

	APRECIÇÃO TÉCNICA DE MODELO DE COMPUTADORES DE VAZÃO (CORRETORES DE VOLUME)	NORMA Nº	REV. Nº
		NIT-DIFLU-001 APROVADA EM MAR/2010	01 PÁGINA 01/24

SUMÁRIO

1. **Objetivo**
2. **Campo de Aplicação**
3. **Responsabilidade**
4. **Documentos Complementares**
5. **Siglas**
6. **Definições**
7. **Equipamentos e materiais utilizados**
8. **Ambiente laboratorial**
9. **Cuidados preliminares**
10. **Avaliação metrológica**
11. **Aprovação/Reprovação**
12. **Disposições Gerais**
13. **Histórico da Revisão**

1 OBJETIVO

Esta Norma estabelece os requisitos necessários para a apreciação técnica de modelos dos dispositivos eletrônicos de conversão de volume de petróleo, seus derivados, gás natural e outros fluidos correlatos, utilizados em sistemas de medição fiscal, apropriação e transferências de custódia com a utilização de elementos primários reconhecidos. Normalmente esses dispositivos eletrônicos são chamados de Computadores de Vazão ou Corretores de Volume.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta Norma se aplica à Diflu.

3 RESPONSABILIDADE

A responsabilidade pela atualização e revisão desta Norma é da Diflu.

4 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

- AGA 8, 2003, *Compressibility Factors of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases*, 3rd Printing.
- API MPMS 21, *Flow Measurement Using Electronic Metering Systems, Section 2, First Edition, June, 1998*.
- FOR-DIMEL-037 – Solicitação de aprovação de modelo e serviços correlatos;
- FOR-DIMEL-163 - Formulário complementar para computadores de vazão (corretores de volume);
- Lei 9933, de 20 de dezembro de 1999 – Dispõe sobre as competências do Inmetro e Conmetro;
- NIE-DIMEL-013 – Solicitação de aprovação de modelo e serviços correlatos;
- NIE-DIMEL-090 – Apresentação e estruturação de Portaria de aprovação de modelo;

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 02/24
--	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

- OIML D 11, 2004, *General requirements for electronic measuring instruments - International Document*;
- OIML D 31, 2008, *General requirements for software controlled measuring instruments - International Document*.
- OIML R 117-1, 2007, *Dynamic measuring systems for liquids other than water - International Recommendation*;
- OIML R 137-1, 2006, *Gas Meters - International Recommendation*;
- Portaria Conjunta ANP/Inmetro nº 01, de 19 de junho de 2000 – Estabelece condições e requisitos para os sistemas de medição de petróleo e gás natural;
- Portaria Inmetro nº 064, de 11 de abril de 2003 – Sistemas de medição equipados com medidores de fluido, utilizados na medição de petróleo, seus derivados líquidos, álcool anidro e álcool hidratado carburante;
- Portaria Inmetro nº 114, de 16 de Outubro de 1997 – RTM, Medidor de volume de gás tipo rotativo e tipo turbina;
- Portaria Inmetro nº 239, de 15 de dezembro de 2005 – Supervisão metrológica;
- Resolução Conmetro n.º 11, de 12 de outubro de 1988 – Regulamentação Metrológica;
- WELMEC 10.4, *Guide for Testing of Electronic Calculators with Conversion Function and Conversion Devices (Measuring Systems for Liquids other than Water), European cooperation in legal metrology, Issue 1, June, 2006.*

5 SIGLAS

AGA	Associação Americana de Gás
AMD	Equipamentos de medição associados
AMS	Sensores de medição associados
AMT	Transdutores de medição associados
ANP	Agencia Nacional do Petróleo
API	Instituto Americano de Petróleo
BSW	Teor de Água e Sedimentos
Diflu	Divisão de Instrumentos de Medição de Fluidos
Dimel	Diretoria de Metrologia Legal
ECD	Equipamento de conversão eletrônico
ECID	Calculador eletrônico/equipamento de indicação
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
RBC	Rede Brasileira de Calibração
RTM	Regulamento Técnico Metrológico
WELMEC	European Cooperation in Legal Metrology

6 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

6.1 Avaliação: atividade onde é verificado se o equipamento submetido para avaliação atende aos requerimentos necessários. Avaliação pode incluir o estudo dos resultados de investigação e/ou estudo dos resultados de teste.

