

Anexo F

Diretrizes do API para Testes de Graus de Viscosidade SAE para Motores

F.1 GERAL

Se um óleo for qualificado para as Diretrizes de Testes de Graus de Viscosidade SAE para óleos de motores de carros de passeio ou óleos de motores a diesel e a empresa patrocinadora quiser dispensar os testes, ela deve atender ao processo de registro, ao Código de Práticas para Aprovação de Produtos de Aditivos de Petróleo do Conselho de Química Americano³ e ao Procedimento de Avaliação de Múltiplos Testes para os testes de motor requeridos.

F.1.1 CRITÉRIOS DE VISCOSIDADE SAE

Os graus de viscosidade SAE constituem uma classificação para óleos lubrificantes de motores em termos reológicos apenas e se destinam ao uso por fabricantes de motores na determinação dos graus de viscosidade de óleos de motor a serem recomendados para uso em seus motores e por comerciantes de óleo na formulação e rotulagem de seus produtos.

Duas séries de graus de viscosidade são definidas na SAE J300: (a) os graus que contêm e os que não contêm a letra W. Os óleos monoviscosos (“monograus”) com a letra W são definidos pelas viscosidades máximas de partida a frio e bombeamento a baixas temperaturas e uma viscosidade cinemática mínima a 100°C. Os óleos monoviscosos sem a letra W são baseados em um conjunto de viscosidades cinemáticas mínimas e máximas a 100°C e um valor mínimo de alta temperatura/alto cisalhamento medido a 150°C e 1 milhão de segundos recíprocos (s^{-1}). Os óleos multiviscosos (“multigraus”) são definidos por todos os critérios a seguir:

- Máximas viscosidades de partida a frio e bombeamento a baixas temperaturas.
- Uma viscosidade cinemática a 100°C dentro da faixa prescrita de uma das classificações de graus sem a letra W.
- Uma viscosidade mínima de alta temperatura/alto cisalhamento a 150°C e 1 milhão de segundos recíprocos (s^{-1})

F.1.2 PRINCIPAIS ABREVIATURAS

- DI:** Detergente Inibidor
- IV:** Índice de Viscosidade
- MV:** Modificador de Viscosidade. Embora os modificadores de viscosidade (*viscosity modifiers* – VM) são frequentemente chamados de melhoradores de viscosidade (*viscosity improvers* -VI) em inglês, este Anexo utilizará rigorosamente “MV” para evitar ambiguidades em relação a “Índice de Viscosidade” que, em inglês, é IV.

F.1.3 DIRETRIZES DE ANALOGIA DE GRAUS DE VISCOSIDADE

Em certas situações, os dados gerados a partir de um grau de viscosidade de uma determinada formulação de óleo de motor podem ser extrapolados para outro grau de viscosidade que usa a mesma tecnologia de aditivo por meio de uma prática comumente conhecida como analogia (*read-across*). (Ver Tabelas F-1 a F-20).

Estas Diretrizes de Testes de Graus de Viscosidade para Motores podem ser usadas para executar um programa de testes usando o grau de viscosidade mais severo para cada teste individual para os graus sendo licenciados. Os testes de motores devem ser registrados usando-se o Código de Práticas do ACC. Não são permitidos dados substitutos ou de analogia para análises físico-químicas ou para testes de bancada (exceto conforme permitido em F.1.3 e F.4), ou seja, todas as análises físico-químicas especificadas devem ser realizadas na formulação final. Recomenda-se que sejam enviadas mudanças propostas para as tabelas de analogia ou F.1.4 ao Presidente da

Força-Tarefa do API para Intercâmbio de Óleos Básicos (BOI)/ Analogia de Grau de Viscosidade (VGRA) ou ao API. A proposta deve incluir uma justificativa e dados que justifiquem tal mudança.

As propriedades dos óleos básicos usados no desenvolvimento das diretrizes de BOI e VGRA, para certos óleos de motores de carros de passeio e óleos de motores para serviços pesados, são indicadas no Anexo E, Tabelas E-3 e E-18, respectivamente. Tais valores são fornecidos apenas para fins informativos e não representam qualquer limitação quanto à interpretação destas diretrizes.

F.1.4 PRINCÍPIOS PARA GRAUS DE VISCOSIDADE NÃO ABRANGIDOS

As Tabelas F-2 a F-21 indicam quando uma analogia (*read across*) de grau de viscosidade é permitida (X) e quando não é permitida (—). Para graus de viscosidade não incluídos nessas tabelas, a analogia é permitida para certos testes se os graus de viscosidade atenderem a todos os princípios técnicos aplicáveis descritos na Tabela F-1 (A e B). A analogia para graus de viscosidade não abrangidos pelas Tabelas F-1 a F-21 só é permitida depois que a Força-Tarefa de BOI/VGRA do API avaliar a justificativa e os dados fundamentando a mudança nas tabelas e recomendá-la para o Grupo de Normas de Lubrificantes do API e este aprová-la. As marcas de verificação na Tabela F-1 indicam que princípios técnicos se aplicam a um teste específico. O parágrafo F.1.5 dá exemplos de como aplicar esses princípios técnicos a novos graus de viscosidade.

Tabela F-1A— Princípios Técnicos para Novos Graus de Viscosidade e Analogias
(Aplicável a óleos com HTHS a 150°C ≥ 2,6 mPa•s)

| | Óleos de Motores de Carros de Passeio | IID | L-38/ VIII | IIIE/ IIIF/ IIIG | IIIGA Nota 2 | IIIGB | IVA | VE | VG | VIA/ VIB/ VID/ VIE |
|---|---|-----|---------------|------------------------|-----------------|-------|-----|-------------|-------------|-----------------------------|
| A | Teor de detergente (dispersante)-inibidor (DI) do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior ao do grau de viscosidade original. O aumento no DI se limita ao máximo permitido pelo Código de Práticas do ACC | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | Nota 3 |
| B | A viscosidade cinemática da mistura de componentes básicos (<i>base stocks</i>) a 100°C do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior à do grau de viscosidade original, considerando a precisão do método de teste. | NA | NA | ✓ | ✓ | NA | ✓ | ✓ | NA | Nota 3 |
| C | O teor de Modificador de Viscosidade (MV) do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou inferior ao grau de viscosidade original | NA | NA | Nota 4 | Nota 4 | NA | ✓ | ✓ ou Nota 5 | ✓ ou Nota 5 | Nota 3 |

Notas da Tabela F-1A:

1. ✓ = o princípio é aplicável; NA = não aplicável.
2. Os princípios técnicos para a Sequência IIIGA se limitam aos multigrados 0W, 5W e 10W.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas podem apenas ser adicionados após uma avaliação pela força-tarefa de BOI/VGRA do API e aprovação pelo Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
4. O teor de modificador de viscosidade não deve ser superior a 1,5 vezes o do óleo em que o teste foi realizado.
5. Para MV do tipo dispersante, o teor de MV do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior ao do grau de viscosidade original.
6. Os graus de viscosidade por analogia devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada se um componente básico do Grupo V for usado no grau de viscosidade original.

