

Ponto de Entupimento e Operação em Baixas Temperaturas - CFPP, Parafinas e Aditivos Antigelo

Autor: Gilles Laurent Grimberg

Outubro - 2025

Resumo Executivo

A operação de motores a diesel em temperaturas baixas apresenta um desafio único: a cristalização de parafinas presentes no combustível. Quando a temperatura cai, essas parafinas se solidificam, formando cristais que podem entupir filtros e interromper o fluxo de combustível, causando a parada do motor. Este artigo explora os fenômenos relacionados ao comportamento do diesel em baixas temperaturas, os parâmetros de medição como o CFPP (Cold Filter Plugging Point), e as soluções disponíveis, incluindo aditivos antigelo e formulações especiais de diesel de inverno.

1. O Desafio das Baixas Temperaturas

O óleo diesel é uma mistura complexa de hidrocarbonetos com diferentes pesos moleculares. Entre esses componentes estão as parafinas (alcanos de cadeia longa), que são hidrocarbonetos saturados com cadeias lineares. Em temperaturas normais, as parafinas permanecem dissolvidas no diesel, mas quando a temperatura cai, elas começam a se cristalizar e se solidificar.

1.1. O Processo de Cristalização

À medida que a temperatura diminui, as moléculas de parafina perdem energia cinética e começam a se agrupar, formando cristais sólidos. Esses cristais têm uma estrutura em forma de agulhas ou placas e, inicialmente, são pequenos e dispersos. No entanto, conforme a temperatura continua a cair, os cristais crescem e se aglomeram, formando uma rede tridimensional que pode:

- Entupir os filtros de combustível: Os cristais são retidos pelo meio filtrante, bloqueando o fluxo de combustível.
- Gelificar o diesel: Em temperaturas muito baixas, o diesel pode se tornar uma massa gelatinosa ou até sólida, impossibilitando seu bombeamento.

2. Parâmetros de Medição

Existem três parâmetros principais usados para caracterizar o comportamento do diesel em baixas temperaturas:

2.1. Ponto de Névoa (Cloud Point)

O ponto de névoa é a temperatura na qual os primeiros cristais de parafina começam a se formar, tornando o diesel turvo ou "nebuloso". Esse é o primeiro sinal de que o combustível está começando a solidificar. No entanto, nessa temperatura, o diesel ainda pode fluir e passar pelos filtros.

2.2. Ponto de Fluidéz (Pour Point)

O ponto de fluidez é a temperatura mais baixa na qual o diesel ainda consegue fluir. Abaixo dessa temperatura, o combustível se torna uma massa sólida ou semi-sólida que não pode ser bombeada. O ponto de fluidez é sempre inferior ao ponto de névoa.

2.3. CFPP (Cold Filter Plugging Point)

O CFPP (Ponto de Entupimento de Filtro a Frio) é o parâmetro mais relevante para a operação prática de veículos. Ele representa a temperatura mais baixa na qual o diesel ainda consegue passar por um filtro padronizado sob condições de teste específicas (norma ASTM D6371 ou EN 116).

O CFPP é o indicador mais confiável da temperatura mínima de operação de um veículo, pois simula as condições reais de filtragem do combustível.

Parâmetro	O Que Mede	Relevância Prática
Ponto de Névoa	Início da cristalização	Alerta inicial, diesel ainda operável
Ponto de Fluidéz	Temperatura de solidificação total	Limite extremo, diesel não bombeável
CFPP	Temperatura de entupimento do filtro	Mais relevante - temperatura mínima de operação

Tabela 1: Parâmetros de comportamento do diesel em baixas temperaturas.

3. Especificações do CFPP no Brasil

A especificação brasileira do diesel (Resolução ANP Nº 968/2024) estabelece limites de CFPP que variam de acordo com a região geográfica e a época do ano, refletindo as diferentes condições climáticas do país.

3.1. Classificação por Região

O Brasil é dividido em regiões climáticas para fins de especificação do diesel:

- Região 1 (Norte e Nordeste): Climas quentes, CFPP máximo de 14°C.
- Região 2 (Centro-Oeste e Sudeste): Climas temperados, CFPP máximo de 12°C.
- Região 3 (Sul): Climas mais frios, CFPP máximo de 10°C.
- Região 4 (Sul - Inverno): Durante os meses de inverno (maio a setembro), o CFPP pode ser reduzido para até 5°C em áreas de maior altitude.