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 03/24
--	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

6.2 Cálculo de conversão: operação realizada pelo calculador ou equipamento de conversão para determinar o volume nas condições de referência (ou massa) do líquido medido, baseado no volume nas condições de medição e nas características do líquido representadas por sinais simulados.

6.3 Calculador eletrônico/equipamento de indicação (ECID): equipamento eletrônico composto de um calculador e um equipamento de indicação.

6.4 Calculador: parte do medidor que recebe o sinal de saída de um transdutor e, possivelmente, de equipamentos de medição associados, transformando-os e, se apropriado, armazenando na memória os resultados até que sejam utilizados.

6.5 Conversor analógico/digital (A/D): processador de sinal que converte um sinal elétrico analógico para uma grandeza digital correspondente.

6.6 Conversor digital/analógico (D/A): processador de sinais que converte uma grandeza digital em um sinal elétrico analógico proporcional.

6.7 Equipamento de indicação: parte do medidor que continuamente indica os resultados da medição.

6.8 Equipamento eletrônico: equipamento que contém subconjuntos eletrônicos e desempenha uma função específica. Esses equipamentos são fabricados como uma unidade separada e são capazes de serem testados independentemente.

6.9 Equipamento de conversão: equipamento que automaticamente converte:

- O volume medido nas condições de medição, para as condições de referência ou para massa;
- A massa, para o volume nas condições de operação e/ou volume nas condições de referência.

Em ambos os casos, levam-se em consideração as características do líquido (temperatura, pressão, massa específica) medidas por instrumentos de medição associados, ou armazenados na memória.

6.10 Equipamento de conversão eletrônico (ECD): equipamento eletrônico que automaticamente converte:

- O volume medido nas condições de medição, para as condições de referência ou para massa;
- A massa, para o volume nas condições de operação e/ou volume nas condições de referência.

Em ambos os casos, levam-se em consideração as características do líquido (temperatura, pressão, massa específica) medidas por instrumentos de medição associados, ou armazenados na memória.

Nota: Conforme WELMEC 10.4, os ECD e ECID são normalmente integrados, e são comumente conhecidos como computadores de vazão.

6.11 Equipamentos de medição associados (AMD): equipamentos conectados ao calculador, equipamento de correção ou conversão, de modo a converter em sinais as características do líquido, com vista de realizar uma correção e ou conversão. Estão incluídos um sensor de medição associado e um transdutor associado de medição, como mostram as figuras 1a e 1b.

6.12 Fator de conversão: A relação entre o volume nas condições de medição e o volume, ou da massa, nas condições de referência.

6.13 fator-k: o número de pulso gerado por um medidor para uma unidade de volume entregue (pulsos / m³).

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 04/24
--	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

6.14 Instrumentos de medição associados: instrumentos conectados ao computador, equipamento de correção ou equipamento de conversão, para medição de certas quantidades que são características do líquido, com vista de realizar uma correção e ou conversão.

6.15 Investigação: uma atividade durante a qual:

- A documentação é verificada quanto ao atendimento aos requisitos aplicáveis;
- O equipamento é verificado quanto à adequação de sua construção segundo a documentação fornecida pelo fabricante;
- O equipamento é verificado quanto à adequação de sua construção segundo os requisitos aplicáveis.

6.16 Medidor de líquido: instrumento dedicado a medir continuamente, memorizar, e indicar uma quantidade de líquido passando através do transdutor de medição nas condições de medição. Um medidor inclui pelo menos um transdutor e um computador (incluindo ajuste ou equipamento de correção se presente).

6.17 Pressão diferencial: diferença entre as pressões a montante e a jusante de um elemento primário.

6.18 Relatório de teste: documento mostrando que parte do sistema de medição em questão foi submetido a testes de aplicação conforme a OIML R117-1.

6.19 Sensor: elemento de um sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida.

6.20 Sensor de medição associado (AMS): parte do equipamento de medição associado, diretamente afetado pelo mensurando, que converte as características do líquido em sinais como: resistência, corrente elétrica, frequência. Neste ponto, está subentendido que a definição de AMS conforme WELMEC 10.4 é o conjunto sensor + transmissor, ou seja, instrumento instalado no campo (figuras 1a e 1b).

6.21 Teste: atividade durante a qual testes aplicáveis de desempenho são realizados e desvios/erros do equipamento sob teste são determinados, em comparação com padrões rastreados. Após o teste, um relatório de teste pode ser emitido.