Tabela F-1B—Princípios Técnicos para Novos Graus de Viscosidade e Analogia

(Se aplica a óleos com HTHS a 150°C ≥ 2,3 mPa·s)

| | Óleos de Motores de Carros de Passeio | IIIIH | IIIIHB | IVB | VH | X |
|---|---|-------|--------|-------------|-------------|--------|
| A | O teor de detergente (dispersante)-inibidor (DI) do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior ao do grau de viscosidade original. O aumento no DI se limita ao máximo permitido pelo Código de Práticas do ACC. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| B | A viscosidade cinemática da mistura de componente básico a 100°C do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior à do grau de viscosidade original, considerando a precisão do método de teste | ✓ | NA | ✓ | ✓ | NA |
| C | O teor de Modificador de Viscosidade (MV) do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou inferior ao do grau de viscosidade original | ✓ | NA | NA e Nota 3 | ✓ ou Nota 4 | Nota 5 |

Notas da Tabela F-1B

- ✓ = o princípio é aplicável; NA = não aplicável.
- Novos graus de viscosidade e analogias associadas podem apenas ser adicionados após uma avaliação pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e aprovação pelo Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
- Determinou-se que o nível de tratamento com modificador de viscosidade relativa não é um fator estatisticamente significativo que afete o desempenho da Sequência IVB. A faixa de níveis de tratamento do Modificador de Viscosidade (MV) relativa avaliados na matriz de BOI/VGRA foi 1,0x a 1,7x.
- Para MV do tipo dispersante, o teor de MV do grau de viscosidade por analogia deve ser igual ou superior ao do grau de viscosidade original.
- O teor de modificador de viscosidade não deve ser superior a 2,5 vezes o do óleo em que o teste foi realizado, pois essa foi a faixa de MV testada na matriz de BOI/VGRA.
- Os graus de viscosidade por analogia devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada se um componente básico do Grupo V for usado no grau de viscosidade original.

F.1.5 EXEMPLOS USANDO TABELAS E PRINCÍPIOS TÉCNICOS PARA VGRA

F.1.5.1 Geral

Analogias de ou para os graus de viscosidade não mostrados nas tabelas são permitidas, desde que sejam cumpridos os requisitos em F.1.4. Se os requisitos não forem atendidos, a analogia não será permitida. São apresentados a seguir exemplos de como F.1.4 pode ser aplicado.

F.1.5.2 Exemplo 1

Nesse exemplo, um teste de Sequência IIIE é realizado em um grau de viscosidade essencial SAE 0W-30 [ou seja, grau de viscosidade testado]. Quais outros graus de viscosidade podem ser abrangidos pela analogia (*read-across*) a partir do SAE 0W-30 testado? Para responder a essa pergunta, siga as seguintes etapas:

Etapa 1: Determine se o requisito “a” na Tabela F-1 é atendido para todos os graus de viscosidade de analogia desejados. Para isso, é necessário manter o DI constante, ou, se for mais alto, em conformidade com o Código de Práticas do ACC. Como um SAE 0W-30 provavelmente está misturado com uma parte ou todos os componentes básicos do Grupo III ou Grupo IV, muitos dos graus de viscosidade mais altos provavelmente não fariam parte dessa linha de produtos. Os graus de viscosidade mais altos, se comercializados, poderiam apresentar um diferente DI e/ou conjunto de componentes básicos.

Etapa 2: Para os graus de viscosidade de analogia (ou seja, aqueles para os quais se está fazendo a analogia) de interesse na Tabela F-5, determine se ambos os requisitos para “B” e “C” na Tabela F-1 podem ser atendidos ao mesmo tempo. Para isso, é preciso ter uma viscosidade de mistura de componente básico igual ou superior e um teor de MV nos multigrados para os quais está sendo feita a analogia que seja, no máximo, 1,5 vezes maior do que no SAE 0W-30. Há alguns graus que certamente atenderão “b” e “c”, e alguns em que isso dependerá da forma como a mistura é feita. Algumas tentativas de misturas talvez precisem ser feitas. Decida se há monogrados desejados ou viáveis considerando os componentes básicos usados na formulação essencial.

Etapa 3: Para graus de viscosidade que você queira abranger por analogia, mas que não são mostrados na Tabela F-5, siga as instruções para “b” e “c” descritas na Etapa 2.

Etapa 4: Determine que graus de viscosidade atendem aos requisitos da Tabela F-1 “a,” “b” e “c”. Tais graus são abrangidos pela analogia de grau de viscosidade. Os graus que não atendem a todos esses requisitos não são abrangidos pela analogia.

Nota: O comerciante de uma formulação tem a responsabilidade final de assegurar que o produto cumpra os requisitos do API.

F.1.5.3 Exemplo 2

Nesse exemplo, um SAE 5W-30 misturado com os componentes básicos do Grupo IV e um MV não dispersante passaram em um teste de VE. Um comerciante deseja fazer a analogia (*read-across*) desse teste para um grau SAE 5W-40, que não está incluído na Tabela F-10. Como esse grau não está incluído nessa tabela, devem ser consultados “A,” “B” e “C” na Tabela F-1. É provável que o teor de DI do SAE 5W-40 seria equivalente ou superior a SAE 5W-30, portanto o requisito “A” seria atendido. No entanto, “B” e “C” provavelmente não podem ser atendidos. Um óleo SAE 5W-40 normalmente não teria uma viscosidade cinemática de mistura de componente básico mais alta a 100°C do que um óleo SAE 5W-30, e uma quantidade maior de MV não-dispersante seria necessária em um óleo SAE 5W-40. Sendo assim, essa analogia não é permitida.

F.2 REQUISITOS DE VGRA PARA ÓLEOS DE MOTOR DE CARROS DE PASSEIO

F.2.1 GERAL

Para Óleos de Motores de Carros de Passeio, a qualificação para a Analogia de Grau de Viscosidade (*Viscosity Grade Read Across*) requer que os critérios detalhados em F.2.1.1 a F.2.1.4 sejam atendidos.

F.2.1.1 Misturas devem usar apenas os componentes básicos (*base stocks*) conforme definido no Anexo E.

F.2.1.2 Os óleos básicos introduzidos de outros fabricantes devem ser testados em conformidade com o Anexo E.

