



GUIA TÉCNICO

Unidade de Tratamento de Ar APU/EAC de Caminhão: Falhas, Troca e Manutenção

Guia técnico VADEN da unidade de tratamento de ar (APU/EAC) para veículos pesados: sintomas de falha, diagnóstico, etapas de troca, torques e manutenção.

Se, ao ligar a ignição pela manhã, o compressor não silencia durante vários minutos, se o escape da unidade emite um chiado contínuo de "psss psss" ou se, ao purgar o reservatório, sai um líquido sujo e oleoso, o problema quase nunca está no compressor, mas sim na unidade de tratamento de ar do veículo. Essa unidade parece pequena, mas é a única porta que alimenta todos os circuitos de freio, estacionamento, suspensão e caixa de câmbio. Se essa porta entope, o desempenho de frenagem cai, as linhas congelam no inverno e você fica parado no acostamento. Este guia explica, em linguagem de campo, o que faz a unidade de tratamento de ar (APU/EAC), qual sintoma indica o quê, como diagnosticá-la e substituí-la e como prolongar sua vida útil.

Nota E-E-A-T: Este documento foi preparado pela equipe técnica da VADEN, especializada em sistemas de ar e freio de veículos comerciais pesados. Os valores de pressão, torque e periodicidade apresentados têm caráter de referência geral; para valores exatos como pressão de corte, pressões de abertura de circuito e torque de aperto, deve-se sempre considerar o manual de serviço OE atualizado do fabricante do veículo. **Última atualização: setembro de 2026.**

Os sistemas de freio pneumático de veículos comerciais pesados são projetados no âmbito do regulamento ECE R13 (frenagem ONU/UE) e da ISO 611.

O que é a Unidade de Tratamento de Ar (APU/EAC)? Função e Princípio de Funcionamento

A unidade de tratamento de ar (APU / EAC) é um módulo integrado que seca e limpa o ar quente, úmido e com vapor de óleo proveniente do compressor, limita a pressão do sistema e distribui o ar tratado aos circuitos de freio e auxiliares conforme uma ordem de prioridade; reunindo o secador de ar, o regulador de pressão e a válvula de proteção multicircuito em um único corpo.

O princípio de funcionamento tem duas fases. Na **fase de carga**, o ar comprimido pelo compressor entra na unidade; os grânulos dessecantes contidos no cartucho secador retêm o vapor de água presente no ar e a camada separadora de óleo captura as partículas oleosas. O ar seco é direcionado, através da válvula de proteção, primeiro aos circuitos de freio (circuitos 1 e 2) e, após o enchimento destes, aos circuitos de estacionamento e auxiliares (circuitos 3 e 4). Quando a pressão do sistema atinge o valor de corte (cut-out), o regulador de pressão alivia o compressor. Já na **fase de regeneração**, a unidade faz parte do ar seco armazenado no reservatório de regeneração passar em sentido inverso pelo cartucho, expulsando a umidade para fora; o breve "pshhh" que você ouve no escape é exatamente isso, e é normal.

Dentro da unidade encontram-se, tipicamente, os seguintes componentes:

- **Cartucho secador (dessecante/separador de óleo):** Peça de consumo com rosca, removível, que retém a umidade e o óleo do ar. Este é o único "filtro" de verdade do sistema de ar do veículo.
- **Regulador de pressão (governador):** Conjunto de válvulas que define as pressões de corte e de religamento e alivia o compressor.

- **Válvula de proteção multicircuito:** Pacote de válvulas que protege os demais circuitos quando há vazamento em um deles e estabelece uma ordem de prioridade por meio das pressões de abertura/fechamento.
- **Válvula de regeneração e saída de purga (purge):** Linha que limpa o cartucho com ar em contrafluxo e expulsa a água condensada.
- **Válvula de segurança:** Fusível mecânico que protege o sistema contra sobrepressão caso o regulador falhe.
- **Resistência de aquecimento e termostato:** Elemento elétrico, geralmente de 24 V, que impede o congelamento da saída de purga no inverno.
- **Controle eletrônico (apenas em EAC/APU eletrônicas):** Placa com sensores de pressão, válvulas solenoides e comunicação com a ECU do veículo via CAN.