6.22 Transdutor de medição: dispositivo, utilizado em medição, que fornece uma grandeza de saída, a qual tem uma relação especificada com uma grandeza de entrada.

6.23 Transdutor de medição associado (AMT): parte do equipamento de medição associado que fornece uma saída para o computador e equipamentos de correção e conversão. Possui uma correlação determinada com a grandeza de entrada derivada através do sensor medição associado. O transdutor de medição associado pode ser parte do computador ou combinado com o AMS (figuras 1a e 1b).

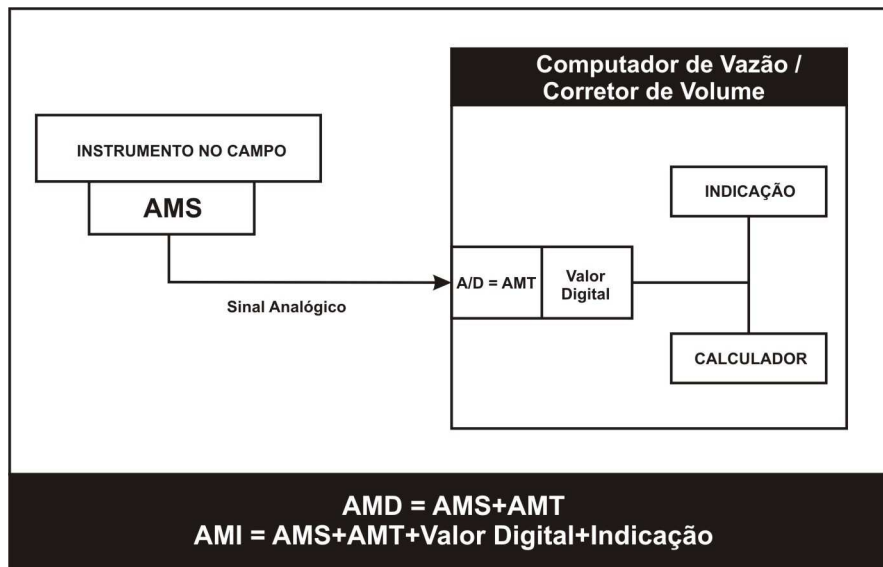


Figura 1a – Esquema explicativo dos sensores de medição associados, transdutores e Computador de Vazão / Corretor de Volume.

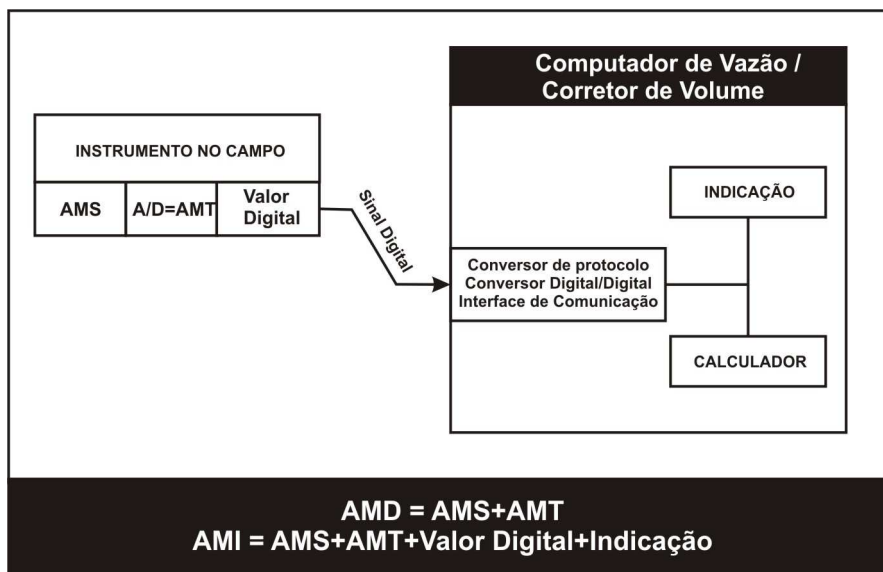



Figura 1b – Esquema explicativo dos sensores de medição associados, transdutores e Computador de Vazão / Corretor de Volume.