F.2.1.3 A mesma parte do detergente-(dispersante) inibidor (DI) do pacote de aditivo de desempenho total deve ser usada em concentrações iguais ou superiores para graus de viscosidade alternativos. O aumento no DI se limita ao permitido no Código de Práticas do ACC. Os níveis de modificador de viscosidade, inibidor de espuma e redutor de ponto de fluidez podem ser ajustados para graus de viscosidade alternativos, em conformidade com o Código de Práticas do ACC.

F.2.1.4 Devem ser seguidas as práticas de teste do Código de Práticas do ACC e do Procedimento de Avaliação de Múltiplos Testes.

F.2.2 TABELAS DE ANALOGIA PARA TESTES DE MOTOR POR GRAU DE VISCOSIDADE PARA ÓLEOS DE MOTOR DE CARROS DE PASSEIO.

Nota: Os fabricantes de motores podem não recomendar todos os graus de viscosidade mostrados nas Tabelas F-2 a F-17 para um tipo específico de motor.

Tabela F-2— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Testes de L-38/Sequência VIII

| Teste feito em | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 |
|----------------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|
| 5W-20 | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 10W-40 | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-40 | — | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | — | — | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | X | X | X | NA | X | X | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | X | X | X | NA | X | X | X |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-2:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que os requisitos descritos em F.1.4 sejam atendidos.
4. As formulações testadas contendo os componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade igual do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.
5. A analogia na Tabela F-2 se aplica apenas à perda de peso do mancal e ao verniz no pistão.
6. Todos os graus multiviscosos devem atender aos requisitos da Tabela F-3.

Os dados que servem de base para o desempenho de permanência no mesmo grau devem ser mantidos pelo licenciado para as Categorias de Serviço do API e as especificações do ILSAC ativas. Pode-se usar o CRC L-38/Sequência VIII ou ASTM D6278 (30 ciclos) para fundamentar os requisitos de permanência no mesmo grau onde os limites são relacionados na Tabela F-3.

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Tabela F-3— Requisitos de Permanência no Grau de Testes de CRC L-38/Sequência VIII

| Grau de Viscosidade | Viscosidade Cinemática com Ciclo de 10 h do L-38/Sequência VIII 100°C (mm ² /s), mín | ASTM D6278 (30 Ciclos) Viscosidade Cinemática a 100°C (mm ² /s), mín |
|---------------------|---|---|
| XW-16 | 6,1 | 5,8 |
| XW-20 | 6,9 | 6,5 |
| XW-30 | 9,3 | 8,5 |
| XW-40 | 12,5 | 11,5 |
| XW-50 | 16,3 | 15,0 |
| XW-60 | 21,9 | 19,8 |

Tabela F-4 — Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência IID

| Teste feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|----|
| | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 | |
| 5W-20 | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | — | — |
| 10W-30 | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 10W-40 | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 15W-40 | — | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | — | — | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X | — |
| 20W-40 | — | — | — | — | X | X | X | X | NA | X | X | X | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | X | X | X | X | NA | X | X | X | X |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | X | — | — | NA | X | X | — |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X | NA | X | — |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-4:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que os requisitos descritos em F.1.4 sejam atendidos.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Tabela F-5— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Testes de Sequência IIIE/IIIF/IIIG/IIIGB

| Teste feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|----|
| | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 | |
| 5W-20 | NA | — | X | X | — | — | — | X | X | X | X | X | X | — |
| 5W-30 | X ^a | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | X | — |
| 10W-30 | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 10W-40 | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 15W-40 | — | — | — | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 15W-50 | — | — | — | — | — | X | NA | — | X | X | X | X | X | — |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X | — |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | — | — | X | NA | X | X | X | X | — |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | X | NA | X | X | X | — |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X | — |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | — |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-5:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API. O teor de modificador de viscosidade não deve ser 1,5 vezes maior que o teor de modificador de viscosidade no óleo em que o teste foi realizado.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que os requisitos descritos em F.1.4 sejam atendidos.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

API 1509

^a A analogia de 5W-30 para 5W-20 se aplica apenas à Sequência IIIF/IIIG/IIIGB.

Tabela F-6— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência IIIF

Pode ser feita a analogia para:

| Teste Feito em | 0W-16 | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | SAE 30 | SAE 40 | SAE 50 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0W-16 | NA | -- | -- | X | -- | X | X | -- | -- | -- | X | X | -- | X | X | X |
| 0W-20 | X | NA | -- | X | -- | X | X | -- | -- | -- | X | X | X | X | X | X |
| 0W-30 | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | -- | X | X | X | X | X | X |
| 5W-20 | -- | -- | -- | NA | -- | -- | X | -- | -- | -- | X | X | -- | X | X | X |
| 5W-30 | -- | -- | -- | X | NA | -- | X | X | X | -- | X | X | X | X | X | X |
| 10W | -- | -- | -- | -- | -- | NA | -- | -- | -- | -- | X | -- | -- | X | X | X |
| 10W-30 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | -- | -- | -- | X | X | X | X | X | X |
| 10W-40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | X | NA | X | -- | X | X | X | X | X | X |
| 15W-40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | -- | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | X | NA | X | X | X | X | X | X |
| 20W | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | -- | -- | X | X | X |
| 20W-40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | -- | -- | X | X |
| 20W-50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | X | NA | -- | X | X |
| 30 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | X | X |
| 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA | X |
| 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | NA |

Notas da Tabela F-6:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API. O teor de modificador de viscosidade não deve ser maior que o do óleo testado; exceto para a leitura de 5W-30 a 10W-40, o teor de modificador de viscosidade deve ser mais de **1,5x** que o do óleo testado.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.3.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Tabela F-7— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Sequência IIIGA

Pode ser feita a analogia para:

| Teste Feito em | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 |
|----------------|-------|-------|-----|--------|--------|
| 5W-20 | NA | — | X | X | — |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | X | NA | X |
| 10W-40 | — | — | X | X | NA |

Notas da Tabela F-7:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API. O teor de modificador de viscosidade não deve ser maior que 1,5 vezes o do óleo em que o teste foi realizado.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Tabela F-8— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência IVA

Pode ser feita a analogia para:

| Teste Feito em | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 |
|----------------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|----------------|----------------|----|----|----|
| 5W-20 | NA | — | X | X | — | — | — | X | X ^a | X ^a | X | X | X |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | — | NA | — | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 10W-40 | — | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-40 | — | — | — | X | — | NA | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | X | X | X | X |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | X | — | — | NA | X | X | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X | X |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela :

1. X = A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabado para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

^a A analogia é permitida se forem atendidos os requisitos em F.1.4.