Diferença entre a APU mecânica e a EAC eletrônica

Nas unidades mecânicas, toda a lógica de decisão está em molas e pistões: quando a pressão atinge determinado valor o compressor é aliviado; quando cai a certo valor, volta a comprimir. Nas unidades eletrônicas (tipo Knorr-Bremse EAC ou APU eletrônica tipo Wabco/ZF), quem decide é uma ECU que lê sensores de pressão. Assim, o compressor pode ser acionado conforme a condição de carga do motor (encher nas descidas, aliviar nas acelerações), obtém-se economia de combustível e as falhas aparecem como códigos de erro. Em contrapartida, o diagnóstico da unidade eletrônica exige, além do manômetro e do multímetro, também um equipamento de diagnóstico; em alguns veículos a gravação de parâmetros após a substituição é obrigatória.

Sua posição no sistema: por que é a "única porta"?

O ar que sai do compressor entra no sistema exclusivamente por esta unidade. Se a unidade entope, não é só o freio que sofre: a suspensão pneumática, os atuadores da caixa de câmbio, a suspensão da cabine, a linha do semirreboque e até a tomada de força (PTO) — tudo que usa ar é afetado. E se ela não secar o ar adequadamente, a umidade e o óleo se espalham por todas as válvulas, foles e moduladores EBS. Por isso, a postura de "pulei a troca do cartucho secador, vejo isso depois" é a semente de falhas de válvula muito mais caras no futuro.

A importância dessa etapa de secagem para todo o circuito é tratada à parte no artigo [o secador de ar: o herói oculto dos sistemas de ar de veículos pesados](#).

Qual tipo é encontrado em quais veículos?

A tendência geral é a seguinte: nos cavalos mecânicos de geração antiga e em muitas aplicações de caminhões/ônibus, predomina a arquitetura separada (secador + regulador + válvula de proteção independentes). Nos cavalos mecânicos de nova geração, a APU/EAC integrada é padrão. Confirmar o tipo instalado no seu veículo pelo número OE gravado no corpo e pelo número de pinos do conector é sempre mais seguro do que deduzir pelo catálogo.

Característica	Arquitetura separada (clássica)	APU integrada mecânica	APU eletrônica / EAC
Lógica de controle	Regulador mecânico	Regulador mecânico (integrado ao corpo)	ECU + sensor de pressão + solenoide

Característica	Arquitetura separada (clássica)	APU integrada mecânica	APU eletrônica / EAC
Conexão elétrica	Geralmente inexistente (se houver, aquecedor)	Alimentação do aquecedor	Conector multipinos + CAN
Gera código de falha?	Não	Não	Sim (DTC legível)
Método de diagnóstico	Manômetro + ouvido + teste de vazamento	Manômetro + teste de vazamento	Manômetro + diagnóstico + dados em tempo real
Codificação após a substituição	Não é necessária	Não é necessária	Necessária em alguns veículos
Flexibilidade de reparo	Substituição peça por peça	Cartucho + kit de reparo	Cartucho + kit de reparo; placa geralmente completa
Contexto OE típico	Conjuntos separados tipo Knorr / Wabco	Corpo integrado tipo APU Wabco	Knorr EAC / APU eletrônica tipo ZF-Wabco

Confirmação do número da peça: As unidades de tratamento de ar são muito parecidas entre si na aparência externa; contudo, a pressão de corte, os valores de abertura dos circuitos, as roscas das portas, a pinagem do conector e o nível de software podem ser diferentes. Antes de encomendar, confirme sempre em conjunto **o número OE gravado no corpo da unidade, o número de chassi do veículo e o tipo de conector**. A informação de que "encaixa no mesmo veículo" não basta por si só; uma unidade com pressão regulada incorretamente torna o sistema de freio silenciosamente perigoso.

Sintomas de Falha e Diagnóstico

As falhas da unidade de tratamento de ar raramente "estouram" de uma só vez; costumam se manifestar por pequenos sintomas que crescem ao longo de semanas. A tabela abaixo associa os sintomas mais frequentes no campo às suas possíveis causas.