7 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Na apreciação técnica de modelo de medidores de volume de gás são utilizados os seguintes equipamentos, devendo os mesmos estarem calibrados junto à RBC, ou por órgão metrológico reconhecido pelo Inmetro:

- a) Padrão de frequência com exatidão melhor ou igual a 0,2 Hz em 10.000 Hz;
- b) Termo Higrômetro com exatidão de $\pm 3\%$ RH e $\pm 1\%$ °C;
- c) Medidor de temperatura com exatidão melhor ou igual a 0,1 °C;
- d) Medidor de tensão com exatidão melhor ou igual a 0,009 V;
- e) Medidor de corrente com exatidão melhor ou igual a 0,005 mA;
- f) Barômetro com exatidão melhor ou igual a ± 1 hPa.

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 06/24
--	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

8 AMBIENTE LABORATORIAL

Manter o Ambiente laboratorial, bem como os medidores de volume de gás, nas seguintes condições de referência por no mínimo 24h antes da verificação, e durante a mesma:

- a) Temperatura ambiente: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) Umidade relativa: $50\% \pm 10\%$;
- c) Pressão atmosférica: 86 kPa a 106 kPa;
- d) Sem variações na alimentação e presença de campos magnéticos ou distúrbios.

9 CUIDADOS PRELIMINARES

- a) Verificar se o equipamento e materiais utilizados estão de acordo com as características metrológicas vigentes;
- b) Verificar se o ambiente laboratorial está de acordo com o item 8, bem como os limites tolerados durante todo o processo;
- c) Realizar configuração do equipamento, em companhia do representante técnico do requerente. O acompanhamento técnico e as configurações necessárias, deverão ser realizadas nas instalações do Inmetro.
- d) Proceder à avaliação metrológica, conforme item 10;
- e) Emitir parecer de aprovação/reprovação, conforme item 11.

10 AVALIAÇÃO METROLÓGICA

10.1 Avaliação da documentação

Avaliar a documentação conforme a NIE-DIMEL-013 e demais requisitos solicitados quando da abertura do processo para a aprovação de modelo de um computador de vazão ou Corretor de Volume, tais como:

- FOR-DIMEL-037 – Solicitação de aprovação de modelo ou serviços correlatos;
- FOR-DIMEL-163 - Formulário complementar para computadores de vazão (corretores de volume);
- Memorial Descritivo, apresentando as características técnicas e os princípios de funcionamento, conforme NIE-DIMEL-013;
- Manuais do equipamento;
- Desenho em perspectiva do modelo;
- Desenho com as vistas frontal e lateral com cotas;
- Desenho ou fotografia das partes internas do equipamento;
- Desenho mostrando a localização das selagens e as etiquetas de verificação metrológica;
- Desenho das inscrições regulamentares;
- Desenho do esquema de instalação;
- Descrição funcional dos diferentes dispositivos eletrônicos;
- Fluxograma completo da lógica do equipamento com foco nos módulos metrológicos;
- Lista dos componentes com uma descrição de seus materiais constitutivos quando eles apresentarem uma importância metrológica;
- Esquema de montagem com a identificação dos diferentes componentes;
- O requerente deve colocar à disposição para os ensaios da aprovação de modelo um protótipo do modelo definitivo.

10.2 Ensaios complementares

Os ensaios previstos no Documento OIML D11 têm a intenção de verificar se os Computadores de Vazão, assim como os Corretores de Volume podem executar e funcionar como esperado em um

ambiente específico e sob condições específicas. Deste modo, os equipamentos deverão ser submetido aos ensaios com o intuito de verificar se o mesmo é compatível com o ambiente e com as condições de uso.

Verificar se o software instalado no equipamento e/ou sistema atende ao Documento OIML D31 ou Regulamentação nacional vigente.

10.3 Ensaios e metodologia a serem utilizados em hidrocarbonetos líquidos

10.3.1 Metodologia

Os ECIDs e ECDs geralmente recebem sinais de um ou mais equipamentos, transformando-os, processando-os e transmitindo-os para equipamentos externos. Uma representação esquemática é dada na figura 2. Basicamente, o computador de vazão transforma os sinais vindos do AMS. Esses podem ser analógicos ou digitais. No caso de sinal analógico, ele é convertido em um valor digital através de um conversor analógico/digital (A/D), denominado pela WELMEC 10.4 de AMT. O valor digital pode ser então alimentado em vários módulos de *software* que desempenham certos cálculos e transmitem os valores resultantes para outras partes do equipamento ou para equipamentos externos.