API 1509

Tabela F-9— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Modificador de Viscosidade Não-Dispersante do Teste de Sequência IVB

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 0W-16 | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 20W-50 |
| 0W-16 | NA | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 0W-20 | X | NA | X | X | X | X | X | X | X |
| 0W-30 | X | X | NA | X | X | X | X | X | X |
| 5W-20 | — | — | — | NA | X | X | X | X | X |
| 5W-30 | — | — | — | X | NA | X | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | — | — | — | NA | X | X | X |
| 10W-40 | — | — | — | — | — | X | NA | X | X |
| 15W-40 | — | — | — | — | — | — | — | NA | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-9:

1. X = A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Determinou-se que o nível da concentração de modificador de viscosidade relativa não é um fator estatisticamente significativo que afete o desempenho da Sequência IVB. A faixa de níveis de concentração de modificador de viscosidade relativa avaliada na matriz de BOI/VGRA foi 1,0x a 1,7x.
4. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
5. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Tabela F-10— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Modificador de Viscosidade Não-Dispersante do Teste de Sequência VE/VG

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|
| | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 |
| 5W-20 | NA | — | X | X | — | — | — | X | — | — | X | X | — |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | — |
| 10W-30 | — | — | — | NA | — | X | — | X | X | X | X | X | — |
| 10W-40 | — | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | — |
| 15W-40 | — | — | — | X | — | NA | X | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | X | X | X | X |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | X | — | — | NA | X | X | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X | X |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-10:

1. X = A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Tabela F-11— Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Modificador de Viscosidade Dispersante do Teste de Sequência VE/VG ^a

| Teste em | Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|---------------------------------|-------|----------------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|
| | | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 |
| 5W-20 | NA | X | — | X | X | X | X | — | X | X | — | — | — | |
| 5W-30 | — | NA | — | X ^b | X | X | X | — | X | X | — | — | — | |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | X | — | — | X | X | — | |
| 10W-30 | — | — | — | NA | X | X | X | — | X | X | — | — | — | |
| 10W-40 | — | — | — | X | NA | X | X | — | X | X | — | — | — | |
| 15W-40 | — | — | — | X | X | NA | X | — | X | X | — | — | — | |
| 15W-50 | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | X | — | — | — | |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X | X | |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | X | X | — | NA | X | — | — | — | |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | X | — | — | NA | — | — | — | |
| 30 | — | — | — | — | — | X | X | — | X | X | NA | X | X | |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | |

Notas da Tabela:

1. X= A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Tabela F-12 — Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Modificador de Viscosidade Não Dispersante do Teste de Sequência VH

| Teste em | Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|
| | | 0W-16 | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 |
| 0W-16 | NA | — | — | X | — | X | X | — | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 0W-20 | X | NA | — | X | X | X | X | — | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 0W-30 | X | X | NA | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 5W-20 | — | — | — | NA | — | X | X | — | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 5W-30 | — | — | — | X | NA | X | X | X | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 10W | — | — | — | — | — | NA | — | — | — | — | X | X | X | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 10W-40 | — | — | — | — | — | — | X | NA | X | — | X | X | X | X | X | X |
| 15W-40 | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | X | X | X | X | X |
| 15W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | X | NA | X | X | X | X | X | X |
| 20W | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | — | X | X | X |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | — | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | — | X | X |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X | X |
| 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA | X |
| 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NA |

Notas da Tabela F-12:

1. X= A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
4. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Tabela F-13— Analogia de Grau de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência VID

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | 0W-20 | 5W-20 | 0W-30 | 5W-30 | 10W-30 | 0W-40 | 5W-40 | 10W-40 |
| 0W-20 | NA | X1 | - | - | - | - | - | - |
| 5W-20 | X1 | NA | - | - | - | - | - | - |
| 0W-30 | X2 | X2 | NA | X1 | X1 | - | - | - |
| 5W-30 | X2 | X2 | X1 | NA | X1 | - | - | - |
| 10W-30 | X2 | X2 | X2 | X2 | NA | X1 | X1 | X1 |
| 0W-40 | - | - | - | - | X1 | NA | X1 | X1 |
| 5W-40 | - | - | - | - | X1 | X1 | NA | X1 |
| 10W-40 | - | - | - | - | X1 | X1 | X1 | NA |

Notas da Tabela F-13:

1. X1 = VGRA é permitida se HTHS a 100°C (D6616) do óleo candidato for igual ou inferior ao óleo testado original OU se HTHS a 100°C (D6616) do óleo candidato atender às condições das equações mostradas abaixo.
2. X2 = VGRA é permitida se o óleo testado original atender aos requisitos de Soma de FEI e limite de FEI2 para o grau de viscosidade de analogia e o HTHS a 100°C (D6616) do óleo candidato for igual ou inferior ao do óleo testado original.

Equações para a Tabela F-13

Não são necessários testes se ambas as equações forem verdadeiras:

$$H_{\text{Candidato}} \leq H_{\text{Original}} + \{(FEI_{\text{SomaLimite}} - FEI_{\text{SomaOriginal}}) / -0,485\} + (H_{\text{Original}} * R)$$

$$H_{\text{Candidato}} \leq H_{\text{Original}} + \{(FEI2_{\text{Limite}} - FEI2_{\text{Original}}) / -0,227\} + (H_{\text{Original}} * R)$$

Onde:

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| $H_{\text{Candidato}}$ | = | HTHS a 100°C do óleo candidato, conforme medido pela ASTM D6616 |
| H_{Original} | = | HTHS a 100°C do óleo testado original, conforme medido pela ASTM D6616 |
| $FEI_{\text{SomaLimite}}$ | = | Limite para passar da soma de FEI para o grau de viscosidade original testado |
| $FEI_{\text{SomaOriginal}}$ | = | Resultado da soma de FEI ($FEI1_{\text{Original}} + FEI2_{\text{Original}}$) do óleo testado original |
| -0,485 | = | Coefficiente da soma de FEI do modelo de matriz da indústria para a Sequência VID |
| $FEI2_{\text{Limite}}$ | = | Limite para passar do FEI2 para o grau de viscosidade testado original |
| $FEI2_{\text{Original}}$ | = | Resultado do FEI2 do óleo testado original |
| -0,227 | = | Coefficiente de FEI2 do modelo da matriz da indústria para a Sequência VID |

Notas:

| | | |
|---|---|--|
| R | = | reprodutibilidade conforme informada na mais recente versão da ASTM D6616. |
|---|---|--|

A faixa de HTHS a 100°C usada para desenvolver o modelo de matriz da indústria para a Sequência VID foi 5,44 a 7,68 cP (5,25 a 7,95 cP quando é dada tolerância para a reprodutibilidade da D6616). Essa informação é apenas para fins de referência. Ela não restringe a aplicação das diretrizes pelo comerciante responsável por garantir que cada óleo de motor licenciado satisfaça todos os requisitos de desempenho de testes de motor e bancada.