Sintoma	Causa provável	Verificação / Confirmação
O compressor não para nunca, a pressão não atinge o valor de corte	Cartucho entupido, regulador defeituoso, grande vazamento no sistema, compressor fraco	Meça o tempo de enchimento com manômetro; compare a pressão na entrada da unidade com a do reservatório; procure vazamentos com água e sabão
Sai ar continuamente pelo escape/saída de purga	Válvula de regeneração vazando, o-ring fatigado, junta do cartucho com fuga	Com o motor desligado, escute a porta de purga; aplique espuma de sabão; remova e reinstale o cartucho e teste novamente
Ao purgar o reservatório sai uma mistura de água/óleo	Cartucho saturado ou no fim da vida útil, compressor passando óleo	Verifique a data de troca do cartucho; observe o acúmulo de óleo na linha de saída do compressor

Sintoma	Causa provável	Verificação / Confirmação
A pressão cai, o veículo amanhece sem ar após pernoitar estacionado	Válvulas de retenção da válvula de proteção vazando, vazamento interno da unidade, conexão de linha frouxa	Deixe os reservatórios cheios e registre a queda de pressão durante a noite; isole os circuitos um a um
Chega pressão de freio, mas o circuito de estacionamento/suspensão enche tarde ou não enche	A pressão de abertura do circuito 3/4 não é atingida, válvula de proteção defeituosa	Meça separadamente com manômetro nas portas de teste de cada circuito; observe a ordem de abertura
Nas manhãs de inverno a pressão não sobe e se normaliza perto do meio-dia	Linha de purga congelada, resistência de aquecimento ou termostato defeituoso	Meça a resistência elétrica do aquecedor e a tensão de alimentação; verifique fusível/soquete
Sai ar pela válvula de segurança, pressão excessivamente alta	O regulador não consegue aliviar o compressor, linha do unloader entupida	Leia a pressão de corte com manômetro; verifique a linha de comando na saída do regulador
Aviso do sistema de ar/EAC ou código de falha no painel	Falha de sensor de pressão, solenoide ou ECU; problema de alimentação/CAN	Leia os DTC com equipamento de diagnóstico; compare a pressão do sensor nos dados em tempo real com um manômetro real

Medição de pressão: a espinha dorsal do diagnóstico

No diagnóstico da unidade de tratamento de ar, a única prova válida é o manômetro. O indicador do painel e os dados da tela dependem do sensor; se o sensor lê errado, você segue na direção errada. O método correto: conecte um manômetro real às portas de teste do veículo e registre a pressão de corte enquanto o compressor enche, a pressão de religamento ao consumir ar e a ordem de enchimento dos circuitos. Em unidades eletrônicas, se a diferença entre o valor dos dados em tempo real e o manômetro exceder claramente 0,3–0,5 bar, o sensor é suspeito.

Vazamento ou entupimento? A forma prática de distinguir

O compressor não parar é um sintoma comum a duas histórias diferentes. Se o sistema enche rápido, mas a pressão trava em determinado ponto, a causa é, na maioria das vezes, **vazamento**. Se o sistema enche lentamente, com esforço, a causa costuma ser **entupimento** ou um compressor fraco. Para esclarecer a distinção, meça simultaneamente a pressão na entrada da unidade e a pressão do reservatório: se a diferença entre elas aumentar de forma perceptível, o cartucho/unidade está entupido.

Pergunte do vazamento à espuma, não ao ouvido

Não é possível ouvir pequenos vazamentos em meio ao ruído do motor. Com os reservatórios cheios e o motor desligado, varra o corpo da unidade, todas as portas e a saída de purga com spray de água e sabão. O "teste noturno" também é revelador: registre a pressão à noite e leia novamente pela manhã. Se houver queda perceptível, isole os circuitos um a um para estreitar a origem.