Para a realização de certos cálculos também é necessária a alimentação de certos parâmetros que são armazenados na memória do computador de vazão (ECID/ECD).

Baseado nas definições e requerimentos declarados na OIML R117-1 existem várias alternativas para examinar e testar um computador de vazão e ou corretor de volume. Em geral, três enfoques podem ser identificados, conforme WELMEC 10.4.

O primeiro e o segundo enfoques são derivados diretamente da OIML R117-1. O terceiro enfoque é um novo desenvolvimento apresentado na WELMEC 10.4. O propósito deste terceiro enfoque é permitir testes e certificação de instrumentos de medição associados ou sensores de medição associados (AMS) sem a utilização do computador de vazão ou corretor de volume, levando em conta as previsões da R117-1 para os equipamentos de conversão e instrumentos de medição associados.

O primeiro enfoque aplica-se à verificação do equipamento de conversão de uma forma global, ou seja, está incluindo os equipamentos de medição associados, calculador e equipamento de indicação. As indicações das características do líquido (temperatura, pressão e massa específica) geradas no computador de vazão ou no corretor de volume não são verificadas separadamente. Esse enfoque não será abordado neste procedimento.

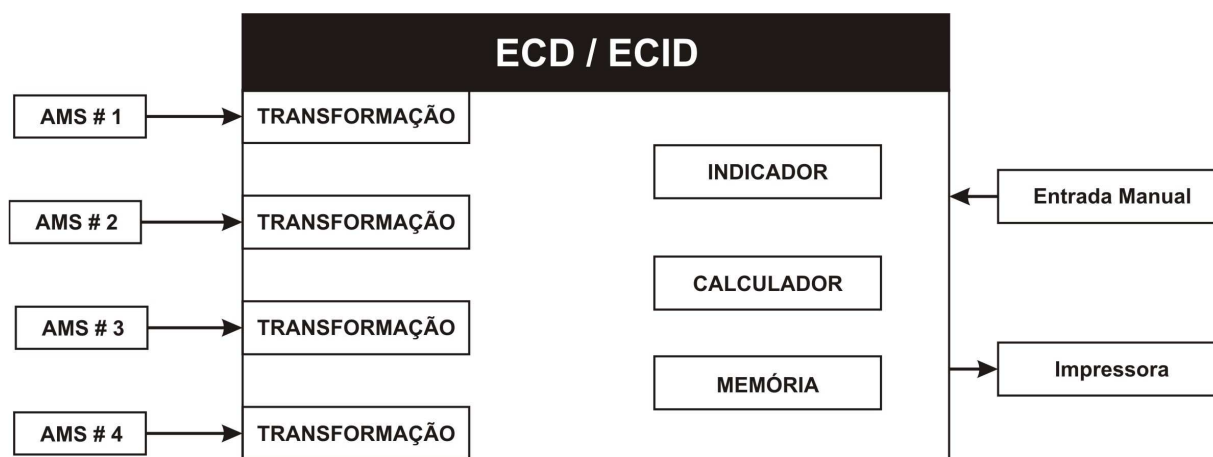



Figura 2 – Representação esquemática de um ECD/ECID

O segundo e o terceiro enfoque permitem separadamente verificar o calculador com seu equipamento de indicação e equipamento de conversão (ECID/ECD) através da simulação de sinais representando temperatura, pressão, massa específica e vazão. Os desvios máximos permitidos por esses dois enfoques

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 08/24
--	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

são os mesmos. Assim, o procedimento a ser apresentado é baseado no segundo ou terceiro enfoque, que para o teste do computador de vazão ou do corretor de volume, são iguais. Para o teste de cada parâmetro devem ser testados três pontos dentro da faixa de operação, denominados de valores mínimo, médio e máximo. A API MPMS 21 recomenda também, um mínimo de três pontos dentro da faixa de operação.

10.3.2 Sistemas de medição de hidrocarbonetos líquidos

No primeiro passo, sinais analógicos, representando temperatura, pressão e massa específica, são aplicados na entrada do computador de vazão ou corretor de volume (ECID/ECD). Para cada uma dessas variáveis, os valores mínimo, médio e máximo são aplicados. O valor para a grandeza simulada é comparado com o valor indicado do ECID. Desta maneira, pode-se calcular o desvio do valor simulado e o indicado pelo computador de vazão ou corretor de volume para cada um dos valores: mínimo, médio e máximo. Esses desvios são calculados pela equação (1).

$$\text{Desvio} = y_i - y_{\text{ref}} \quad (1)$$

Onde:

y_i – é o valor da grandeza indicada no ECID;

y_{ref} – é o valor da grandeza de referência representada pelo valor simulado.