Exemplo 1: (Esse exemplo ilustra a aplicação da nota de rodapé X1 - Analogia para outro grau de viscosidade nos mesmos limites da Sequência VID, mas onde HTHS a 100°C do óleo candidato é menor ou igual ao do óleo testado original.)

Supondo-se um óleo 0W-20 que passa no teste com HTHS a 100°C de 5,71 cP, pode-se fazer a analogia desse óleo para um óleo 5W-20 com HTHS a 100°C de 5,71 cP? A resposta é afirmativa, pois os valores de HTHS a 100°C são iguais.

Exemplo 2: (Esse exemplo ilustra a aplicação da nota de rodapé X1 - Analogia para outro grau de viscosidade nos mesmos limites da Sequência VID, mas onde HTHS a 100°C do óleo candidato é superior ao do óleo testado original).

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Supondo-se um óleo 0W-20 que passa no teste com HTHS a 100°C de 5,71 cP, pode-se fazer a analogia desse óleo para um óleo 5W-20 com HTHS a 100°C de 6,08 cP? A fim de determinar se essa analogia é possível, as condições da Equação F.1.0 devem ser atendidas. O resultado original de 0W-20 é FEIsoma e FEI2 de 2,69 e 1,51, respectivamente. O HTHS a 100°C do candidato 5W-20 deve ser igual ou inferior aos valores das equações:

$$A = \text{FEIsoma HTHS} = 5,71 + \{(2,6-2,69) / -0,485\} + (5,71 * 0,035) = 6,10 \text{ cP}$$

$$B = \text{FEI2 HTHS} = 5,71 + \{(1,2-1,51) / -0,227\} + (5,71 * 0,035) = 7,28 \text{ cP}$$

O óleo candidato 5W-20 apresenta um HTHS a 100°C de 6,08 cP, que é inferior ao valor calculado A ou B, de modo que a analogia de VGRA desse 0W-20 para 5W-20 é permitida.

Exemplo 3: (Esse exemplo ilustra a aplicação da nota de rodapé X2 – Analogia de um grau de viscosidade mais pesado para um grau de viscosidade mais leve quando o resultado da Sequência VID no grau mais pesado atende aos limites da Sequência VID do grau mais leve.)

Supondo-se um resultado de Sequência VID de 10W-30 de FEIsoma de 2,62 e FEI2 de 1,34; esse óleo 10W-30 tem um HTHS a 100°C de 7,48 cP. Tais resultados da Sequência VID atendem aos limites da Sequência VID de 0W-20 e 5W-20 (FEIsoma 2,6 mín, FEI2 1,2 mín.) e ultrapassam os limites da Sequência VID de 0W-30 e 5W-30 (FEIsoma 1,9 mín, FEI2 0,9 mín.). Esse 10W-30 pode agora ser extrapolado, por analogia, a 0W-20, 5W-20, 0W-30 e 5W-30 formulado com a mesma tecnologia, desde que o HTHS a 100°C, para quaisquer desses outros graus de viscosidade, seja inferior a 7,48 cP em relação ao HTHS a 100°C do 10W-30 testado.

Exemplo 4: (Esse exemplo ilustra a aplicação da nota de rodapé X1 – Analogia de 5W-30 para 10W-30.)

Supondo-se um óleo 5W-30 com uma viscosidade de 6,66 cP com HTHS a 100°C. Esse óleo de 5W-30 passou no teste de Sequência VID com um resultado de FEIsoma de 2,06 e FEI2 de 0,96. Tais valores atendem aos limites da Sequência VID de 5W-30 de FEIsoma 1,9 mín. e FEI2 0,9 mín. Um óleo candidato 10W-30 tem um HTHS a 100°C de 7,22 cP. Usando-se as equações em F.1.0, a analogia para esse 10W-30 pode agora ser avaliada.

$$A = \text{FEIsoma HTHS} = 6,66 + \{(1,9-2,06) / -0,485\} + (6,66 * 0,035) = 7,22 \text{ cP}$$

$$B = \text{FEI2 HTHS} = 6,66 + \{(0,90-0,96) / -0,227\} + (6,66 * 0,035) = 7,16 \text{ cP}$$

Para que 5W-30 seja extrapolado para 10W-30, o HTHS a 100°C para 10W-30 deve ser igual ou inferior a A e B. O candidato 10W-30 tem um HTHS a 100°C de 7,22 cP, igual a A (7,22 cP) da equação de FEIsoma, mas é superior a B (7,16 cP) derivado da equação FEI2. Como não há mais tolerância para a reprodutibilidade do teste, essa analogia não é permitida. No entanto, caso 10W-30 fosse reformulado para um HTHS a 100°C de um valor igual ou inferior a 7,16 cP, a analogia a partir de 5W-30 seria permitida.

Tabela F-14— Analogia de Grau de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência VIE

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | 0W-20 | 5W-20 | 0W-30 | 5W-30 | 10W-30 | 0W-40 | 5W-40 | 10W-40 |
| 0W-20 | NA | X1 | - | - | - | - | - | - |
| 5W-20 | X1 | NA | - | - | - | - | - | - |
| 0W-30 | X2 | X2 | NA | X1 | X1 | - | - | - |
| 5W-30 | X2 | X2 | X1 | NA | X1 | - | - | - |
| 10W-30 | X2 | X2 | X2 | X2 | NA | X1 | X1 | X1 |
| 0W-40 | - | - | - | - | X1 | NA | X1 | X1 |
| 5W-40 | - | - | - | - | X1 | X1 | NA | X1 |
| 10W-40 | - | - | - | - | X1 | X1 | X1 | NA |

Notas da Tabela F-14:

- Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
- X1= VGRA é permitida se HTHS a 150°C (D4683) do óleo candidato for igual ou inferior ao óleo testado original OU se HTHS a 150°C (D4683) do óleo candidato atender às condições das equações mostradas abaixo.
- X2 = VGRA é permitido se o óleo testado original atender aos requisitos de FEIsoma e FEI2 limite para o grau de viscosidade de analogia e HTHS a 150°C (D4683) do óleo candidato for igual ou inferior ao do óleo testado original.

