda permitida de voltagem ou de freqüência.
 - Reduzir a porcentagem mínima da carga nominal para menos de 30%.
 - Aplicar cargas em mais passos para diminuir a carga de pico de cada passo.
 - Fornecer partida de motor com voltagem reduzida.
 - Conectar grupos geradores em paralelo.
 - Adicionar cargas que não tenham um alto pico de partida (luzes, cargas resistivas, etc.).

Relatórios

Vários tipos de relatórios podem ser gerados para o projeto aberto: Detalhes de Passo/Carga, Detalhes de Passos e Quedas e Gerador Recomendado. Estes relatórios podem ser exibidos na tela para fins de revisão antes de sua conclusão, salvos para transmissão ou impressos. A **Figura 7-5** é um exemplo do relatório Gerador Recomendado.

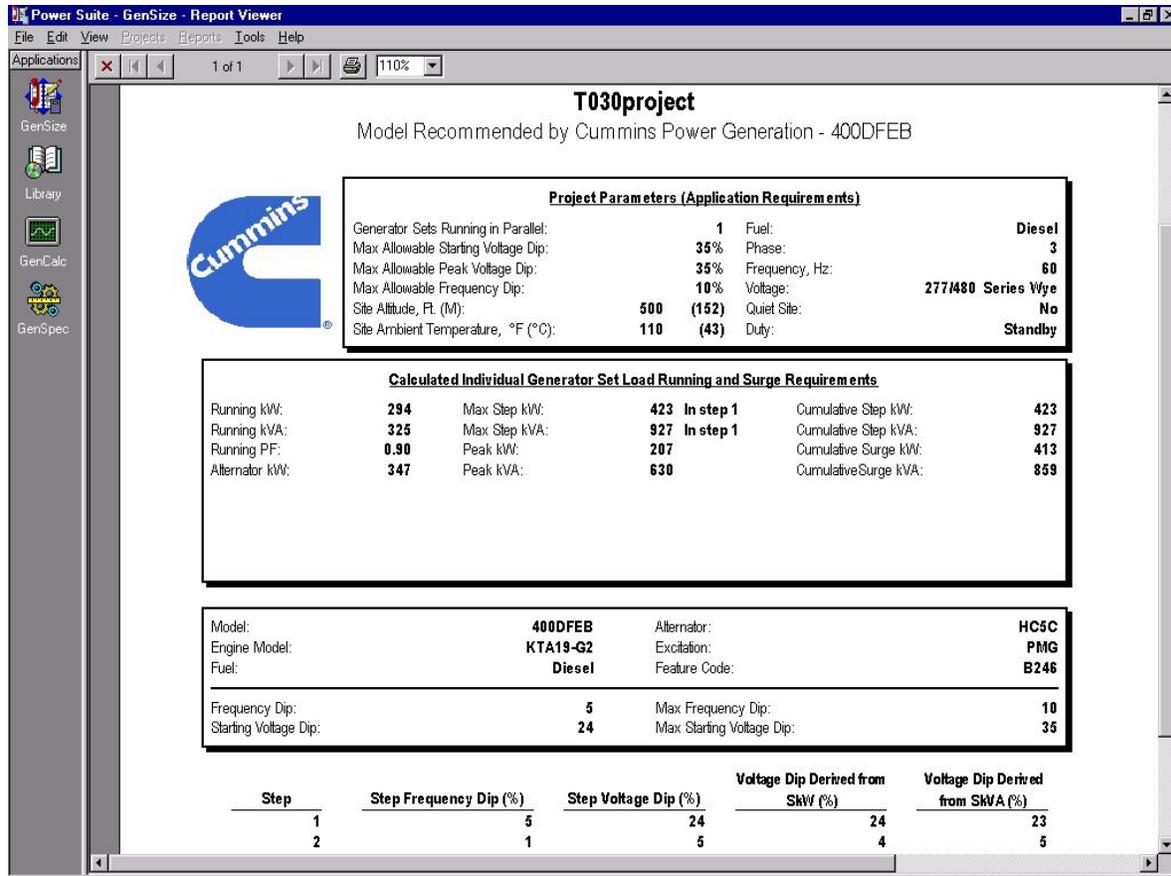


Figura 7-5. Relatório de Gerador Recomendado no Modo Visualização

B. Partida de Motor com Voltagem Reduzida

Embora a queda de voltagem freqüentemente cause vários problemas, uma redução controlada da voltagem nos terminais do motor pode ser benéfica quando usada para diminuir a kVA de partida de um motor em aplicações onde o torque reduzido do motor é aceitável. Reduzir a kVA de partida do motor pode diminuir o tamanho do grupo gerador necessário, diminuir a queda de voltagem e permitir uma partida mais "suave" de cargas do motor. Certifique-se, entretanto, de que o motor desenvolverá torque suficiente para acelerar a carga sob condições de voltagem reduzida. Além disso, qualquer motor de partida que faça a transição entre "partida" e "funcionamento" poderá causar uma condição de corrente de ligação quase tão grave quanto a partida "across-the-line" – a menos que o motor esteja na rotação de sincronismo, ou próximo dela, na transição. Isto poderá causar queda de voltagem inaceitável e potencialmente a queda do motor de partida.

Uma Comparação de Métodos de Partida de Motor

A **Tabela 7-1** compara os efeitos da voltagem plena, autotransformador e partida resistora em um motor de 50 hp, Projeto B, Código G. Como mostra a tabela, a partida do autotransformador requer menos capacidade de partida do motor do grupo gerador. A partida resistora realmente requer mais kW (energia do motor) do que a partida "across-the-line".

	TIPO DE MOTOR DE PARTIDA		
	AUTOTRANSFORMADOR	RESISTOR	VOLTAGEM PLENA
% da voltagem aplicada (derivação)	65	50	100
% da voltagem plena (multiplicador)*	0.42	0.50	1.0
KVA de partida com motor de partida de voltagem reduzida	$295^{**} \times 0.42 = 123.9$	$295^{**} \times 0.50 = 147.5$	$295^{**} \times 1.0 = 295$
KW de partida com motor de partida de voltagem reduzida (kVA x PF)	$123.9 \times 0.36^{***} = 43.4$	$147.5 \times 0.8^{****} = 118$	$295 \times 0.36^{***} = 106.9$
kVA de Funcionamento	46	46	46
kW de Funcionamento	41	41	41
* Veja a Tabela 3-4 ** Veja a Tabela 3-5 e multiplique a potência (hp) de 50 pelo fator de 5.9 para o Código de Letra G. *** Veja a Tabela 3-6 **** Veja SPF para Resistor na Tabela 3-4			

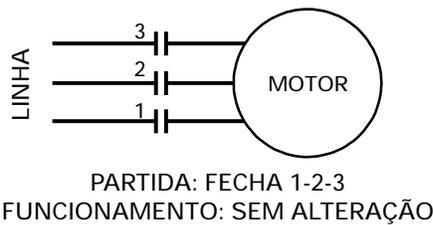
Table 7-1. Comparação de Partida de Motor com Voltagem Reduzida

Partida de Motor com Voltagem Plena

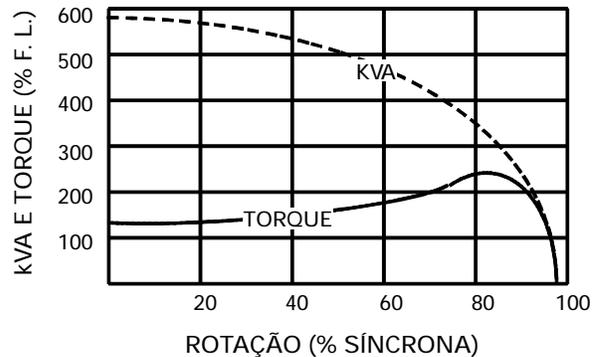
Partida: A partida "across-the-line" de voltagem plena é típica a menos que seja necessário reduzir a kVA de partida do motor devido à capacidade limitada do grupo gerador ou ao limite de queda de voltagem durante a partida do motor. Não há limite para HP, tamanho, voltagem ou tipo de motor.

Notas de Aplicação: Este método é mais comum devido à sua simplicidade, confiabilidade e custo inicial. Observe que para a kVA e curvas de torque que a kVA de partida permanece relativamente constante até que o motor praticamente atinge a rotação plena. Note também os picos de kW em cerca de 300% da kW nominal próximo a 80% da rotação síncrona.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO

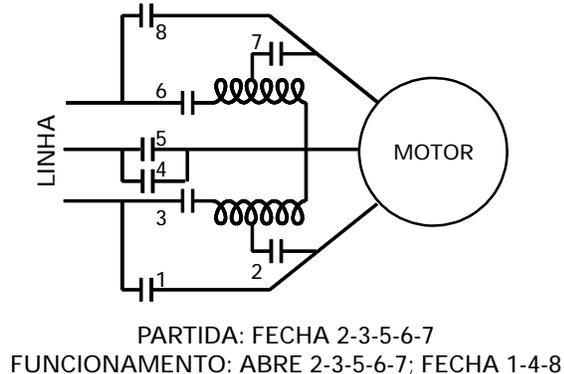


Partida de Motor com Autotransformador, Transição Aberta

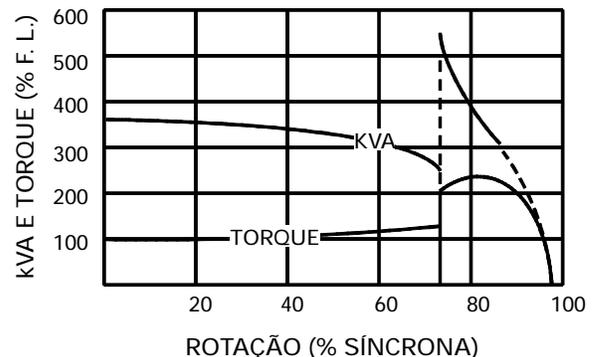
Partida: O autotransformador encontra-se no circuito somente durante a partida para reduzir a voltagem para o motor. A abertura do circuito durante a transição pode causar graves transientes, que podem causar o desarme dos disjuntores.