Os desvios de indicação calculados pela equação (1), para a temperatura, pressão e massa específica, devem ser menores ou iguais aos erros máximos permissíveis indicados na Tabela 1 da OIML R117-1. Os valores apresentados na Tabela 1 são para a classe de exatidão 0.3, ou seja, o pior caso.

TABELA 1 – Erro máximo admissível da indicação de temperatura, pressão e massa específica baseado na OIML R117-1

Grandeza	Erro máximo admissível
Temperatura	$\pm 0,18 \text{ }^\circ\text{C}$
Pressão	Menor que 1 MPa: $\pm 30 \text{ kPa}$ Entre 1 MPa e 4 MPa: $\pm 3\%$ Maior que 4 MPa: $\pm 120 \text{ kPa}$
Massa específica	$\pm 0,6 \text{ kg/m}^3$

Nota: Para ECID que recebem sinais digitais, a OIML R117-1-1 não menciona um erro máximo admissível. Menciona somente que pode existir um erro de arredondamento, e que pode ser considerado desprezível.

O segundo passo para verificação do computador de vazão está relacionado aos cálculos de conversão do volume nas condições de operação para as condições de base. Baseado na norma utilizada para conversão do volume ou massa e nos valores representados por sinais simulados de temperatura, pressão e massa específica, o desvio do cálculo de conversão é verificado. Esse desvio deve ser calculado pela equação (2). Para a verificação dos cálculos de conversão, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 2, distribuída na faixa de validade da equação de conversão, conforme WELMEC 10.4. Caso o computador de vazão ou corretor de volume utilize mais de uma equação por faixa, uma nova matriz em cada faixa deve ser testada. Para esses testes é admitido que o volume nas condições de operação não possui erro, conforme WELMEC 10.4.

	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	09/24

O erro máximo admissível da conversão deve ser menor ou igual $\pm 0,03\%$ para a classe de exatidão 0.3. A OIML R117-1 também menciona esse valor.

$$\text{Desvio} = [(VCF_i - VCF_{ref}) / VCF_{ref}] \times 100 (\%) \quad (2)$$


Onde:

VCF_i – fator de conversão do volume indicado no ECID para as condições de base;

VCF_{ref} – fator de conversão do volume para as condições de base da referência. Ele é calculado baseado em norma e com os valores simulados de referência de temperatura, pressão e massa específica. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,03\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D ou D/D e o erro de algoritmo do fator de conversão.

TABELA 2 – Matriz de teste para determinação do desvio do fator de conversão adotada neste Procedimento.

Testes							
Pressão mínima (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
X	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X
ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X
Pressão média (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
X	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X
ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X
Pressão máxima (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
X	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X
ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 10/24
---	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

Nota: x – representa os pontos testados; ρ – massa específica; T – temperatura; min – mínima; méd – média; max – máxima.

Vale mencionar que, para sistemas de medição que não necessitam da medição da pressão estática para o cálculo do fator de conversão, a matriz de teste fica resumida às nove primeiras linhas da Tabela 2. O erro máximo admissível da conversão deverá ser menor ou igual $\pm 0,03\%$.

Também existe a possibilidade de testar o computador de vazão ou corretor de volume admitindo uma massa específica constante que é armazenada na memória do equipamento. Dessa maneira, não é necessário aplicar um sinal simulado para a massa específica. Muitos dos sistemas de medição não utilizam um analisador de massa específica. Assim, o computador de vazão, ou corretor de volume, também é analisado admitindo uma massa específica que é armazenada na memória do equipamento. A matriz de teste é montada conforme Tabela 2. O erro máximo admissível da conversão deve ser menor ou igual $\pm 0,03\%$.

O terceiro passo para verificação do computador de vazão está relacionado aos cálculos dos fatores de correção de volume devido a temperatura (CTL) e pressão (CPL). Quando multiplicados, fornecem o fator de conversão do volume (VCF). Os valores do CTL e CPL podem ser obtidos quando da realização dos testes da Tabela 2. Seus desvios em relação à referência normativa devem ser calculados pelas equações 3 e 4. Para a verificação dos cálculos, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 3, distribuída na faixa de validade da equação de conversão, conforme WELMEC 10.4. Caso o computador de vazão ou corretor de volume utilize mais de uma equação por faixa, uma nova matriz em cada faixa deve ser testada.