Normas e leitura complementar

Este assunto é regido pelas regras de equipamento dos veículos comerciais com freios a ar. Nos Estados Unidos, a norma federal de freios a ar **FMVSS 121 (49 CFR 571.121)** define os reservatórios, a proteção e os tempos que um sistema em conformidade deve oferecer, e a Europa aplica os limites equivalentes do Regulamento UNECE n.º 13. Para mais detalhes, consulte o requisito de desempenho de frenagem na estrada do **49 CFR 393.52**. Confirme sempre os valores específicos com a norma vigente e os dados de serviço do fabricante do veículo.

No Brasil o **Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503/1997)** exige que o veículo circule com os equipamentos obrigatórios em condições de funcionamento; as especificações técnicas correspondentes são publicadas no **índice de resoluções do CONTRAN**.

Etapas de Substituição / Instalação

Segurança e EPI: O sistema de ar está sob pressão; ar comprimido pode causar lesões graves. Antes de iniciar o trabalho, use **óculos de proteção e luvas de trabalho**, calce o veículo em piso plano, desligue a ignição, corte a chave geral da bateria e **esvazie completamente todos os reservatórios de ar**. O freio de estacionamento funciona por mola: quando o ar é purgado, os freios de estacionamento são acionados; ainda assim, se o semirreboque estiver desacoplado ou o sistema estiver mecanicamente travado, use calços obrigatoriamente. Com o motor quente, a unidade e as linhas podem queimar.

- 1 Confirme a falha:** Baseie a decisão de substituição na medição com manômetro, no teste de vazamento e (se houver) no código de falha. Na maioria dos casos, não é a unidade, mas o cartucho ou um único o-ring que é renovado.
- 2 Esvazie completamente o sistema:** Abra as válvulas de purga de todos os reservatórios e veja zero no manômetro. Não se esqueça também do reservatório de regeneração da unidade.
- 3 Corte a energia e desconecte o conector:** Desligue a chave geral da bateria e retire o conector do aquecedor e (se houver) da ECU sem danificar a trava. Verifique os pinos do conector quanto à corrosão.
- 4 Identifique as linhas:** Antes de desmontar, numere cada linha de ar com cor/etiqueta ou fotografe. Uma única linha trocada pode alimentar o circuito de estacionamento no lugar do circuito de freio.
- 5 Desmonte as linhas e a unidade:** Afrouxe as conexões com a chave adequada, sem forçar o corpo. Tenha cuidado para não apertar demais nem quebrar as conexões dos tubos plásticos; em seguida, remova os parafusos de fixação do corpo.
- 6 Limpe a superfície de apoio e as linhas:** Limpe o suporte onde a unidade se assenta. Sopre com ar comprimido para eliminar a umidade, a ferrugem e o acúmulo de óleo dentro das linhas; uma linha suja mata a unidade nova em pouco tempo.

- 7 Compare a unidade nova:** Coloque a peça antiga e a nova lado a lado; o número de portas, as roscas das portas, a distância entre os furos de fixação, o tipo de conector e o número OE devem coincidir. Se não coincidirem, **não instale** e confirme a referência correta.
- 8 Monte a unidade:** Prenda os parafusos à mão, alinhe o corpo e, em seguida, aperte em sequência cruzada e com o torque indicado no manual. Não tente alinhar o corpo forçando-o.
- 9 Instale o cartucho:** Umedeça a junta do cartucho novo com uma fina película de óleo limpo, gire-o à mão até a junta encostar e, então, aperte a fração de volta adicional indicada pelo fabricante (em geral, cerca de meia volta). Apertar demais com chave de cinta esmaga a junta e provoca vazamento.
- 10 Conecte as linhas e o conector:** Instale cada linha em seu lugar conforme suas marcações, aperte as conexões com o torque do manual e encaixe o conector até travar.
- 11 Encha, teste e codifique se necessário:** Conecte a bateria e encha o sistema; confirme com manômetro as pressões de corte/religamento e a ordem de enchimento dos circuitos e verifique todas as conexões com espuma. Em unidades eletrônicas, apague os códigos de falha, faça a gravação de parâmetros se necessário e acompanhe o comportamento da pressão em um breve teste em estrada.

Pontos de Atenção (Erros Frequentes)

O erro mais crítico — desmontar sem esvaziar o reservatório: Afrouxar uma conexão com o sistema pressurizado pode fazer a linha chicotear e causar lesões visíveis. Não toque em nenhuma conexão antes de ver zero no manômetro.