Notas de Aplicação: A comutação de transição aberta dos motores de partida de voltagem reduzida deve ser evitada nas aplicações de grupo gerador, especialmente quando os motores não atingem rotação plena no momento da transição. A razão disto é que o motor diminui a rotação e sai de sincronização durante a transição de comutação. O resultado é semelhante à conexão em paralelo de grupos geradores fora de fase. A kVA retriada imediatamente após a comutação pode exceder a kVA de partida. Note também que o fator de potência de partida é menor quando é utilizado um autotransformador.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



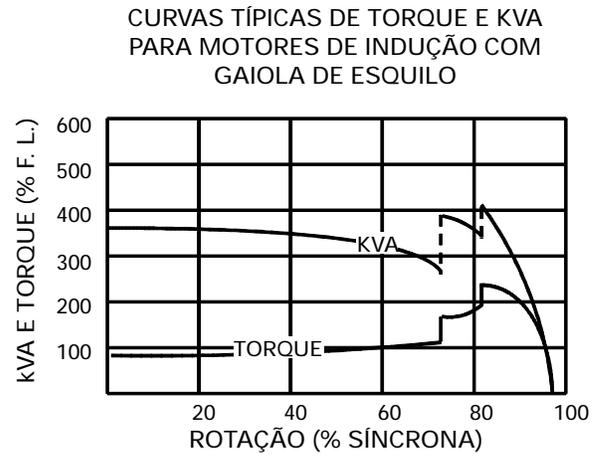
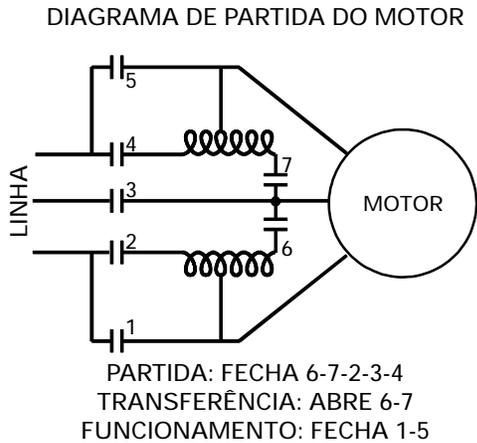
CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO



Partida de Motor com Autotransformador, Transição Fechada

Partida: O circuito não é interrompido durante a partida. Durante a transferência, parte do enrolamento do autotransformador permanece no circuito como um reator em série com os enrolamentos do motor.

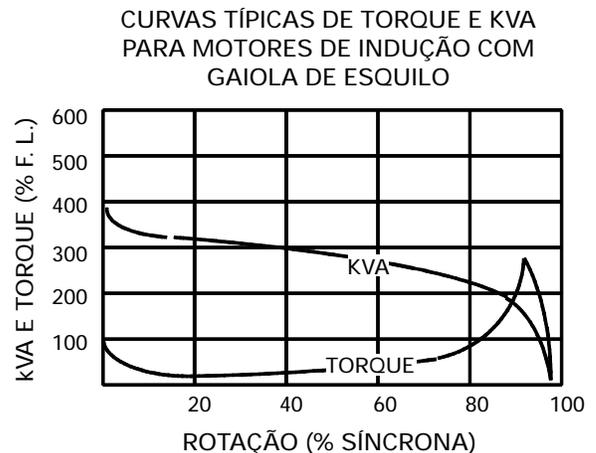
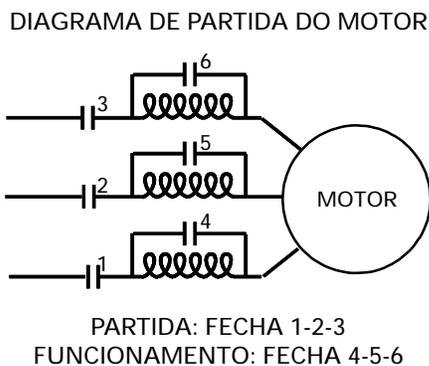
Notas de Aplicação: A transição fechada é preferida em relação à transição aberta devido ao distúrbio elétrico menor. A comutação, entretanto, é mais cara e complexa. É o método de partida de voltagem reduzida mais utilizado para grandes motores com requisitos de baixo torque de carga, como bombas de elevação para esgotos e resfriadores. A principal vantagem é um maior torque por corrente do que com outros métodos de partida de voltagem reduzida. A operação pode ser automática e/ou remota. Note também que o fator de potência de partida é menor quando é utilizado um autotransformador.



Partida com Motor Reator, Transição Fechada

Partida: A partida com reator tem a vantagem da simplicidade e da transição fechada, mas resulta em menor torque de partida por kVA do que a partida com autotransformador. O torque relativo, contudo, aumenta à medida que o motor acelera.

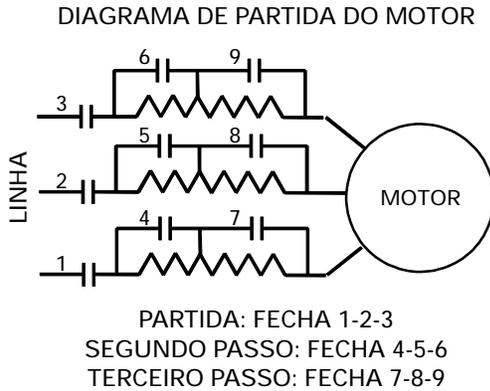
Notas de Aplicação: Em geral, a partida com reator não é usada exceto para motores grandes de alta voltagem ou alta corrente. Os reatores devem ser dimensionados em função da potência (HP) e da voltagem e podem ter disponibilidade limitada. Normalmente, o custo de partida com reator é maior do que da partida com autotransformador para motores menores, mas é mais simples e menos cara para grandes motores. O fator de potência de partida é excepcionalmente baixo. A partida com reator permite uma partida mais suave com praticamente nenhum distúrbio perceptível de transição e é bem adequada para aplicações como bombas centrífugas e ou ventiladores.



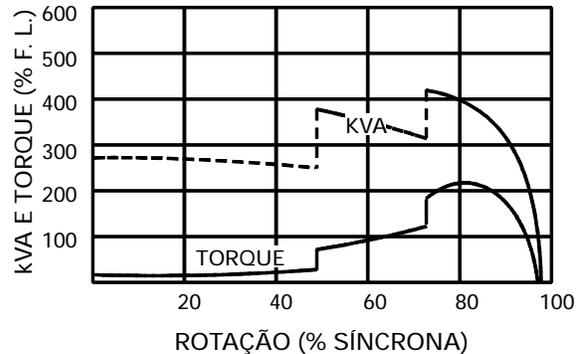
Partida de Motor com Resistor, Transição Fechada

Partida: A partida com resistor é usada ocasionalmente para pequenos motores onde são necessários vários passos de partida e não é permitida a abertura dos circuitos do motor entre passos.

Notas de Aplicação: Também disponível como um motor de partida de transição sem passo que fornece uma partida mais suave. A partida com resistor é geralmente a mais barata para pequenos motores. Fornece aceleração mais rápida de cargas devido ao aumento de voltagem com a diminuição da corrente. Possui um fator de potência de partida maior.



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO

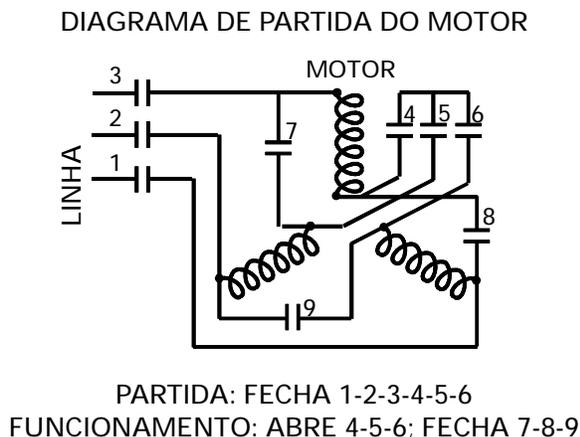


Partida de Motor Estrela-Triângulo, Transição Aberta

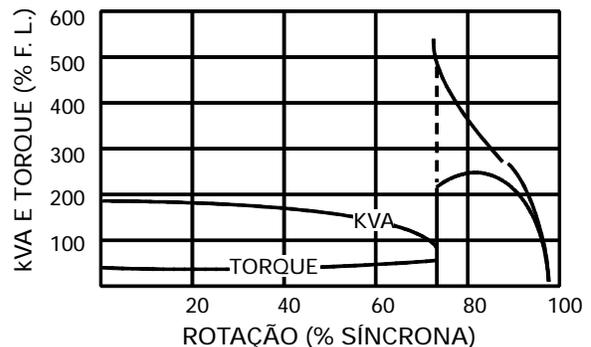
Partida: A partida Estrela-Triângulo não requer autotransformador, reator ou resistor. O motor parte com conexão em estrela e funciona com conexão em triângulo.

Notas de Aplicação: Este método de partida está tornando-se mais popular em aplicações são aceitáveis torques mais baixos de partida. Este método apresenta as seguintes vantagens:

1. Transição aberta. A transição fechada está disponível a um custo extra.
2. Baixo torque.
3. Nenhuma vantagem quando o motor é alimentado por um grupo gerador a menos que o motor atinja a rotação síncrona antes da comutação. Em aplicações onde o motor não alcança a rotação síncrona, o grupo gerador deve ser dimensionado para atender o pico.



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO

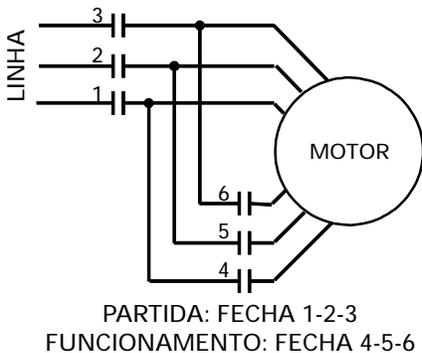


Partida do Motor com Enrolamento Parcial "Part Winding", Transição Fechada

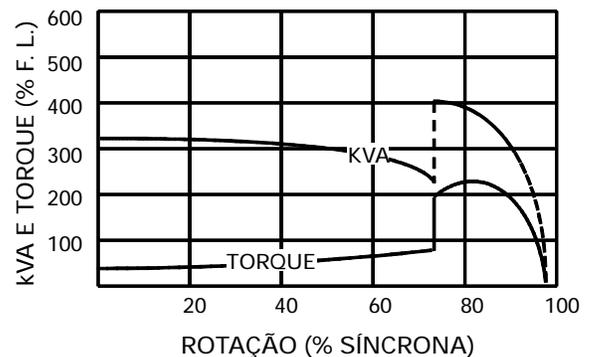
Partida: A partida do motor com enrolamento parcial é mais barata porque não requer autotransformador, reator ou resistor e usa a comutação simples. Disponível em dois ou mais passos de carga dependendo do tamanho, rotação e voltagem do motor.