O erro máximo admissível do cálculo do CTL deve ser menor ou igual $\pm 0,015\%$ para a classe de exatidão 0.3.

$$\text{Desvio} = [(CTL_i - CTL_{ref}) / CTL_{ref}] \times 100 (\%) \quad (3)$$

Onde:

CTL_i – fator de conversão do volume indicado no ECID devido a temperatura;

CTL_{ref} – fator de conversão do volume de referência devido a temperatura. Ele é calculado baseado em norma, e com os valores simulados de referência de temperatura, pressão e massa específica. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,015\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D ou D/D e o erro de algoritmo do ator de conversão devido a temperatura.

O erro máximo admissível do cálculo do CPL deve ser menor ou igual $\pm 0,015\%$ para a classe de exatidão 0.3.

$$\text{Desvio} = [(CPL_i - CPL_{ref}) / CPL_{ref}] \times 100 (\%) \quad (4)$$

Onde:

CPL_i – fator de conversão do volume indicado no ECID devido a pressão;

CPL_{ref} – fator de conversão do volume de referência devido a pressão. Ele é calculado baseado em norma, e com os valores simulados de referência de temperatura, pressão e massa específica. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,015\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D ou D/D e o erro de algoritmo do fator de conversão devido a pressão.


TABELA 3 – Matriz de teste para determinação dos desvios do CTL e CPL.

Pressão mínima (kPa)	Combinação das grandezas				CTLi	CTL ref	Desvio do CTL (%)	CPLi	CPL ref	Desvio do CPL (%)
	ρ_{min}	X	T_{min}	X						
x	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
Pressão média (kPa)	Combinação das grandezas				CTLi	CTL ref	Desvio do CTL (%)	CPLi	CPL ref	Desvio do CPL (%)
	ρ_{min}	X	T_{min}	X						
x	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
Pressão máxima (kPa)	Combinação das grandezas				CTLi	CTL ref	Desvio do CTL (%)	CPLi	CPL ref	Desvio do CPL (%)
	ρ_{min}	X	T_{min}	X						
x	ρ_{min}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{min}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{med}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{min}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{med}	X	X	X	X	X	X	X
	ρ_{max}	X	T_{max}	X	X	X	X	X	X	X

Nota: x – representa os pontos testados; ρ – massa específica; T – temperatura; min – mínima; méd – média; max – máxima.

Vale mencionar que, para sistemas de medição que não necessitam da medição da pressão estática, a matriz de teste fica resumida às nove primeiras linhas da Tabela 3. O erro máximo admissível da conversão deverá ser menor ou igual $\pm 0,015\%$.

Também existe a possibilidade de se testar o computador de vazão ou corretor de volume admitindo uma massa específica constante que é armazenada na memória do equipamento. Dessa maneira, não é necessário aplicar um sinal simulado para a massa específica. Assim, o computador de vazão, ou corretor de volume, também é analisado admitindo uma massa específica que é armazenada na memória do

	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	12/24

equipamento. A matriz de teste será montada conforme Tabela 3. O erro máximo admissível do cálculo do CTL e CPL deverá ser menor ou igual $\pm 0,015\%$.

O quarto passo para verificação do computador de vazão ou corretor de volume está relacionado à determinação do volume medido nas condições de operação ou massa, ou seja, esta relacionado à verificação do computo da contagem de pulsos e na conversão A/D. Utilizando um sinal simulado (de referência) de pulso e um fator-k, pode-se determinar o volume de referência e o volume indicado pelo ECID. Com esses valores pode-se determinar o desvio entre eles. Esse desvio pode ser calculado pela equação 5. O erro máximo admissível deverá ser menor ou igual $\pm 0,03\%$ para a classe de exatidão 0.3.

$$\text{Desvio} = [(V_i - V_{\text{ref}}) / V_{\text{ref}}] \times 100 (\%) \quad (5)$$

Onde:

V_i – volume indicado no ECID;

V_{ref} – volume de referência.