Equações para a Tabela F-14

Caso a HTHS a 150°C do óleo candidato seja superior a HTHS a 150°C do óleo original que passou no teste, o teste não será necessário se ambas as equações a seguir forem verdadeiras:

$$H_{\text{Candidato}} \leq H_{\text{Original}} + \{(\text{FEIsoma}_{\text{Limite}} - \text{FEIsoma}_{\text{Original}}) / -0,733\} + R$$

$$H_{\text{Candidato}} \leq H_{\text{Original}} + \{(\text{FEI2}_{\text{Limite}} - \text{FEI2}_{\text{Original}}) / -0,246\} + R$$

API 1509

Onde:

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| $H_{\text{Candidato}}$ | = | HTHS a 150°C do óleo candidato, conforme medido pela ASTM D4683 |
| H_{Original} | = | HTHS a 150°C do óleo testado original, conforme medido pela ASTM D4683 |
| $FEI_{\text{somaLimite}}$ | = | Limite para passar de FEIsoma para o grau de viscosidade testado original |
| $FEI_{\text{somaOriginal}}$ | = | Resultado de FEIsoma ($FEI1_{\text{Original}} + FEI2_{\text{Original}}$) do óleo testado original |
| $FEI2_{\text{Limite}}$ | = | Limite para passar de FEI2 para o grau de viscosidade testado original |
| $FEI2_{\text{Original}}$ | = | Resultado de FEI2 do óleo testado original |
| R | = | Reprodutibilidade conforme informada na mais recente versão da ASTM D4683, R atual = $0,03207 \times H_{\text{Original}} + 0,0389$ para ASTM D4683-17. |

Tabela F-15— Analogia de Graus de Viscosidade dos Grupos II, III e IV: Teste de Sequência IX

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 0W-16 | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 10W-30 |
| 0W-16 | NA | X | X | X | X | X |
| 0W-20 | X | NA | X | X | X | X |
| 0W-30 | X | X | NA | X | X | X |
| 5W-20 | X | X | X | NA | X | X |
| 5W-30 | X | X | X | X | NA | X |
| 10W-30 | X | X | X | X | X | NA |

Podem ser agrupadas duas formulações que passaram no teste para uma dada tecnologia, a fim de se dispensarem testes adicionais de grau de viscosidade. VGRA é permitida caso a viscosidade do óleo básico do candidato a 100°C se situe dentro da faixa da viscosidade do óleo básico a 100°C das duas formulações que passaram nos testes. Além disso, o teor de modificador de viscosidade não deve ser 1,5 vezes mais alto do que o teor de modificador de viscosidade mais alto nos óleos usados para o agrupamento de VGRA. Essa abordagem se aplica a formulações com componentes básicos do Grupo II, Grupo III e Grupo V. Os óleos contendo os componentes básicos do Grupo I e/ou Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico na mistura de óleo acabada para a aplicação da analogia de grau de viscosidade.

Exemplo:

| | Óleo de Matriz I 1 | Óleo de Matriz 2 | Óleo Candidato A | Óleo Candidato B |
|---|--------------------|------------------|---|---|
| Viscosidade do Óleo Básico a 100°C, cSt | 4,6 | 10,9 | 9,0 | 12,4 |
| Sequência IX | Passa | Passa | | |
| Teste Requerido? | | | Não | Sim |
| Motivo | | | A formulação se situa dentro da faixa de viscosidade do óleo básico | A formulação não se situa dentro da faixa de viscosidade do óleo básico |

Tabela F-16— Analogia de Graus de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste de Sequência X

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 0W-16 | 0W-20 | 5W-20 | 5W-30 | 5W-40 | 10W-30 | 10W-40 |
| 0W-16 | NA | X | X | X | X | X | X |
| 0W-20 | X | NA | X | X | X | X | X |
| 5W-20 | X | X | NA | X | X | X | X |
| 5W-30 | X | X | X | NA | X | X | X |
| 5W-40 | X | X | X | X | NA | X | X |
| 10W-30 | X | X | X | X | X | NA | X |
| 10W-40 | X | X | X | X | X | X | NA |

Notas da Tabela F-16:

1. X = A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Novos graus de viscosidade e analogias associadas são permitidos, desde que sejam atendidos os requisitos descritos em F.1.4.
4. Os testes de matriz de BOI/VGRA foram realizados com óleos contendo uma ampla faixa de modificador de viscosidade. Os óleos com modificador de viscosidade também foram testados. Os óleos testados com 2,5 vezes a quantidade de modificador de viscosidade incluído na formulação ou nenhum modificador de viscosidade demonstraram não ser estatisticamente diferentes do óleo original.
5. As formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo I e / ou Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

^a A analogia é permitida para formulações com uma concentração igual ou superior de modificador de viscosidade dispersante.

^b A analogia para 10W-30 é permitida a uma concentração mais baixa de modificador de viscosidade dispersante que o 5W-30, desde que um SAE 30 aprovado também seja obtido na formulação onde a concentração de DI permanece a mesma.

F.3 REQUISITOS DE VGRA PARA ÓLEOS DE MOTOR A DIESEL

F.3.1 GERAL

Para que Óleos de Motores a Diesel para Serviços Pesados estejam aptos à Analogia de Grau de Viscosidade devem ser atendidos os critérios detalhados em 0 a 0.

F.3.1.1 Misturas devem usar apenas os componentes básicos (*base stocks*) da forma definida no Anexo E.

F.3.1.2 Os óleos básicos introduzidos de outros fabricantes devem ser testados em conformidade com o Anexo E.

F.3.1.3 A mesma parte do detergente-(dispersante) inibidor (DI) do pacote de aditivo de desempenho total deve ser usada em concentrações iguais ou superiores para graus de viscosidade alternativos. O aumento de DI limita-se ao permitido no Código de Práticas do ACC. Os níveis de modificador de viscosidade, inibidor de espuma e redutor de ponto de fluidez podem ser ajustados para graus de viscosidade alternativos, em conformidade com o Código de Práticas do ACC.

F.3.1.4 Devem ser seguidas as práticas de ensaio do Código de Práticas do ACC e do Procedimento de Avaliação de Múltiplos Testes da ASTM.

Tabela F-17—Analogia de Grau de Viscosidade para os Grupos I, II, III e IV para Óleos de Motores a Diesel

A analogia para graus de viscosidade não explicitamente abrangidos por esta tabela não é permitida a menos que admitido na Tabela F-1.