Notas de Aplicação: Fornece automaticamente a transição fechada. Primeiro, um enrolamento é conectado à linha; depois de um certo tempo, o segundo enrolamento é conectado em paralelo com o primeiro. O torque de partida é baixo e fixado pelo fabricante do motor. O objetivo da partida com enrolamento parcial não é reduzir a corrente de partida mas fornecer corrente de partida em incrementos menores. Não haverá vantagem deste método se o motor for alimentado por um grupo gerador a menos que o motor possa atingir a rotação síncrona antes da transição para a linha.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO

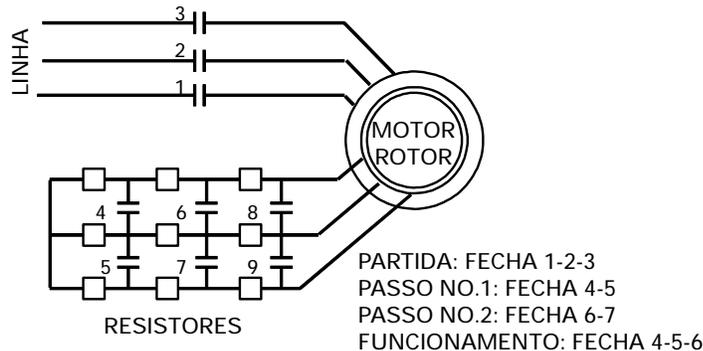


Partida de Motores de Rotor com Enrolamento

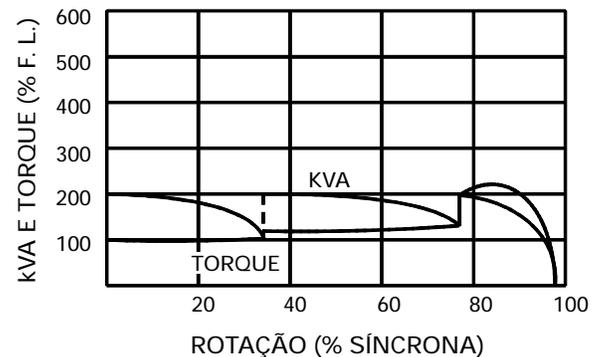
Partida: Um motor de rotor com enrolamento pode ter o mesmo torque de partida que um motor tipo gaiola de esquilo mas com menos corrente. A diferença entre este motor e os tipos gaiola de esquilo está apenas no rotor. Um motor tipo gaiola de esquilo possui barras de curto circuito, enquanto um motor de rotor com enrolamento tem enrolamentos, geralmente de três fases.

Notas de Aplicação: A corrente de partida, o torque e as características de rotação podem ser alteradas conectando-se a quantidade correta de resistência externa no rotor. Geralmente, os motores de rotor com enrolamento são ajustados de modo que a kVA de partida seja cerca de 1,5 vezes a kVA de funcionamento. Este é o tipo de motor mais simples para a partida de um grupo gerador.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE ROTOR COM ENROLAMENTO



Partida de Motor Síncrono

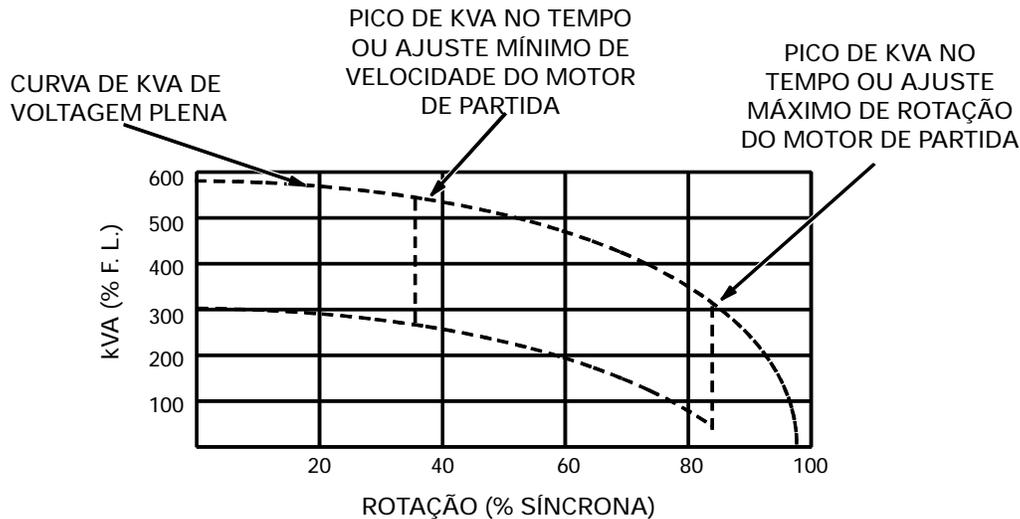
Partida: Os motores síncronos podem usar a maioria dos métodos de partida vistos acima. Os motores síncronos com capacidade nominal de 20 HP ou mais possuem características de partida semelhantes às dos motores de rotor com enrolamento.

Notas de Aplicação: Os motores síncronos ocupam uma classe própria. Não há padrões de desempenho, tamanho da estrutura ou conexões. Os motores com capacidade nominal de 30 HP ou menos têm altas correntes de rotor travado. Eles podem ser usados em aplicações onde é desejada a correção do fator de potência. (Use a letra padrão de código se a letra real não for conhecida.)

Notas Gerais de Aplicações

Se o motor de partida de tensão reduzida possuir um ajuste de tempo ou taxa, ajuste os parâmetros para obter cerca de dois segundos entre as derivações. Isto fornece tempo para que o motor aproxime-se da rotação nominal e, assim, reduza a kVA de pico no momento da comutação, como mostra a figura abaixo. Note que no ajuste mínimo não há melhora significativa em relação à partida de tensão plena.

Em algumas aplicações, a corrente de ligação é tão baixa que o eixo do motor não começará a girar na primeira derivação, talvez nem mesmo na segunda. Para essas aplicações, há pouca redução da kVA de partida do ponto de vista do grupo gerador.



C. Voltagens e Fontes Utilizadas Mundialmente

País	Frequência (Hz)	Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)
Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos)	50	415/250
Afganistão	50;60	380/220;220
África do Sul	50; 25	11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 433/250; 400/230; 380/220; 500; 220
Alemanha (BRD)	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Alemanha (DDR)	50	10 kV; 6kV; 660/380; 380/220; 220/127; 220; 127
Angola	50	380/220; 220
Antígua	60	400/230;230
Antilhas Holandesas	50; 60	380/220; 230/115; 220/127; 208/120
Arábia Saudita	60	380/220; 220/127; 127
Argélia	50	10 kV; 5.5 kV; 380/220; 220/127
Argentina	50	13.2 kV; 6.88 kV; 390/225; 339/220;220
Austrália	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 440/250; 415/240; 240
Áustria	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 220
Bahamas	60	415/240; 240/120; 208/120; 120
Bahrain	50;60	11 kV; 400/230; 380/220;230; 220/110
Bangladesh	50	11 kV; 400/230; 230
Barbados	50	11 kV; 3.3 kV; 230/115; 200/115
Bélgica	50	15 kV; 6kV; 380/220; 220/127, 220
Belize	60	440/220; 220/110
Bermuda	60	4.16/2.4 kV; 240/120; 208/120
Bolívia	50;60	230/115; 400/230/220/110
Botsuana	50	380/220;220
Brasil	50;60	13.8 kV; 11.2 kV; 380/220, 220/127
Brunei		50 415/230
Bulgária	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Burma	50	11 kV; 6.6 kV; 400/230; 230
Burundi		
Cabo Verde	50	380/220; 127/220
Camarões	50	15 kV; 320/220; 220
Camboja (República Khmer)	50	380/220; 208/120; 120
Canadá	60	12.5/7.2 kV; 600/347; 240/120; 208/120; 600; 480; 240
Chade	50	380/220; 220
Chile	50	380/220; 220
China	50	380/220 50Hz
Chipre	50	11 kV; 415/240; 240
Cingapura	50	22 kV; 6.6 kV; 400/230; 230
Colômbia	60	13.2 kV; 240/120; 120
Costa do Marfim	50	380/220; 220
Costa Rica	60	240/120; 120

País	Frequência (Hz)	Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)
Cuba	60	440/220; 220/110
Dahomey	50	15 kV; 380/220; 220
Dinamarca	50	30 kV; 10 kV; 380/220;220
Dominica (Ilhas Windward)	50	400/230
Dubai (Emirados Árabes Unidos)	50	6.6 kV; 330/220; 220
Egito (República Árabe Unida)	50	11 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Eire (República da Irlanda)	50	10 kV; 380/220; 220
El Salvador	60	14.4 kV; 2.4 kV; 240/120
Equador	60	240/120; 208/120; 220/127; 220/110
Espanha	50	15 kV; 11 kV; 380/220; 220/127; 220; 127
Etiópia	50	380/220; 220
EUA	60	480/277; 208/120; 240/120
Fiji	50	11 kV; 415/240; 240
Filipinas	60	13.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 220/110
Finlândia	50	660/380; 500; 380/220; 220
França	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 380; 220; 127
Gabão	50	380/220
Gâmbia	50	400/230; 230
Gana	50	440/250; 250
Gibraltar	50	415/240
Granada (Ilhas Windward)	50	400/230; 230
Grécia	50	22 kV; 20 kV; 15 kV; 6.6 kV; 380/220
Groelândia	50	380/220
Guadalupe	50;60	20 kV; 380/220; 220
Guam (Ilhas Mariana)	60	13.8 kV; 4 kV; 480/277; 480; 240/120; 207/120
Guatemala	60	13.8 kV; 240/120
Guiana	50	220/110
Guiana Francesa	50	380/220
Haiti	60	380/220; 230/115; 230; 220; 115
Holanda	50	10 kV; 3 kV; 380/220; 220
Honduras	60	220/110; 110
Hong Kong (e Kowloon)	50	11 kV; 346/200; 200
Hungria	50	20 kV; 10 kV; 380/220; 220
Iêmen do Sul (Aden)	50	400/230
Iêmen, República Democrática (PDR)	50	440/250; 250
Ilhas Canário	50	380/220; 230
Ilhas Cayman	60	480/240; 480/227; 240/120; 208/120
Ilhas Faeroe (Dinamarca)	50	380/220
Ilhas Falkland (Reino Unido)	50	415/230; 230
Ilhas Virgens (EUA)	60	110/220
Ilhas Virgens (Reino Unido)	60	208; 120

País	Frequência (Hz)	Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)
Índia	50; 25	22 kV; 11kV; 440/250; 400/230; 460/230; 230
Indonésia	50	380/220; 220/117
Iran	50	20 kV; 11kV; 400/231; 380/220; 220
Iraque	50	11 kV; 380/220; 220
Islândia	50	380/220; 220
Israel	50	22kV; 12.6 kV; 6.3 kV; 400/230; 230
Itália	50	20 kV; 15 kV; 10 kV; 380/220; 220/127; 220
Iugoslávia	50	10 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Jamaica	50	4/2.3 kV; 220/110
Japão	50; 60	6.6 kV; 200/100; 22 kV; 6.6 kV; 210/105; 200/100; 100
Jordânia	50	380/220; 220
Kuwait	50	415/240; 240
Laos	50	380/220
Lesotho	50	380/220; 220
Líbano	50	380/220; 190/110; 220; 110
Libéria	60	12.5/7.2 kV; 416/240; 240/120; 208/120
Luxemburgo	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Macao	50	380/220; 220/110
Malásia (Occidental)	50	415/240; 240
Malawi	50	400/230; 230
Mali	50	380/220; 220/127; 220; 127
Malta	50	415/240
Manila	60	20 kV; 6.24 kV; 3.6 kV; 240/120
Marrocos	50	380/220; 220/127
Martinica	50	220/127; 127
Maurício	50	400/230; 230
Mauritânia	50	380/220
México	60	13.8 kV; 13.2 kV; 480/277; 220/127; 220/120
Moçambique	50	380/220
Mônaco	50	380/220; 220/127; 220; 127
Montserrat	60	400/230; 230
Muscat e Oman	50	415/240; 240
Nauru	50	415/240
Nepal	50	11 kV; 400/220; 220
Nicarágua	60	13.2 kV; 7.6 kV; 240/120
Niger	50	380/220; 220
Nigéria	50	15 kV; 11 kV; 400/230; 380/220; 230; 220
Noruega	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 230
Nova Caledônia	50	220
Nova Zelândia	50	11 kV; 415/240; 400/230; 440; 240; 230
Panamá	60	12 kV; 480/227; 240/120; 208/120
Papua Nova Guiné	50	22 kV; 11 kV; 415/240; 240
Paquistão	50	400/230
Paraguai	50	440/220; 380/220; 220
Peru	60	10 kV; 6 kV; 225