Essas especificações garantem que o diesel comercializado em cada região seja adequado às temperaturas mínimas esperadas.

4. Soluções para Operação em Baixas Temperaturas

4.1. Diesel de Inverno

Em regiões onde as temperaturas caem significativamente, as refinarias produzem diesel de inverno, que possui menor teor de parafinas pesadas. Isso é alcançado através de processos de refino que removem ou quebram as cadeias parafínicas longas, resultando em um combustível com ponto de névoa e CFPP mais baixos.

4.2. Aditivos Antigelo (Cold Flow Improvers)

Os aditivos antigelo (também chamados de melhoradores de fluxo a frio ou CFI - Cold Flow Improvers) são compostos químicos que modificam a estrutura dos cristais de parafina, impedindo que eles se aglomerem e entupam os filtros.

4.2.1. Como Funcionam os Aditivos Antigelo

Os aditivos antigelo não impedem a formação de cristais de parafina, mas modificam sua morfologia. Em vez de formar cristais grandes e em forma de agulhas que se entrelaçam, os cristais permanecem pequenos e dispersos, permitindo que o diesel continue a fluir através dos filtros.

Os aditivos mais comuns são:

- Copolímeros de Etileno-Acetato de Vinila (EVA): Muito eficazes e amplamente utilizados.
- Polimetacrilatos: Outra classe de polímeros usados para melhorar o fluxo a frio.

4.2.2. Dosagem e Eficácia

A dosagem típica de aditivos antigelo varia de 100 a 500 ppm. Esses aditivos podem reduzir o CFPP em até 10-15°C, dependendo da composição do diesel e da dosagem utilizada.

Importante: Os aditivos antigelo devem ser adicionados ao diesel antes que a temperatura caia abaixo do ponto de névoa. Uma vez que os cristais já se formaram, os aditivos são muito menos eficazes.

4.3. Mistura com Querosene

Uma prática comum, embora não recomendada oficialmente, é a mistura de querosene ao diesel. O querosene possui ponto de névoa muito mais baixo e, quando misturado ao diesel (geralmente em proporções de 10-20%), pode reduzir o CFPP. No entanto, essa prática pode afetar outras propriedades do diesel, como a lubrificidade e o número de cetano, e deve ser feita com cautela.

4.4. Aquecimento do Sistema de Combustível

Alguns veículos que operam em regiões muito frias são equipados com aquecedores de combustível instalados nas linhas de alimentação ou nos filtros. Esses aquecedores mantêm o diesel acima da temperatura crítica, impedindo a cristalização.

5. Boas Práticas para Operação em Climas Frios

- **Abastecer com Diesel Adequado:** Sempre utilize diesel especificado para a região e a época do ano.
- **Adicionar Aditivo Antigelo Preventivamente:** Se você planeja viajar para regiões mais frias, adicione o aditivo antes da viagem.
- **Manter o Tanque Cheio:** Um tanque cheio reduz a condensação de água, que pode congelar e agravar o problema.
- **Estacionar em Local Protegido:** Sempre que possível, estacione o veículo em garagens ou locais abrigados durante a noite.
- **Não Deixar o Veículo Parado por Longos Períodos:** Em climas muito frios, mantenha o motor funcionando periodicamente para evitar a gelificação do diesel no tanque.

6. Consequências do Entupimento por Parafinas

- Parada do Motor: O sintoma mais comum é a perda de potência seguida pela parada completa do motor devido à inanição de combustível.
- Dificuldade de Partida: Em temperaturas muito baixas, o motor pode não dar partida.
- Danos ao Sistema de Combustível: Tentativas de forçar a passagem do combustível gelificado podem danificar a bomba de combustível.

7. Conclusão

A operação de motores a diesel em temperaturas baixas exige atenção especial ao comportamento do combustível. A cristalização de parafinas é um fenômeno natural e inevitável, mas pode ser gerenciada com o uso de diesel adequado à região, aditivos antigelo e boas práticas operacionais. Compreender os parâmetros como o CFPP e saber quando e como usar aditivos antigelo são conhecimentos essenciais para evitar paradas não programadas e garantir a confiabilidade do equipamento em climas frios.