| Teste de Desempenho | Do SAE | Para SAE |
|--------------------------------|---------------------|--|
| 1K | 10W-40 | 10W-30, 15W-40, 15W-50 |
| | 15W-40 | 10W-30, 20W-40, 20W-50 |
| | 30 | 10W, 20W, 40, 10W-30, 15W-40, 20W-50 |
| | 40 | 10W, 20W, 30, 10W-30, 15W-40, 20W-50 |
| 1N | 15W-40 | 10W-30, 20W-40, 20W-50 |
| | 20W-20 ^a | 10W |
| | 30 | 10W, 20W-20 ^a |
| | 40 | 10W, 20W-20 ^a , 30 |
| 1P | 50 | 10W, 20W-20 ^a , 30, 40 |
| | 10W-30 | 15W-40, 20W-40, 20W-50 |
| | 10W-40 | 10W-30, 15W-40, 15W-50, 20W-40, 20W-50 |
| | 15W-40 | 20W-40, 20W-50 |
| 1R | 15W-50 | 15W-40, 20W-40, 20W-50 |
| | 10W-30 | 15W-40 |
| | 10W-40 | 10W-30, 15W-40, 15W-50 |
| C13 | 10W-30 | 15W-40 |
| | 10W-40 | 10W-30, 15W-40 |
| | 15W-50 | 15W-40 |
| CBT | 10W-30 | 15W-40 |
| COAT | 15W-40 | 10W-30, 10W-40 |
| | 10W-40 | 10W-30 |
| Compatibilidade com Elastômero | 10W-30 | 15W-40 |
| | 15W-40 | 10W-30 |
| HTCBT | Ver F.4.5 | |
| M11HST | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50 |
| | 15W-40 | 10W-40, 15W-50 |
| M11EGR | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50 |
| | 15W-40 | 10W-40, 15W-50 |
| ISB | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50 |
| | 15W-40 | 10W-40, 15W-50 |
| ISM | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50 |

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

| Teste de Desempenho | Do SAE | Para SAE |
|-------------------------------|--------|---|
| | 15W-40 | 10W-40, 15W-50 |
| T-8, T-8A e T-8E ^b | 15W-40 | 10W-30, 10W-40, 15W-50 |
| T-9 ^c | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| | 15W-40 | 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| T-10 | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| | 15W-40 | 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| T-10A | 15W-40 | 0W-XX, 5W-XX, 10W-XX |
| T-11 ^e | 10W-30 | 10W-40 |
| | 10W-40 | 10W-30 |
| | 15W-40 | 10W-30, 10W-40, 15W-50 |
| | 15W-50 | 10W-30, 10W-40, 15W-40 |
| | 20W-40 | 10W-30, 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-50 |
| | 20W-50 | 10W-30, 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40 |
| T-11A | 15W-40 | 0W-XX, 5W-XX, 10W-XX |
| T-12 | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| | 15W-40 | 15W-50, 20W-40 ^d , 20W-50 ^d |
| T-12A | 15W-40 | 0W-XX, 5W-XX, 10W-XX |
| T-13 | 10W-30 | 10W-40, 15W-40 |
| | 10W-40 | 10W-30, 15W-40 |
| | 15W-40 | 10W-30, 10W-40 |
| EOAT | 10W | 10W-30, 15W-40, 15W-50 |
| | 10W-30 | 10W, 15W-40, 15W-50 |
| | 15W-40 | 10W, 10W-30, 15W-50 |
| | 15W-50 | 10W, 10W-30, 15W-40 |
| | 40 | 10W, 30, 10W-30, 15W-40, 15W-50 |
| RFWT | 10W-30 | 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40, 20W-50, 30, 40, 50 |
| | 15W-40 | 15W-50, 20W-40, 20W-50, 40, 50 |

Notas da Tabela F-17:

- Essa tabela entrou em vigor originalmente em 1 de janeiro de 1992. Os fabricantes de motores podem não recomendar todos os graus de viscosidade mostrados na tabela para um determinado tipo de motor.
- As formulações testadas contendo os componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação de analogia (*read-across*) de graus de viscosidade.

^a Essas analogias também se aplicam aos óleos monoviscosos SAE 20 e SAE 20W.

^b Um programa de teste CF-4 com dados de T-8A ou T-8E para validar o desempenho no controle de fuligem deve usar as diretrizes de analogia de graus de viscosidade do T-7.

^c Um programa de teste CF-4 com dados de T-9 para validar o desempenho no desgaste de motor deve usar as diretrizes de analogia de grau de viscosidade do T-6.

^d Desde que o nível de saturados no óleo candidato novo seja igual ou superior ao do óleo candidato original e o nível de enxofre seja igual ou inferior ao do óleo candidato original dentro da precisão dos testes.

^e Saturados do óleo básico no teste e as formulações finais devem atender às diretrizes no Anexo E e, nos casos em que seja usado um modificador de viscosidade dispersante (MVD), o nível de MVD na formulação final deve ser igual ou superior ao do óleo de teste.

F.4 VGRA PARA TESTES DE BANCADA

F.4.1 HOMOGENEIDADE E MISCIBILIDADE (H&M) (ASTM D6922) E EOFT (ASTM D6795)

Os testes de Homogeneidade e Miscibilidade (H&M) (ASTM D 6922) e Filtrabilidade do Óleo de Motor (*Engine Oil Filtrability* - EOFT) (ASTM D 6795) são requeridos no conjunto de dados essenciais (ver Código de Práticas do ACC que mostra a definição de conjunto de dados essenciais), portanto a analogia é permitida para todos os graus de viscosidade dentro do mesmo conjunto de componentes básicos (*base stocks*).

F.4.2 EOWTT (ASTM D6794)

O Teste de Tolerância à Água do Óleo de Motor [*Engine Oil Water Tolerance Test* - EOWTT (ASTM D6794)] deve ser efetuado na formulação com a combinação de aditivo (DI/VI) mais alta. Os resultados são, em seguida, extrapolados por analogia a todas as outras formulações de óleo básico/grau de viscosidade usando uma concentração igual ou inferior da combinação de aditivo (DI/MV) idêntica. Cada combinação (DI/MV) diferente deve ser testada.

F.4.3 TESTE DE FERRUGEM EM ESFERAS (ASTM D6557)

Se houver um Teste de Ferrugem em Esferas (*Ball Rust Test* - BRT) (ASTM D6557) aprovado no conjunto de dados essenciais, conforme definido no Código de Práticas do ACC, a analogia é permitida para todos os outros graus de viscosidade e conjuntos de óleos básicos.

F.4.4 RETENÇÃO DE EMULSÃO (ASTM D7563)

Para óleos formulados com componentes básicos (*base stocks*) do Grupo II e/ou Grupo III, a Retenção de Emulsão ASTM D7563 é requerida apenas para a concentração mais alta de aditivo (DI/MV). A analogia é permitida a todas as outras formulações de óleo básico/grau de viscosidade do Grupo II, Grupo III e combinações do Grupo II e Grupo III, usando-se uma concentração igual ou inferior à da combinação idêntica de aditivo (DI/MV). Se o tipo de PPD for alterado para a combinação de DI/MV, é necessária a realização de testes.

F.4.5 TESTE DE BANCADA DE CORROSÃO A ALTA TEMPERATURA (ASTM D6594)

Se houver um Teste de Bancada de Corrosão a Alta Temperatura (*High Temperature Corrosion Bench Test* - HTCBT) (ASTM D6594) aprovado no conjunto de dados essenciais, conforme definido no Código de Práticas do ACC, a analogia é permitida para todos os outros graus de viscosidade e conjuntos de óleos básicos.