País	Frequência (Hz)	Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)
Polinésia Francesa	60	220; 100
Polônia	50	15 kV; 6 kV; 380/220; 220
Porto Rico	60	8.32 kV; 4.16 kV; 480; 240/120
Portugal	50	15 kV; 5 kV; 380/220; 220
Guiné Portuguesa	50	380/220
Qatar	50	415/240; 240
Quênia	50	415/240; 240
Reino Unido	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 400/230; 380/220; 240; 230; 220
República Árabe da Líbia	50	400/230; 220/127; 230; 127
República Árabe da Síria	50	380/220; 200/115; 220; 115
República Central Africana	50	380/220
República da Coreia (Sul)	60	200/100; 100
República da Somália	50	440/220; 220/110; 230; 220; 110
República Dominicana	60	220/100; 110
República Malagassy (Madagascar)	50	5 kV; 380/220; 220/127
República Tcheca	50	22 kV; 15 kV; 6 kV; 3 kV; 380/220; 220
Reunion	50	110/220
Romênia	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Ruanda	50	15 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Rússia	50	380/230; 220/127 e acima
Sabah	50	415/240; 240
Sahara Espanhol	50	380/220; 110; 127
Samoa Occidental	50	415/240
São Vicente	50	3.3 kV; 400/230; 230
Sarawak (Malásia Oriental)	50	415/240; 240
Senegal	50	220/127; 127
Serra Leoa	50	11 kV; 400/230; 230
Seychelles	50	415/240
Sri Lanka (Ceilão)	50	11 kV; 400/230; 230
Sta. Helena	50	11 kV; 415/240
Sta. Lucia	50	11 kV; 415/240; 240
Sto. Kitts Nevis Anguilla	50	400/230; 230
Suazilândia	50	11 kV; 400/230; 230
Sudão	50	415/240; 240
Suécia	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Suíça	50	16 kV; 11 kV; 6 kV; 380/220; 220
Suriname	50; 60	230/115; 220/127; 220/110; 127; 115
Tailândia	50	380/220; 220
Taiwan (República da China)	60	22.8 kV; 11.4 kV; 380/220; 220/110
Tanzânia (República União da)	50	11 kV; 400/230
Togo	50	20 kV; 5.5 kV; 380/220; 220
Tonga	50	11 kV; 6.6 kV; 415/240; 240; 210

<i>País</i>	<i>Frequência (Hz)</i>	<i>Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)</i>
Trinidad-Tobago	60	12kV; 400/230; 230/115
Tunísia	50	15 kV; 10 kV; 380/220; 220
Turquia	50	15 kV; 6.3 kV; 380/220; 220
Uganda	50	11 kV 415/240; 240
Uruguai	50	15 kV; 6 kV; 220
Venezuela	60	13.8 kV; 12.47 kV; 4.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 240/120; 208/120

<i>País</i>	<i>Frequência (Hz)</i>	<i>Níveis de Voltagem de Uso Comum (V)</i>
Vietnam (República do)	50	15 kV; 380/220; 208/120; 220; 120
Yolta Superior	50	380/220; 220
Zaire (República do)	50	380/220; 220
Zâmbia	50	400/230; 230
Zimbábue	50	11 kV; 390/225; 225

D. Fórmulas Úteis

PARA OBTER:	POTÊNCIA DE CA MONOFÁSICA	POTÊNCIA DE CA TRIFÁSICA
quilowatts (kW)	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times \text{FP}}{1000}$	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times \text{FP} \times 1.732}{1000}$
kVA	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps}}{1000}$	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times 1.732}{1000}$
Amps (kVA desconhecido)	$\frac{\text{kW} \times 1000}{\text{Volts} \times \text{FP}}$	$\frac{\text{kW} \times 1000}{\text{Volts} \times \text{FP} \times 1.732}$
Amps (kW desconhecido)	$\frac{\text{kVA} \times 1000}{\text{Volts}}$	$\frac{\text{kVA} \times 1000}{\text{Volts} \times 1.732}$
Freqüência (Hertz)	$\frac{\text{No. de pólos} \times \text{rpm}}{120}$	$\frac{\text{No. de pólos} \times \text{rpm}}{120}$
Potência Reativa (kVAR)	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times \sqrt{1 - \text{FP}^2}}{1000}$	$\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times 1.732 \times \sqrt{1 - \text{FP}^2}}{1000}$
% Regulagem de Voltagem (para cargas estáveis, de Sem Carga a Carga Plena)	$\left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right) \times 100$	$\left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right) \times 100$
% Regulagem de Freqüência (para cargas estáveis, de Sem Carga a Carga Plena)	$\left(\frac{F_{NL} - F_{FL}}{F_{FL}} \right) \times 100$	$\left(\frac{F_{NL} - F_{FL}}{F_{FL}} \right) \times 100$
Potência necessária para acionar um gerador	$\frac{\text{kW}}{0.746 \times \text{Eficiência do Gerador}}$	$\frac{\text{kW}}{0.746 \times \text{Eficiência do Gerador}}$
Corrente de curto-circuito RMS do primeiro ciclo ($\pm 10\%$)	$\frac{\text{Ampères Nominais}}{\text{pu} \times X''d}$	$\frac{\text{Ampères Nominais}}{\text{pu} \times X''d}$

- “PF” significa fator de potência, que é expresso como uma fração decimal. Por exemplo, fator de potência de 80% = 0,8 para fins de cálculos. Em geral, grupos geradores monofásicos têm fator de potência nominal de 100% e grupos geradores trifásicos 80%.
- “Volts” significa a voltagem linha-linha.
- “Amps” significa a corrente linha-linha em ampères.
- “F” significa freqüência. A regulagem de freqüência 0% é definida como isocrônica.

E. Manutenção e Serviços

Um programa bem planejado de manutenção preventiva e serviços deve ser parte integral do projeto de sistema de geração de energia local. A falha de partida e funcionamento de um grupo gerador Standby pode resultar em acidentes graves e até morte, ferimentos pessoais, danos à propriedade e perdas econômicas. A falha de partida e funcionamento devido à carga baixa da bateria resultante de má manutenção é o tipo mais comum de falha. Um programa abrangente realizado regularmente por pessoas qualificadas pode evitar tais falhas e suas conseqüências. Os programas de manutenção e serviços que a maioria dos distribuidores de grupos geradores oferecem devem ser considerados em um contrato de manutenção. Normalmente, esses contratos incluem a realização de manutenção programada, reparos, reposição de peças e registro dos serviços.

A programação de manutenção de grupos geradores de energia Prime deve ser feita em função do tempo de funcionamento, segundo as recomendações do fabricante. Como os grupos geradores Standby operam ocasionalmente, a programação de manutenção deve ser feita em termos de tarefas diárias, semanais, mensais ou períodos mais longos. Siga as instruções do fabricante. Em qualquer caso, a programação de manutenção deve incluir:

Diariamente:

- Verifique se há vazamentos de óleo, líquido de arrefecimento e combustível.
- Verifique a operação dos aquecedores de líquido de arrefecimento do motor. Se o bloco não estiver aquecido, os aquecedores não estão funcionando e a partida do motor poderá não ocorrer.
- Verifique se a chave de comutação está na posição AUTO e se o disjuntor do gerador, se usado, está fechado.

Semanalmente:

- Verifique os níveis de óleo do motor e líquido de arrefecimento.
- Verifique o sistema de carga da bateria.

Mensalmente:

- Verifique se há restrições no filtro de ar.
- Exercite o grupo gerador dando a partida e operando-o pelo menos 30 minutos sob carga não inferior a 1/3 da carga nominal.

Verifique se há vibrações, ruídos e escape incomuns, vazamentos de combustível e de líquido de arrefecimento durante a operação do grupo gerador. (O exercício regular mantém lubrificados os componentes do motor, aumenta a confiabilidade da partida, impede a oxidação de contatos elétricos e consome o combustível antes de o mesmo deteriorar e precisar ser descartado.)

- Verifique se há restrições no radiador, vazamentos de líquido de arrefecimento, mangueiras deterioradas, correias do ventilador soltas e deterioradas, anteparos motorizados inoperantes e a concentração correta de aditivos do líquido de arrefecimento do motor.
- Verifique se há furos, vazamentos e conexões soltas no sistema de filtro de ar.
- Verifique o nível de combustível e a operação da bomba de transferência de combustível.
- Verifique se há vazamentos e restrições no sistema de escape e drene o bujão de condensação.
- Verifique se os medidores, indicadores e luzes funcionam corretamente.
- Verifique as conexões dos cabos e o nível do fluido da bateria e recarregue se a densidade específica for menor que 1.260.
- Verifique se há restrições de ventilação nas aberturas de entrada e saída do gerador.
- Certifique-se de que todas as ferramentas de serviço necessárias estejam disponíveis.

Semestralmente:

- Troque o(s) filtro(s) de óleo do motor.
- Troque o(s) filtro(s) do circuito de arrefecimento do líquido de arrefecimento.
- Limpe ou substitua o(s) filtro(s) de respiro do cárter. Troque o(s) filtro de combustível, drene os sedimentos dos tanques, verifique se as mangueiras flexíveis apresentam cortes e abrasões e verifique o tirante do governador.
- Troque o(s) filtro de combustível, drene os sedimentos dos tanques, verifique se as mangueiras flexíveis apresentam cortes e abrasões e verifique o tirante do governador.

- Verifique os controle elétricos e alarmes de segurança.
 - Remova o acúmulo de graxa, óleo e sujeira do grupo gerador.
 - Verifique a fiação de distribuição de energia, as conexões, disjuntores e comutadores de transferência.
 - Simule uma queda de energia da rede elétrica. Isto testará a capacidade de o grupo gerador dar a partida e assumir a carga nominal. Verifique a operação dos comutadores de transferência automática, chave de comutação e controles associados e todos os outros componentes do sistema de energia Standby.
- Limpe a caixa de saída e o quadro de controle do gerador. Verifique se há conectores soltos e aperte-os, se necessário. Meça e anote as resistências de isolamento dos enrolamentos do gerador. Verifique a operação das cintas do aquecedor do gerador e lubrifique os rolamentos.
 - Verifique o funcionamento do disjuntor principal do gerador (se usado) operando-o manualmente. Teste a unidade de rearme de acordo com as instruções do fabricante.
 - Se o exercício regular do grupo gerador for feito sem cargas ou com cargas leves, opere o gerador por pelo menos três horas, uma hora em operação sob carga com valor aproximado da carga nominal.