Segundo erro crítico — apertar o cartucho com chave de cinta: Os cartuchos secadores são montados com aperto manual + a fração de volta adicional especificada. A junta de um cartucho apertado em excesso é esmagada, a rosca do corpo da unidade se danifica e, na próxima troca, o cartucho não sai mais.

- **Negligenciar o compressor:** Um compressor que passa óleo satura o cartucho novo em poucos milhares de quilômetros. Se você vê muito óleo no cartucho, avalie primeiro o compressor.
- **Trocar as linhas de lugar:** Inverter os circuitos 1/2 com os 3/4 quebra a prioridade do freio e desativa a lógica de segurança em caso de vazamento.
- **Tentar alterar a regulagem de pressão "na mão":** O valor de corte do regulador é definido conforme todo o sistema de ar do veículo. Aumentá-lo arbitrariamente sobrecarrega a válvula de segurança, os foles e o compressor.
- **Usar cartucho de baixa qualidade:** A qualidade do dessecante e o desempenho de separação de óleo não se veem a olho nu, mas cobram a conta meses depois nas válvulas e nos moduladores.

- **Esquecer o aquecedor:** Terminar o serviço sem conectar o conector não causa problema durante todo o verão; na primeira geada, o veículo não sai da garagem.
- **Ligar uma linha suja à unidade nova:** A ferrugem e o óleo acumulados nas linhas antigas migram para as válvulas da unidade nova.
- **Não testar após a substituição:** Não entregue o veículo sem confirmar os valores de pressão com manômetro; o fato de o código de falha ter sido apagado não prova que o sistema está funcionando corretamente.

Valores Técnicos e Pontos de Verificação

Os valores abaixo são referências gerais frequentemente encontradas em aplicações de veículos comerciais pesados. Variam de forma significativa conforme o veículo, o fabricante e o tipo de sistema; para o valor exato, o manual de serviço OE é a referência.

Parâmetro	Referência típica / geral	Observação
Pressão de corte (cut-out)	~ 12,0 – 13,0 bar (≈ 175 – 190 psi)	É mais baixa em sistemas de 10 bar; consulte o manual
Pressão de religamento (cut-in)	~ 0,8 – 1,5 bar abaixo do valor de corte	Se a diferença for muito pequena, o compressor aciona com muita frequência
Pressão de abertura da válvula de segurança	Regulada claramente acima da pressão de corte; o valor exato está no manual do veículo	Se abrir, o regulador/unloader é suspeito
Pressão de abertura do circuito de freio (1 e 2)	~ 7,5 – 8,5 bar	Prioridade de circuito: os freios enchem primeiro
Pressão de fechamento (corte) do circuito de freio	~ 6,5 – 7,5 bar	Protege os demais circuitos em caso de vazamento
Pressão de abertura do circuito de estacionamento / auxiliar (3 e 4)	Depois dos circuitos de freio, com prioridade menor	O valor varia conforme o tipo; a ordem deve estar correta
Consumo de ar da regeneração	~ 10 – 25% do ar produzido	Purga contínua não é normal
Resistência de aquecimento	24 V, faixa de ~ 35 – 110 W	Com termostato; entra em operação no frio
Faixa de temperatura de operação	~ -40 °C ... +80 °C	A saída de purga é o ponto mais suscetível a congelar
Tempo de enchimento de zero até a pressão total	Da ordem de alguns minutos, em rotação acima da marcha lenta	Aumento perceptível = entupimento ou vazamento
Queda de pressão durante a noite	Deve permanecer abaixo do limite indicado no manual	Queda perceptível = vazamento; isole os circuitos

Faixas de referência gerais para os torques de aperto:

Conexão	Referência típica / geral	Observação
Cartucho secador	Contato da junta à mão + ~ 1/3 – 1/2 de volta	Não use chave; a instrução impressa no cartucho é a referência
Parafusos de fixação do corpo da unidade (M8)	~ 20 – 30 Nm	Aperte em sequência cruzada
Parafusos de fixação do corpo da unidade (M10)	~ 40 – 55 Nm	Não force o alinhamento do suporte
Conexões da linha de ar (diâmetro pequeno)	~ 20 – 35 Nm	Em conexões de tubo plástico, o aperto excessivo quebra
Conexões da linha de ar (diâmetro grande)	~ 35 – 50 Nm	Varia conforme o tipo de o-ring / junta
Resistência de aquecimento	~ 8 – 15 Nm	Não force a rosca do corpo
Sensor de pressão	~ 15 – 25 Nm	Instale a junta seca e limpa

Dica de campo: Ao trocar o cartucho, escreva nele a data da troca e a quilometragem com caneta permanente. Na próxima manutenção, acaba a discussão sobre "quando foi trocado?"; na manutenção de frota, esse único hábito evita um grande número de substituições desnecessárias de unidades.

Pontos de verificação de rotina:

- Líquido que sai pela válvula de purga do reservatório: gota límpida é normal; mistura de água/óleo é um alerta do cartucho.
- Saída de purga: descarga breve no momento do corte é normal; vazamento contínuo de ar é falha.
- Taxa de trabalho do compressor: enchimento contínuo indica "vazamento ou entupimento" no sistema.
- Corpo e arredores das portas: vestígios de óleo, ferrugem, trincas, suporte quebrado.
- Conector e chicote: verdete de corrosão, trava frouxa, desgaste por atrito.
- Aquecedor: verificação da alimentação e da resistência antes do inverno.
- Em unidades eletrônicas: histórico de códigos de falha e coerência dos dados de pressão em tempo real com o manômetro.

Manutenção e Vida Útil

A unidade de tratamento de ar em si é um módulo de longa vida; a verdadeira peça de consumo é o cartucho secador. A vida do cartucho deve ser planejada conforme a condição de trabalho: clima úmido, tráfego urbano com paradas constantes, uso intenso dos foles e um compressor envelhecido saturam o cartucho rapidamente; já em rodovia e clima seco, a vida útil aumenta. A prática geral do setor é trocar o cartucho uma vez por ano ou no intervalo de quilometragem indicado pela OE; para o intervalo definitivo, a tabela de manutenção do fabricante do veículo é a referência.

- **Troque o cartucho periodicamente:** É uma peça de consumo barata; o preço de adiar é a falha de válvulas e moduladores.
- **Purgue os reservatórios regularmente:** O hábito da purga semanal lhe informa gratuitamente em que estado está o cartucho.
- **Avalie o compressor em conjunto:** Trocar o cartucho sem reparar um compressor que passa óleo não é solução definitiva.
- **Prepare-se antes do inverno:** Verifique o circuito do aquecedor, a linha de purga e o termostato antes dos primeiros frios.
- **Considere o kit de reparo:** Em algumas unidades, o kit de reparo de o-rings/válvulas é bem mais econômico e suficiente em comparação à substituição completa.
- **Mantenha registros:** Anote as medições de pressão e as datas de troca no arquivo do veículo; só assim o padrão de uma falha recorrente se torna visível.

Em resumo: a vida da unidade é diretamente proporcional ao cuidado que recebe. Em uma frota que troca o cartucho no prazo, purga os reservatórios e monitora o compressor, a unidade trabalha anos sem problemas. Quando negligenciada, a falha não fica restrita à unidade; a umidade e o óleo se espalham por todo o sistema de ar e se transformam em uma conta de reparo muito maior.

Quando a unidade de tratamento de ar funciona bem, os circuitos de freio, estacionamento, suspensão e auxiliares são alimentados com ar seco, limpo e na pressão correta; o compressor descansa e o veículo sai para a estrada nas manhãs de inverno. A família de produtos Unidade de Tratamento de Ar (APU) VADEN ORIGINAL é oferecida em unidades completas, kits de reparo e silenciadores adequados a aplicações de veículos comerciais pesados; os cartuchos secadores integram a linha de secadores de ar. O objetivo é desempenho e durabilidade equivalentes aos de OE. Com a confirmação da referência correta e com as etapas de diagnóstico e substituição deste guia, você pode manter aberta por anos essa única porta do seu sistema de ar.