F.4.6 TESTE TEOST (MÉTODO 33) (ASTM D6335)

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Tabela F-18—Analogia de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste TEOST (Método 33)

Pode ser feita a analogia para:

| Teste Feito em | 5W-20 | 5W-30 | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 20W-40 | 20W-50 | Mono-Grau |
|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 5W-20 | NA | X | | | | | | |
| 5W-30 | X | NA | X | X | X | X | X | X |
| 10W-30 | — | — | NA | X | X | X | X | X |
| 10W-40 | — | — | X | NA | X | X | X | X |
| 15W-40 | — | — | — | — | NA | X | X | X |
| 20W-40 | — | — | — | — | — | NA | X | X |
| 20W-50 | — | — | — | — | — | X | NA | X |

Notas da Tabela F-18:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Os monogaus são definidos como SAE 10W, SAE 20W, SAE 30, SAE 40 e SAE 50.
3. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
4. Formulações testadas contendo óleos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do componente básico do mesmo Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabado para aplicação da analogia de grau de viscosidade.
5. Se o grau de viscosidade de interesse não estiver na tabela, o Método de Teste 33 TEOST deve ser realizado.

F.4.7 TESTE TEOST MHT-4 (ASTM D7097)

Tabela F-19—Analogia de Grau de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: TEOST MHT-4

Pode ser feita a analogia para:

| Teste Feito em | 5W-20 | 5W-30 | 10W | 10W-30 | 10W-40 | 15W-40 | 15W-50 | 20W | 20W-40 | 20W-50 | 30 | 40 | 50 |
|----------------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|----|----|----|
| 5W-20 | NA | X | — | X | X | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5W-30 | X | NA | — | X | X | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10W | — | — | NA | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10W-30 | X | X | — | NA | X | X | X | — | — | — | — | — | — |
| 10W-40 | X | X | — | X | NA | X | X | — | — | — | — | — | — |
| 15W-40 | — | — | — | X | X | NA | X | — | — | — | — | — | — |
| 15W-50 | — | — | — | X | X | X | NA | — | — | — | — | — | — |
| 20W | — | — | X | — | — | — | — | NA | — | — | — | — | — |
| 20W-40 | — | — | — | X | X | X | X | — | NA | X | — | — | — |
| 20W-50 | — | — | — | X | X | X | X | — | X | NA | — | — | — |
| 30 | — | — | X | — | — | — | — | X | — | — | NA | — | — |
| 40 | — | — | X | — | — | — | — | X | — | — | X | NA | — |
| 50 | — | — | X | — | — | — | — | X | — | — | X | X | NA |

Notas da Tabela F-19:

1. X = A analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados e algumas aplicações dos princípios técnicos aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Normas de Lubrificantes do API.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. Formulações testadas contendo componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade equivalente do componente básico do mesmo Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.
4. Se o grau de viscosidade de interesse não estiver na tabela, deve ser realizado o teste TEOST MHT-4.
5. Os princípios por trás dessa tabela são que a viscosidade mais alta do óleo básico tende a gerar um pior desempenho e que o nível de Melhorador de Viscosidade (MV) não é necessariamente prejudicial.

F.4.8 TESTE DE COMPATIBILIDADE DE ÓLEOS DE MOTOR DE CARROS DE PASSEIO COM ELASTÔMERO (ASTM D7216 ANEXO 2A)

Tabela F-20— Analogia de Graus de Viscosidade dos Grupos II e III: Teste de Compatibilidade de Óleos de Motor de Carros de Passeio com Elastômero¹
(ASTM D 7216 Anexo 2A)

| Teste Feito em | A "analogia" pode ser feita para: | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 10W-30 | 10W-40 |
| 0W-20 | NA | X | X | X | X | X |
| 0W-30 | X | NA | X | X | X | X |
| 5W-20 | X | X | NA | X | X | X |
| 5W-30 | X | X | X | NA | X | X |
| 10W-30 | X | X | X | X | NA | X |
| 10W-40 | X | X | X | X | X | NA |

Para graus de viscosidade não relacionados na tabela acima, podem ser agrupadas duas formulações que passaram no teste para uma dada tecnologia para que sejam dispensados ensaios adicionais. A analogia de graus de viscosidade (VGRA) é permitida se a viscosidade do óleo básico do candidato a 100°C se situar dentro da faixa de viscosidade do óleo básico a 100°C das duas formulações que passaram nos testes.

¹ Modificado conforme a votação 5106

SISTEMA DE LICENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE ÓLEO DE MOTOR

Exemplo:

| | Óleo da Matriz 1 | Óleo da Matriz 2 | Óleo Candidato A | Óleo Candidato B |
|---|------------------|------------------|---|---|
| Viscosidade do Óleo Básico @ 100°C, cSt | 4,6 | 10,9 | 9,0 | 12,4 |
| Resultado D7216 A2 | Passa | Passa | | |
| Teste Requerido? | | | Não | Não |
| Motivo | | | A formulação se situa dentro da faixa de viscosidade do óleo básico | A formulação não se situa dentro da faixa de viscosidade do óleo básico |

F.4.9 TESTE ROBO (ASTM D7528)**Tabela F-21— Analogia de Graus de Viscosidade dos Grupos I, II, III e IV: Teste ROBO²**

| Teste Feito em | Pode ser feita a analogia para: | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|--------|
| | 0W-16 | 0W-20 | 0W-30 | 5W-20 | 5W-30 | 5W-40 | 10W | 10W-30 | 10W-40 |
| 0W-16 | NA | X | - | X | X | - | - | - | - |
| 0W-20 | X | NA | - | X | X | X | - | - | - |
| 0W-30 | X | X | NA | X | X | - | - | - | - |
| 5W-20 | - | - | - | NA | - | - | X | X | - |
| 5W-30 | - | - | - | X | NA | - | X | X | X |
| 5W-40 | - | - | - | X | X | NA | - | - | - |
| 10W-30 | - | - | - | - | - | - | X | NA | X |
| 10W-40 | - | - | - | - | - | - | X | X | NA |

Notas da Tabela:

1. X = a analogia é permitida para os graus de viscosidade identificados com base nos dados aprovados pela Força-Tarefa de BOI/VGRA do API e o Grupo de Lubrificantes do API. O teor de modificador de viscosidade deve ser maior que 1,5 vezes o teor de modificador de viscosidade no óleo em que o teste foi efetuado.
2. Um travessão (—) significa que a analogia não é permitida; NA = não aplicável.
3. As formulações testadas contendo os componentes básicos do Grupo V devem conter uma quantidade igual do mesmo componente básico do Grupo V (por exemplo, éster) na mistura de óleo acabada para aplicação da analogia de grau de viscosidade.

² Introduzido pela Votação 5108