Anualmente:

- Verifique o cubo do ventilador, polias e bomba d'água.
 - Verifique o respiro do tanque diário.
 - Verifique e os parafusos do coletor de admissão e do turbocompressor e aperte se necessário.
 - Aperte as ferragens de montagem do grupo gerador.
- Faça testes de isolamento do grupo gerador anualmente por toda a vida útil do mesmo. Os teste iniciais feitos antes das conexões de cargas finais visam servir como uma referência para os testes anuais. Esses testes são obrigatórios para geradores com capacidade acima de 600 VAC. Consulte a Norma ANSI/IEEE 43, "*Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*" (Prática Recomendada para Testes de Resistência de Isolamento de Equipamentos Rotativos).

F. Normas e Padrões

Normas de Produtos Relacionados

As normas de desempenho aplicáveis a grupos geradores incluem:

- International Electrotechnical Committee: Standard for Rotating Electrical Machines, Part 1 (Rating and Performance), IEC 34-1.
- International Standards Organization: Standard for Reciprocating Internal Combustion Engine Driven Alternating Current Generator Sets, Parts 1 through 9, ISO 8528.
- National Electrical Manufacturer's Association: Standard for Motors and Generators, NEMA MG1-1.
- Canadian Standards Association, CSA 22, Canadian Electrical Code.

Na América do Norte, muitas questões de segurança (e ambientais) relacionadas a aplicações de grupos geradores são tratadas

pelas seguintes normas da National Fire Protection Association (NFPA):

- Flammable and Combustible Liquids Code - NFPA 30
- Stationary Combustion Engines and Gas Turbines - NFPA 37
- National Fuel Gas Code - NFPA 54
- Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gas - NFPA 58
- National Electrical Code - NFPA 70
- Health Care Facilities Code - NFPA 99
- Life Segurança Code - NFPA 101
- Emergency and Standby Power Systems - NFPA 110.

G. Glossário

Acionamento do Motor

Em aplicações de paralelismo, a menos que um grupo gerador seja desconectado do barramento quando há falha do motor (geralmente devido a um problema no sistema de combustível), o gerador acionará o motor, retirando energia do barramento. A proteção de reversão de energia, que desconecta automaticamente um grupo gerador em falha do barramento, é essencial para sistemas de paralelismo. Além disso, em certas aplicações como elevadores, a carga pode acionar o motor do grupo gerador se houver carga adicional insuficiente.

Alternador

Alternador é outro termo para gerador de CA.

Ampère

Ampère é uma unidade de fluxo de corrente elétrica. Um ampère é a intensidade de uma corrente elétrica que percorre uma resistência de um ohm sob um potencial de um volt.

Ângulo de Fase

Ângulo de fase refere-se à relação entre duas ondas senoidais que não passam pelo ponto zero no mesmo instante, como as fases de gerador trifásico. Considerando-se um ciclo completo de 360 graus, o ângulo de fase expressa a distância que as duas ondas encontram-se em relação a um ciclo completo.

Áreas Não-conformes

Áreas do país que consistentemente deixam de atender os padrões de qualidade do ar da Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA).

Aterramento

Aterramento é a conexão intencional do sistema elétrico ou do equipamento elétrico (gabinetes, conduítes, estruturas, etc.) à terra ou ao solo.

Auto-excitado

Um alternador cujo sistema de excitação retira energia de sua própria saída de CA principal.

Autoridade Competente

A autoridade competente é o indivíduo com a responsabilidade legal de inspecionar uma instalação e aprovar os equipamentos atestando que os mesmos atendem as normas e padrões aplicáveis.

Baixa Voltagem

No contexto deste manual, baixa voltagem refere-se às voltagens de operação de sistemas de CA entre 120 e 600 VAC.

Barramento

O barramento são as barras de cobre de transporte de corrente que conectam os geradores de CA e as cargas em um sistema de paralelismo com a saída em paralelo dos geradores de CA de um sistema, ou com um alimentador em um sistema de distribuição.

Campo

O campo do gerador (rotor) consiste de um eletroímã de vários pólos que induz voltagem de saída nas bobinas do induzido (estator) do gerador quando é girado pelo motor. O campo é energizado pela corrente contínua fornecida pelo excitador.

Campo Livre (Medições de Ruídos)

Nas medições de ruídos, um campo livre é um campo em um meio homogêneo, isotrópico (um meio que tem a qualidade de transmitir som igualmente em todas as direções) livre de fronteiras. Na prática, é um campo no qual os efeitos das fronteiras são desprezíveis na região de interesse. No campo livre, o nível de pressão do som diminui 6 dB cada vez que a distância é dobrada a partir de uma fonte pontual.

Capacidade de Corrente Admissível

É a capacidade, em ampères, de um condutor elétrico transportar corrente elétrica com segurança, conforme exigido por normas legais.

Capacidade Dielétrica

A capacidade dielétrica é a habilidade de o isolamento suportar voltagens sem romper.

Carga Básica

A carga básica é a parte constante da demanda de carga de um de um edifício. É a “base” da curva de demanda de um edifício.

Carga Contínua

Uma carga contínua é aquela que deve ter a corrente máxima continuamente por três horas ou mais (segundo a NEC para cálculos de projetos).

Carga de Pico

Carga de pico é o ponto mais alto na curva de demanda de quilowatt de uma instalação. Esta carga é usada como base para a medição de demanda da companhia fornecedora de energia.

Carga Não-linear

Uma carga não-linear é aquela para a qual a relação entre voltagem e corrente não é uma função linear. Algumas cargas não-lineares comuns são iluminação fluorescente, motores de partida SCR e sistemas UPS. As cargas não-lineares causam aquecimento anormal de condutores e distorção de voltagens.

Ciclo

Um ciclo é a reversão completa de uma corrente alternada ou voltagem – do zero, a um valor máximo positivo e de volta ao zero e, então, do zero a um valor máximo negativo e novamente ao zero (senóide). O número de ciclos por segundo é chamado “frequência”.

Circuito

Um circuito é um caminho percorrido por uma corrente elétrica submetida a uma voltagem.

Classificação de Sobrecarga

A classificação de sobrecarga de um dispositivo é o excesso de carga além da carga nominal que o dispositivo pode suportar durante um certo tempo sem ser danificado.

Compensação de Corrente Cruzada

Compensação de corrente cruzada é um método de controlar a potência reativa fornecida por geradores de CA em um sistema de paralelismo de modo que eles compartilhem igualmente a carga total reativa do barramento sem um corte significativo da voltagem.

Concessionária de Energia Elétrica

A concessionária de energia elétrica é a fonte de energia comercial que fornece energia elétrica a instalações específicas a partir de uma grande estação central de energia.

Conexão em Estrela

Uma conexão em estrela é um método de interconectar as fases de um sistema trifásico para formar uma configuração que lembra a letra Y. Um quarto fio (neutro) pode ser conectado ao ponto central.

Conexão em Triângulo

A conexão em triângulo é uma conexão trifásica na qual o início de cada fase está conectado ao final da próxima fase, formando a letra grega Δ (delta). As linhas de carga estão conectadas nos vértices do delta.

Contator

Um contator é um dispositivo para abrir e fechar um circuito elétrico.

Coordenação Seletiva

A coordenação seletiva é a aplicação seletiva de dispositivos de sobrecorrente de tal modo que as falhas de curto-circuito sejam eliminadas imediatamente pelo dispositivo no lado da linha da falha, e somente pelo dispositivo.

Corrente

Corrente é o fluxo de carga elétrica. Sua unidade de medida é o ampère.

Corrente Alternada (CA)

É a corrente elétrica que alterna entre um valor máximo positivo e um valor máximo negativo em

uma frequência característica, geralmente 50 ou 60 ciclos por segundo (Hertz).

Corrente Contínua (CC)

Corrente contínua é a corrente sem reversões em polaridade.

Corrente de Partida

O valor inicial da corrente utilizada por um motor quando sua partida ocorre a partir do repouso.

Curto-circuito

Em geral, um curto-circuito é uma conexão elétrica não pretendida entre componentes que transportam corrente.

Diagrama de Uma Linha

Um diagrama de uma linha é um diagrama esquemático de um sistema de distribuição de energia trifásico que usa uma linha para mostrar as três fases. Quando este desenho de leitura fácil é usado, assume-se que 1 linha representa 3.

Disjuntor

Um disjuntor é um dispositivo de proteção que interrompe automaticamente a corrente que flui por ele quando a mesma excede um certo valor durante um determinado período. Veja Disjuntor a Ar, Disjuntor Principal, Disjuntor de Carcaça Moldada e Disjuntor de Alimentação.

Disjuntor a Ar

Um disjuntor a ar interrompe automaticamente a corrente que passa por ele quando a corrente excede o valor nominal de desarme do disjuntor. O ar é o meio de isolamento elétrico entre as partes elétricas vivas e as partes metálicas aterradas. Veja também Disjuntor de Alimentação.

Disjuntor de Alimentação

A disjuntor de alimentação é um disjuntor cujos contatos são forçados a fechar por meio de um mecanismo acionado por molas, acima do centro para se obter um fechamento rápido (5 ciclos) e classificações altas de corrente de corte e de interrupção. Um disjuntor de alimentação pode ser de carcaça isolada ou um disjuntor a ar.

Disjuntor de Carcaça Moldada

Um disjuntor de carcaça moldada interrompe automaticamente a corrente que passa por ele quando a mesma excede um certo nível durante um determinado tempo. Carcaça moldada refere-se ao uso de plástico moldado como o meio de isolamento elétrico para conter os mecanismos e para separar superfícies condutoras entre eles e as partes metálicas aterradas.

Disjuntor Principal

Um disjuntor principal é um disjuntor na entrada ou na saída do barramento, através do qual toda a energia do barramento deve fluir. O disjuntor principal do gerador é o dispositivo, geralmente montado no grupo gerador, que pode ser usado

para interromper a saída de energia do grupo gerador.

Eficiência (EFF)

Eficiência é a relação entre a saída e a entrada de energia, como a relação entre a entrada de energia elétrica de um motor e a saída de energia mecânica no eixo do motor.

Elevação

Elevação refere-se à quantidade pela qual a voltagem ou frequência excedem o valor nominal à medida que o regulador de voltagem ou o governador respondem a mudanças de carga.

Energia

A energia ocorre na forma de eletricidade, calor, luz e a força capaz de realizar trabalho. Ela pode ser convertida de uma forma a outra, como em um grupo gerador, que converte a energia mecânica em energia elétrica. As unidades de energia são kW•hora, BTU (British Thermal Unit = Unidade Térmica Britânica), Hp•hora, pé•lbf, joule e caloria.

Enrolamentos de Amortecimento

Os enrolamentos de amortecimento de um gerador de CA síncrono são os condutores inseridos nas faces dos pólos do rotor. Eles são conectados entre si nas duas extremidades dos pólos através de anéis. Sua função é amortecer as oscilações da forma de onda durante as mudanças de carga.

Entrada de Serviço

A entrada de serviço é o ponto por onde o serviço da rede elétrica pública entra na instalação. Em sistemas de baixa voltagem, o neutro é aterrado na entrada de serviço.

Escala dB/dB(A)

A escala logarítmica de decibel (dB) usada em medições de níveis de sons. Os medidores de níveis de sons geralmente têm várias escalas de decibéis (A, B, C). A escala A, dB(A), é a mais comum para medir a intensidade de ruídos produzidos por grupos geradores.

Estator

O estator é a parte estacionária de um gerador ou motor. Veja Induzido.

Excitador

Excitador é um dispositivo que fornece corrente contínua (CC) às bobinas de campo de um gerador síncrono, produzindo o fluxo magnético necessário para induzir a voltagem de saída nas bobinas do induzido (estator). Veja Campo.

Faixa de Oitavas

Em medições de pressão do som (usando-se um analisador de faixa de oitavas), as faixas de oitavas são as oito divisões do espectro de frequência do som medido, onde a frequência mais alta de cada faixa é duas vezes maior que sua frequência mais baixa. As faixas de oitavas são especificadas por suas frequências de centro, geralmente: 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 Hz (ciclos por segundo).

Falha

Qualquer fluxo não pretendido de corrente fora do caminho do circuito pretendido em um sistema elétrico.

Fase

Fase refere-se aos enrolamentos de um gerador de CA. Em um gerador de três fases (trifásico) há três enrolamentos, geralmente designados por A-B-C, R-S-T ou U-V-W. As fases têm uma diferença de fase de 120 graus entre si. Isto é, os instantes nos quais as voltagens das três fases passam pelo ponto zero ou alcançam seus valores máximos estão separados em 120 graus, onde um ciclo completo é considerado 360 graus. Um gerador de uma fase (monofásico) tem um enrolamento somente.

Fator de Carga

O fator de carga é a relação entre a carga média e a classificação de potência do grupo gerador.

Fator de Demanda

O fator de demanda é a razão entre a carga atual e a carga total conectada à voltagem.

Fator de Desvio

É o desvio instantâneo máximo, em %, da voltagem do gerador de uma forma de onda senoidal real de mesmo valor RMS e frequência.

Fator de Influência Telefônica (TIF)

Os harmônicos mais altos de uma forma de onda de voltagem de um gerador podem causar efeitos indesejáveis nas comunicações telefônicas quando as linhas de energia estão em paralelo com as linhas telefônicas. O fator de influência telefônica é calculado pelo quadrado dos valores RMS das séries de harmônicos fundamental e não-tríplo, somando-os e então extraindo-se a raiz quadrada da soma. A razão entre este valor e o valor RMS da onda de voltagem sem carga é chamada TIF Equilibrado. A razão entre este valor e o valor RMS multiplicado por 3 da voltagem fase-neutro sem carga é chamada RIF de Componente Residual.

Fator de Potência (FP)

As indutâncias e capacitâncias em circuitos de CA fazem com que o ponto pelo qual a onda de voltagem passa pelo ponto zero seja diferente do ponto pelo qual a onda de corrente passa pelo ponto zero. Quando a onda de corrente precede a onda de voltagem, o resultado é um fator de potência adiantado, como no caso de cargas capacitivas ou motores síncronos superexcitados. Quando a onda de voltagem precede a onda de corrente, o resultado é um fator de potência atrasado. Geralmente, este é o caso. O fator de potência expressa a extensão na qual o zero da voltagem é diferente do zero da corrente. Com um ciclo completo de 360 graus, a diferença entre os pontos zero pode ser expressa como um ângulo. O fator de potência é calculado como o co-seno do ângulo entre os pontos zero e é expresso como fração decimal (0,8) ou como porcentagem (80%). É a razão entre kW e kVA. Em outras palavras: $kW = kVA \times FP$.

Fator de Potência Adiantado

O fator de potência adiantado em circuitos de CA (0.0 a -1.0) é causado por cargas capacitivas ou motores síncronos superexcitados que fazem a corrente adiantar-se em relação à voltagem. Veja Fator de Potência.

Fator de Potência Atrasado

O fator de potência atrasado em circuitos de CA (um fator de potência menor que 1.0) é causado por cargas indutivas, como motores e transformadores, que fazem a corrente atrasar em relação à voltagem. Veja Fator de Potência.

Fator de Serviço

O fator de serviço é um multiplicador que é aplicado à classificação de potência nominal de um motor para indicar um aumento na saída de energia (capacidade de sobrecarga) que o motor é capaz de fornecer sob certas condições.

Fora de Fase

Fora de fase refere-se correntes ou voltagens alternadas de mesma frequência que não passam por seus pontos zero ao mesmo tempo.

Frequência

Frequência é o número de ciclos completos por unidade de tempo de qualquer quantidade que varia periodicamente, como voltagem ou corrente alternada. É geralmente expressa em Hertz (Hz) ou ciclos por segundo (CPS).

Fusível Limitador de Corrente

Um fusível limitador de corrente é um dispositivo de acionamento rápido que, quando interrompe correntes em sua faixa de limitação, reduz significativamente a intensidade da corrente, geralmente em meio ciclo.

Gerador

Um gerador é uma máquina que converte energia mecânica rotativa em energia elétrica. Veja Gerador de CA.

Gerador de CA

Gerador de CA é o termo preferido para se referir a um gerador que produz corrente alternada (CA). Veja Alternador e Gerador.

Gerador de Ímã Permanente (PMG)

Um gerador de ímã permanente é um gerador cujo campo é um ímã permanente em vez de um eletroímã (campo induzido). Usado para gerar energia de excitação para alternadores excitados separadamente.

Governador

A governador é um dispositivo do motor que controla o combustível para manter uma rotação constante do motor sob várias condições de carga. O governador deve ser capaz de ajustar a rotação (frequência do gerador) e o corte de rotação (condição sem carga à condição de carga plena).

Harmônicos

Harmônicos são componentes de voltagem ou corrente que operam em múltiplos inteiros da frequência fundamental de um sistema de energia (50 ou 60 Hertz). As correntes de harmônicos produzem distorções na forma de onda de voltagem em relação à forma puramente senoidal.

Hertz (Hz)

O termo Hertz é a designação preferida para ciclos por segundo (CPS).

Induzido

O induzido de um gerador de CA é o conjunto de enrolamentos e partes de núcleo metálico na qual a voltagem de saída é induzida. É a parte estacionária (estator) de um gerador de campo rotativo.

Isolamento

O isolamento é um material não condutor usado para evitar fuga de corrente elétrica de um condutor. Existem várias classes de isolamento para a fabricação de geradores, cada uma reconhecida por sua temperatura máxima de serviço contínuo.

Jerk

Taxa de mudança da aceleração. Geralmente usada como medida do desempenho em sistemas de elevadores.

kVA (Quilo-Volt-Ampère)

kVA é um termo que classifica dispositivos elétricos. A classificação kVA de um dispositivo é igual ao produto entre sua saída nominal, em

ampères, e sua voltagem de operação nominal. No caso de grupos geradores trifásicos, kVA é a classificação de saída de kW dividida por 0,8, o fator de potência nominal. KVA é a soma vetorial da potência ativa (kW) e da potência reativa (kVAR) que flui num circuito.

kVAR (Quilo-Volt-Ampères Reativo)

KVAR é o produto entre a voltagem e a amperagem necessárias para excitar circuitos indutivos. Está associado à potência reativa que flui entre os enrolamentos de geradores em paralelo e entre enrolamentos de geradores e cargas que fornecem correntes magnetizadoras para a operação de transformadores, motores e outras cargas eletromagnéticas. A potência reativa não aplica carga sobre o motor do grupo gerador mas limita termicamente o gerador.

kW (Quilo-Watt)

KW é um termo usado para classificar a potência de dispositivos e equipamentos elétricos. Nos EUA, os grupos geradores são classificados em kW. KW, às vezes chamada de potência ativa, aplica cargas ao motor de um grupo gerador.

kWh (Quilo-Watt-hora)

É a unidade de energia elétrica. É equivalente a um kW de energia elétrica fornecida em uma hora.

Material Acústico

É qualquer material referido em termos de suas propriedades acústicas, especialmente sua capacidade de absorção ou redução de sons.

Medidor do Nível de Som

Um medidor do nível de som mede o nível de pressão de um som. O medidor possui várias escalas de decibel (dB) de frequência (A, B, C) para abranger várias partes da faixa de medição. Os medidores de níveis de som indicam o som RMS, exceto se as medições forem qualificadas como instantâneas ou de pico.

NEC (National Electrical Code)

Este documento é mais conhecido como padrão geral de eletricidade nos Estados Unidos.

NEMA

National Electrical Manufacturers Association (Associação de Fabricantes de Equipamentos Elétricos)

Neutro Aterrado

Um neutro aterrado é o ponto central de um gerador de 4 fios, conectado em Y (estrela), ou o ponto intermediário de um gerador monofásico, aterrados intencionalmente.

Neutro

Neutro refere-se ao ponto comum de um gerador de CA conectado em Y (estrela), um condutor conectado a esse ponto ou ao ponto de enrolamento intermediário de um gerador de CA monofásico.

NFPA

National Fire Protection Association (Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio)

Nível de Pressão de Som (SPL)

O nível de pressão de som refere-se à magnitude da diferença de pressão causada por uma onda sonora. O nível é expresso em uma escala de decibéis (A,B,C) em relação a algum padrão (geralmente 10 a 12 microbar).

O termo “pólo” também pode referir-se aos eletrodos de uma bateria ou ao número de fases servidas por um comutador ou disjuntor.

Ohm

Ohm é uma unidade de resistência elétrica. Um volt faz uma corrente de um ampère passar por uma resistência de um ohm.

Onda Senoidal

Uma onda senoidal é uma representação gráfica de uma função seno, onde os valores de seno (geralmente no eixo y) são plotados em função dos ângulos (eixo x) aos quais correspondem. As formas de onda de voltagens e correntes de CA aproximam-se de tal curva.

Operação em Paralelo

É a operação de duas ou mais fontes de energia CA cujos terminais de saída estão conectados a uma carga comum.

Oscilação

É um fenômeno que pode ocorrer com mudanças de cargas nas quais a frequência ou a voltagem continua a elevar acima e diminuir abaixo do valor desejado sem atingir um valor de alimentação estável. É causado por umidade insuficiente.

Partida Imediata

A partida imediata refere-se à partida de um sistema de energia com suas próprias fontes de energia, sem assistência de fontes externas de energia.

Passo

Passo é a razão do número de fendas de enrolamento do estator do gerador contidos em cada bobina e o número de fendas de enrolamento por pólo. É uma característica mecânica que o projetista do gerador pode usar para otimizar o custo do gerador em função da qualidade da forma de onda da voltagem.

Pico

Pico é uma elevação repentina de voltagem em um sistema, geralmente causada pela desconexão de cargas.

Pólo

“Pólo” é um termo usado quando se refere a ímãs, que são bipolares, isto é, têm dois pólos: Norte e Sul. Como os ímãs são bipolares, todos os geradores têm um número par de pólos. O número

de pólos determina a rotação do gerador para se obter a frequência especificada. Por exemplo, um gerador com um campo de 4 pólos deve ser operado a 1800 rpm para se obter uma frequência de 60 Hz (1500 rpm para 50 Hz).

Ponte de Desarme

Ponte de desarme é um recurso incorporado ao um disjuntor ou interruptor de fusível para permitir a abertura remota do disjuntor ou interruptor por um sinal elétrico.

Ponte de Excitação

Um alternador que usa uma parte de sua saída de CA para corrente de excitação.

Potência Aparente

Potência aparente é o produto da corrente pela voltagem, expressa como kVA. É a potência real (kW) dividida pelo fator de potência (FP).

Potência Ativa

É a potência real (kW) fornecida pelo grupo gerador à carga elétrica. A potência ativa cria uma carga no motor do grupo gerador e é limitada pela potência do motor e eficiência do gerador. A potência ativa é responsável pelo aquecimento, iluminação, giro de eixos do motor, etc.

Potência Real

A potência real é o produto da corrente, voltagem e fator de potência (o co-seno do ângulo pelo qual a corrente adianta-se ou atrasa-se em relação à voltagem) e é expressa como W (watts).

Potência Reativa

A potência reativa é o produto da corrente, voltagem e o seno do ângulo pelo qual a corrente adianta-se ou atrasa-se em relação à voltagem e é expressa como VAR (volts ampère-reativo).

Potência

Potência refere-se à taxa de realização de trabalho ou de gasto de energia. Geralmente, a potência mecânica é expressa em termos de cavalo-vapor (HP) e a potência elétrica em termos de quilowatt. Um kW é igual a 1,34 hp.

Proteção de Falha de Terra (GFP)

Um sistema de proteção de falha de terra visa limitar o dano aos equipamentos causados pelas correntes de falha entre a linha e o terra.

Proteção de Reserva

A proteção de reserva consiste de dispositivos de proteção que devem entrar em operação somente depois que outros dispositivos de proteção falharam em operar ou detectar falhas.

Queda de Voltagem

A queda de voltagem é a redução de voltagem que resulta quando uma carga é acrescentada, ocorrendo antes que o regulador possa corrigi-la, ou resultando da ação do regulador de voltagem para descarregar um gerador sobrecarregado.

Queda

Queda refere-se à quantidade pela qual a voltagem ou a frequência caem abaixo do valor nominal à medida que o regulador de voltagem ou governador respondem às mudanças de carga.

Rádio-interferência

Rádio-interferência refere-se à interferência na recepção de ondas de rádio causada por um grupo gerador.

Ramo

Um ramo é um enrolamento de fase de um gerador, ou um condutor de fase de um sistema de distribuição.

Reatância

Reatância é a resistência à passagem de corrente em circuitos de CA causada por indutâncias e capacitâncias. A reatância é expressa em termos de ohms e seu símbolo é X.

Recorte de Pico

Recorte de pico é o processo pelo qual as cargas em uma instalação são reduzidas durante um curto período para limitar sua demanda elétrica máxima e para evitar uma parte das cargas de demanda da rede elétrica local.

Rede Elétrica

Rede elétrica é o termo usado extensivamente fora dos EUA para descrever o serviço normal de energia elétrica (empresa fornecedora).

Regulador de Voltagem

Um regulador de voltagem é um dispositivo que mantém a saída de voltagem de um gerador próxima de seu valor nominal em resposta a mudanças nas condições de carga.

Regulagem de Frequência

A regulagem de frequência é uma medida que dá a diferença entre frequência sem carga e sob carga plena como porcentagem da frequência sob carga plena.

Regulagem de Voltagem

A regulagem de voltagem é uma medida que dá a diferença entre a voltagem máxima e mínima de alimentação estável como uma porcentagem da voltagem nominal.

Relé Diferencial

Um relé diferencial é um dispositivo de proteção alimentado por transformadores de corrente localizados em dois pontos de série diferentes no sistema elétrico. O relé diferencial compara as correntes e é acionado quando há uma diferença entre elas, o que significa uma falha na zona de proteção. Esses dispositivos são normalmente usados para proteger os enrolamentos em geradores ou transformadores.

Resistência

A resistência é a oposição à passagem de corrente em circuitos de CC. Ela é expressa em ohms e seu símbolo é R.

Retificador Controlado por Silício (SCR)

Um SCR é um dispositivo de contato permanente de três eletrodos que permite que a corrente flua somente em uma direção e apenas quando é aplicado um potencial adequado ao terceiro eletrodo, chamado “portão” (*gate*).

Retorno de Terra

Retorno de terra é um método de detecção de falha de terra que usa um único sensor (CT) ao redor da principal ponte de ligação entre o neutro do sistema de energia e o terra. Este dispositivo propriamente não é capaz de detectar o circuito defeituoso mas, quando usado com sensores de falha de terra nas conexões de alimentadores e fontes, pode fornecer proteção de falha de barramento quando coordenado (atrasado) corretamente.

RMS (Raiz Quadrada da Média dos Quadrados)

Os valores de RMS de uma quantidade medida como voltagem de CA, corrente e potência são considerados os valores “efetivos” das quantidades. Veja Watt.

Rotação de Fase

A rotação (ou seqüência) de fase descreve a ordem (A-B-C, R-S-T ou U-V-W) das voltagens de fase nos terminais de saída de um gerador trifásico. A rotação de fase de um grupo gerador deve corresponder à rotação de fase da fonte de energia normal da instalação e deve ser verificada antes da operação das cargas elétricas da instalação.

Rotor

Um rotor é o elemento rotativo de um motor ou gerador.

RPM

Revoluções Por Minuto

Separadamente Excitado

Um alternador cujo sistema de excitação retira sua energia de uma fonte separada (não sua própria saída).

Seqüência Zero

Seqüência zero é um método de detecção de falha de terra que usa um sensor (CT) que circunda todos os condutores de fase, além dos condutores de neutro. O sensor produz uma saída proporcional ao desequilíbrio da falha de terra no circuito. Esta saída é então medida por um relé para iniciar o acionamento do disjuntor ou alarme de falha de terra.

Sinalizador (Annunciator)

Um sinalizador é um dispositivo acessório usado para fornecer uma indicação remota do status de um componente operacional de um sistema. Os sinalizadores são normalmente usados em aplicações nas quais o equipamento monitorado não se encontra nas instalações servidas. A NFPA possui requisitos específicos para sinalizadores remotos usados em algumas aplicações, como hospitais.

Sincronização

Em aplicações de paralelismo, a sincronização é obtida quando um grupo gerador que assume a geração de energia tem a mesma freqüência, voltagem e seqüência de fase que a fonte de energia.

Sistema de Emergência

Um sistema de emergência é um equipamento independente de geração de energia exigido por lei para alimentar equipamentos ou sistemas cuja falha possa colocar em risco a vida e a segurança de pessoas ou de instalações.

Sistema Standby

Um sistema standby é um sistema independente de geração de energia que permite a continuidade de operação de uma instalação no evento de queda de energia da fonte normal.

Som

O som é considerado em termos de ondas de pressão sonora no ar (pressões superimpostas na pressão atmosférica) e a correspondente sensação “aural”. O som pode ser “estrutural”, isto é, transmitido através de um meio elástico sólido, mas é audível somente em pontos onde o meio sólido “irradia” as ondas de pressão para o ar.

Supressão de Rádio-interferência

A supressão de rádio-interferência refere-se ao método utilizado para reduzir rádio-interferências.

Supressor de Pico

Supressores de pico são dispositivos capazes de conduzir altas voltagens transientes. São usados para proteger outros dispositivos que poderiam ser destruídos pelas voltagens transientes.

Taxa Lenta

Taxa de mudança da freqüência.

Terminais

Terminais de conexão (terminações) nas extremidades dos fios.

Terra

Um terra é uma conexão, intencional ou acidental, entre um circuito elétrico e o solo (terra) ou outro corpo condutor que faz a função do solo.

Transformador

Um transformador é um dispositivo que muda a voltagem de uma fonte de CA de um valor para outro.

Transformador de Corrente (CT)

Transformadores de corrente são dispositivos usados juntamente com amperímetros, circuitos de controle e relés de proteção. Geralmente, eles têm secundários de 5 ampères.

Transição Suave

A transição suave é a transferência “conexão antes da queda” de uma carga elétrica de uma fonte para outra na qual os transientes de voltagem e frequência são mantidos a um mínimo.

Transição Suave de Carga

A transição suave de carga é à transferência de carga para/de um gerador feita gradualmente para minimizar os transientes de voltagem e frequência no sistema.

Tremulação (Cintilação)

Um termo que descreve o aumento ou redução visível de luzes resultantes de um pico de voltagem ou oscilação.

Volt

Volt é uma unidade de potencial elétrico. Um potencial de um volt fará uma corrente de um ampère percorrer uma resistência de um ohm.

Voltagem Linha-Linha

A voltagem linha-linha é a voltagem entre duas fases quaisquer de um gerador de CA.

Voltagem Linha-Neutro

Em um gerador trifásico, de 4 fios, conectado em Y (estrela), a voltagem linha-neutro é a voltagem entre uma fase e o neutro comum onde as três fases são conectadas.

Voltagem Média

No contexto deste manual, voltagem média refere-se às voltagens de operação de sistemas de CA entre 601 a 15.000 VAC.

Watt

Watt é uma unidade de potência elétrica. Em circuitos de corrente contínua (CC), a potência é igual à voltagem vezes a amperagem. Em circuitos de corrente alternada (CA), a potência é igual ao produto entre a voltagem efetiva (RMS), a amperagem efetiva (RMS), o fator de potência e uma constante que depende do número de fases. 1.000 watts é igual a um kW.

Zonas de Proteção

As zonas de proteção são áreas definidas em um sistema de distribuição que são protegidas por grupos específicos.

Índice de Fórmulas

Adicionando Níveis de Pressão de Som, **133**
Cálculos de Fluxo de Ar, **112**
Desequilíbrio Permitido de Carga Monofásica, **64**
Corrente de Curto-circuito Disponível, **70**
Cálculo da Altura da Fundação, **81**
Convertendo Reatâncias PU, **70**
Cálculos do Tamanho de Tubos de Arrefecimento, **107**
Efeito da Distância na Pressão do Som, **133**
Cálculo da Contrapressão de Escape, **89**

Corrente de Falha como Porcentagem da Classificação do Disjuntor, **72**
kW, kVA e PF, **33**
Corrente de Linha, **61**
Capacidade do Tanque de Combustível Propano, **128**
Água Necessária para o Trocador de Calor, **105**
Tamanho Necessário do Cabo da Bateria, **46**
Corrente de Carga Necessária da Bateria, **45**
Carga Sobre o Solo, **81**
Cálculo da Queda de Voltagem, **62**

Índice de Tabelas

Tabela 2-1. Classificação e Tipos de Sistemas, **10**
Tabela 2-2. Níveis Representativos de Ruídos Externos, **19**
Tabela 2-3. Emissões Típicas de Escape de Motores Diesel, **19**
Tabela 3-1. Fatores de Potência de Iluminação (Partida e Funcionamento), **23**
Tabela 3-2. Potência de Reatores, **23**
Tabela 3-3. Resumo da Inércia Rotativa, **24**
Tabela 3-4. Métodos e Características de Partida com Voltagem Reduzida, **26**
Tabela 3-5. Fatores de Multiplicação Correspondentes às Letras de Código, **26**
Tabela 3-6. Padrões para Motores Trifásicos: Códigos NEMA, EFF, SPF, RPF, **28**
Tabela 3-7. Padrões de Motores Monofásicos: Códigos NEMA, EFF, SPF, RPF, **29**
Tabela 3-8. Requisitos do Grupo Gerador para Aplicações de Imagens Médicas, **31**
Tabela 3-9. Tolerâncias Típicas de Voltagem e Frequência, **32**
Tabela 6-1. Áreas das Seções em Corte de Aberturas de Vários Diâmetros, **91**
Tabela 6-2. Comprimentos Equivalentes de Conexões de Tubos em Pés (Metros), **91**
Tabela 6-3. Comprimentos Equivalentes de Conexões de Tubos e Válvulas em Pés (Metros), **108**
Tabela 6-4. Pontos de Congelamento e Pontos de Ebulição vs. Concentração de Anticongelante, **110**
Tabela 6-5. Perdas de Calor a partir de Tubos de Escape e Silenciosos Não Isolados, **116**

Tabela 6-6. Especificações de Combustíveis Diesel, **118**
Tabela 6-7. Comprimento Equivalente dos Diâmetros Mínimos de Mangueiras e Tubos de Combustível, Até 15 Metros (50 Pés), **122**
Tabela 6-8. Porcentagens Máximas Permitidas para Inflamáveis no Combustível do Motor, **126**
Tabela 6-9. Porcentagens Máximas Permitidas de Constituintes de Gases Antes do Despotenciamento de Motores Turbocomprimidos, **126**
Tabela 6-10. Dimensionamento do Tubo de Ferro Schedule 40 para Gás Natural – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.2, **130**
Tabela 6-11. Dimensionamento de Tubo de Ferro Schedule 40 para Vapor de Propano – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.26, **130**
Tabela 6-12. Dimensionamento de Tubo de Ferro Schedule 40 para Propano Líquido – Capacidade Máxima do Tubo em Pés Cúbicos de Gás por Hora. As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo schedule 40 de ferro preto. As recomendações são baseadas na NFPA 54, Código Nacional de Combustíveis Gasosos, Tabela 9.25, **131**
Tabela 7-1. Comparação de Partida de Motor com Voltagem Reduzida, **159**

Índice de Figuras

- Figura 2-1. Diagrama Típico de Uma Linha de um Sistema de Distribuição Elétrica, **11**
- Figura 2-2. Classificação de Energia Standby, **13**
- Figura 2-3. Energia Prime de Funcionamento por Tempo Ilimitado, **13**
- Figura 2-4. Classificação de Energia Prime de Funcionamento por Tempo Limitado, **14**
- Figura 2-5. Energia de Carga Básica, **14**
- Figura 3-1. Queda de Voltagem em Aplicações Médicas de Diagnóstico por Imagem, **30**
- Figura 4-1. Seção Transversal de um Gerador de 4 Pólos, **35**
- Figura 4-2. Gerador Auto-excitado, **36**
- Figura 4-3. Gerador Excitado Separadamente (PMG), **37**
- Figura 4-4. Perfil Típico de Voltagem em Aplicação e Remoção de Carga, **38**
- Figura 4-5. Curvas Típicas de Saturação do Gerador, **39**
- Figura 4-6. Características de Resposta do Sistema de Excitação, **39**
- Figura 4-7. Queda de Voltagem Transiente, **40**
- Figura 4-8. Características Típicas de Partida do Motor Através da Linha, **41**
- Figura 4-9. Queda de Voltagem Sustentada, **42**
- Figura 4-10. Gráfico Típico NEMA de Gerador da Queda de Voltagem Transiente em função do kVA de Partida do Motor, **42**
- Figura 4-11. Resposta de Curto-circuito Simétrico Entre as Três Fases, **43**
- Figura 4-12. Capacidade de Curto-circuito, **43**
- Figura 4-13. Temperaturas Aproximadas dos Enrolamentos em Curto-circuito, **44**
- Figura 4-14. Conexões Típicas do Motor de Partida Elétrico, **46**
- Figura 4-15. Resistência vs. Comprimento para Vários Tamanhos de Cabos AWG, **47**
- Figura 4-16. Arranjo Típico de Tubulação para um Motor de Partida a Ar, **48**
- Figura 4-17. Painel de Interface do Controle a Dois Fios, **49**
- Figura 4-18. Painel de Interface do Controle Detector 12, **49**
- Figura 4-19. Sistema PowerCommand com Microprocessador, **49**
- Figura 4-20. PowerCommand Eletrônico com Plena Autoridade, **50**
- Figura 4-21. Instalação do Aquecedor na Jaqueta de Água. Note a Válvula de Isolamento do Aquecedor, o Tipo da Mangueira e o Percurso da Mangueira, **55**
- Figura 5-1. Fiação Típica de Controle e de Acessórios de um Grupo Gerador, **60**
- Figura 5-2. Amperagem do Alimentador, **61**
- Figura 5-3. Desbalanceamento Permitido para Carga Monofásica, **63**
- Figura 5-4. Curva Típica da Capacidade de Potência Reativa de um Alternador de Estado Sólido, **65**
- Figura 5-5. Diagramas de Uma Linha Típicos de Métodos Alternativos de Aterramento de Sistemas, **66**
- Figura 5-6. Sistema Típicos de Aterramento de Baixa Resistência para um Grupo Gerador de Voltagem Média e Equipamento de Transferência de Carga, **68**
- Figura 5-7. Sistema e Conexões de Aterramento Típicos nos Equipamentos da Concessionária de Energia Elétrica, **69**
- Figura 5-8. Efeito de Falha em um Disjuntor de 100 Ampères com Característica "A" de Desarme, **73**
- Figura 5-9. Efeito de Falha em um Disjuntor de 100 Ampères com Característica "B" de Desarme, **74**
- Figura 5-10. Curva Característica de Proteção AmpSentry™ do Controle PowerCommand® e Curva de Danos do Alternador, **77**
- Figura 5-11. Esquema Típico de Proteção, **78**
- Figura 6-1. Provisões Anti-Vibração para um Grupo Gerador Típico, **79**
- Figura 6-2. Fundação Típica de Isolamento de Vibrações, **81**
- Figura 6-3. Isolador de Vibração com Mola de Aço, **83**
- Figura 6-4. Grupo Gerador Montado com Isoladores de Vibração com Mola de Aço, **83**
- Figura 6-5. Características Típicas de um Sistema de Escape para um Gerador Instalado Dentro de um Edifício, **85**
- Figura 6-6. Sistema de Escape Típico, **86**
- Figura 6-7. Características do Sistema de Escape do Grupo Gerador, **87**
- Figura 6-8. Construção Típica de Ilhó para Instalações em Paredes Inflamáveis, **88**

- Figura 6-9. Um Sistema de Escape Simples Equipado com Proteção para Impedir que a Chuva Penetre no Escape, **88**
- Figura 6-10. Proteção Fabricada contra Chuva para Saída Vertical do Escape do Grupo Gerador, **89**
- Figura 6-11. Exemplo de Sistema de Escape para Cálculo, **90**
- Figura 6-12. Contrapressão no Silencioso vs. Velocidade do Gás em um Escape Típico, **92**
- Figura 6-13. Contrapressão de Escape em Diâmetros de Tubos com Valores Nominais em Polegadas (Metros), **93**
- Figura 6-14. Tipo de Desaeração do Tanque Superior do Radiador, **95**
- Figura 6-15. Arrefecimento do Radiador Montado na Fábrica, **95**
- Figura 6-16. Arrefecimento do Radiador Remoto (Sistema do Tipo Desaeração), **97**
- Figura 6-17. Radiador Remoto com Bomba de Arrefecimento Auxiliar e Tanque Auxiliar, **99**
- Figura 6-18. Radiador Remoto com “Hot Well” e Bomba de Arrefecimento Auxiliar, **101**
- Figura 6-19. Um Radiador Remoto Horizontal e Radiador Pós-arrefecido, **103**
- Figura 6-20. Arrefecimento com Trocador de Calor Montado na Fábrica, **104**
- Figura 6-21. Sistema com Dois Trocadores de Calor (com Arrefecedor Secundário Líquido-Ar), **106**
- Figura 6-22. Diagrama da Aplicação Representativa de Torre de Arrefecimento, **107**
- Figura 6-23. Perdas de Pressão por Fricção para Tubos de Diâmetros Nominais em Polegadas (Metros), **109**
- Figura 6-24. Sistema de Arrefecimento do Radiador Montado na Fábrica, **110**
- Figura 6-25. Temperatura Típica do Ar ao Redor de um Grupo Gerador, **112**
- Figura 6-26. Instrumentação Recomendada para Medir a Restrição do Fluxo de Ar, **114**
- Figura 6-27. Capacidade de Arrefecimento em Ambientes Elevados, **115**
- Figura 6-28. Ventilação para um Sistema de Arrefecimento com Trocador de Calor, **115**
- Figura 6-29. Sistema Típico de Suprimento de Combustível - Tanque de Suprimento Acima do Grupo Gerador, **119**
- Figura 6-30. Sistema Típico de Suprimento de Combustível - Tanque de Suprimento Abaixo do Grupo Gerador, **120**
- Figura 6-31. Sistema Típico de Combustível Gasoso, **127**
- Figura 6-32. Tamanho Mínimo do Tanque de LPG (50% Cheio) Necessário para Manter 5 psig na Taxa Específica de Retirada e Temperatura Mínima Esperada de Inverno, **129**
- Figura 6-33. Níveis de Ruídos Típicos, **132**
- Figura 6-34. Gráfico de Valores para a Adição de Níveis de Ruídos, **133**
- Figura 6-35. Redução na Intensidade com o Aumento da Distância (Campo Aberto), **134**
- Figura 7-1. Caixa de Diálogo GenSize – Parâmetros de Novo Projeto, **141**
- Figura 7-2. Janela de Projeto de Aplicação do GenSize, **151**
- Figura 7-3. Janela de Configuração do Grupo Gerador Recomendado, **154**
- Figura 7-4. Janela ‘Todos os Grupos Geradores’, **155**
- Figura 7-5 Relatório de Gerador Recomendado no Modo Visualização, **158**

Cummins Brasil Ltda
Rua Jati 310 - Cumbica
Guarulhos - São Paulo
CEP: 07180-900
Disque energia: 0800-701-4701
Fax: 11 55 2186 4729
site: www.cumminspower.com.br



**Power
Generation**