O procedimento de teste para este quarto passo, não está claro e harmonizado pela WELMEC 10.4. Ela só menciona que o teste deve ser realizado e a sua tolerância atendida. Dessa maneira, são utilizados os princípios da API MPMS 21 e as especificações do fabricante. O teste deve ser realizado como se segue:

- Forma de onda testada: quadrada e senoidal. Caso o computador de vazão ou corretor de volume permita a contagem de pulso com formas de onda diferentes, elas também podem ser avaliadas.
- A amplitude do sinal de pulso é especificada conforme o fabricante do computador de vazão ou corretor de volume. Caso exista uma faixa de variação da amplitude, ela é avaliada nos valores mínimo, médio e máximo.
- O computador de vazão ou corretor de volume é testado na frequência mínima, média e máxima especificada pelo fabricante para o recebimento dos pulsos.
- Para cada frequência acima são gerados 20.000 pulsos.


A matriz teste para este quarto passo está representada na Tabela 4.

TABELA 4 – Matriz de teste para determinação do desvio do volume nas condições de operação.

Forma de onda	Amplitude do sinal de pulso (V)	Frequência	(Hz)	V_i (m^3)	V_{ref} (m^3)	Desvio (%)
x	mínima	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
		máxima	x	x	x	x
	média	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
		máxima	x	x	x	x
	máxima	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
máxima		x	x	x	x	

Nota: x – representa os pontos testados.

O quinto passo para verificação do computador de vazão ou corretor de volume está relacionado aos testes de conversão do volume (VCF_w) calculado por CV's que irão operar em sistemas de medição de vazão de apropriação, conforme previsto na portaria conjunta ANP/Inmetro nº 001 de 2000. Esses

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 13/24
---	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

sistemas trabalham com mistura de petróleo, água e sedimentos. Na realidade esses testes são realizados para verificar o desempenho do equipamento quando conectado a um medidor de BSW em linha. O fator de conversão do volume (VCF_w) pode ser definido como:

$$VCF_w = MF \times CTL \times CPL \times (1-BSW) \quad (6)$$

Onde:

MF – fator de correção do medidor, conhecido como “*meter factor*”;

CTL – fator de conversão do volume devido a temperatura;

CPL - fator de conversão do volume devido a pressão;

BSW – nomenclatura do inglês “*basic sediment and water*”.

Baseado nas normas utilizadas para os cálculos do CTL e CPL e nos valores representados por sinais simulados de temperatura, pressão, massa específica e BSW, o desvio do cálculo de conversão é verificado através da equação 7. Para a verificação dos cálculos, os testes deverão ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 5. Para estes testes é admitido que o volume nas condições de operação não possui erro.

O erro máximo admissível da conversão deve ser menor ou igual $\pm 0,10\%$ para a classe de exatidão 1.0.

$$\text{Desvio} = [(VCF_{wi} - VCF_{wref}) / VCF_{wref}] \times 100 (\%) \quad (7)$$

Onde:


VCF_{wi} – fator de conversão do volume indicado no ECID para as condições de base;

VCF_{wref} – fator de conversão do volume para as condições de base da referência. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,10\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D ou D/D e o erro de algoritmo do fator de conversão.

TABELA 5 – Teste de conversão do volume – Petróleo e água.

Pressão mínima (kPa)	Combinação das grandezas				BSW mínimo (%)	VCF _{wi}	VCF _{wref}	Desvio (%)
	ρ_{\min}	X	T _{min}	X				
X	ρ_{\min}	X	T _{min}	X	X	X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{max}	X	X	X	X	
Pressão média (kPa)	Combinação das grandezas				BSW média (%)	VCF _{wi}	VCF _{wref}	Desvio (%)
	ρ_{\min}	X	T _{min}	X				
X	ρ_{\min}	X	T _{min}	X	X	X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{max}	X	X	X	X	
Pressão máxima (kPa)	Combinação das grandezas				BSW máxima (%)	VCF _{wi}	VCF _{wref}	Desvio (%)
	ρ_{\min}	X	T _{min}	X				
X	ρ_{\min}	X	T _{min}	X	X	X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{\min}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{med}	X		X	X	X
	ρ_{med}	X	T _{max}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{min}	X		X	X	X
	ρ_{max}	X	T _{med}	X		X	X	X

Nota: x – representa os pontos testados.

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 15/24
---	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

10.4 Sistemas de medição de gás natural

Para a elaboração dos procedimentos de sistemas de medição de gás, pretende-se utilizar a mesma metodologia apresentada no subitem 10.3.1, com algumas modificações. Esse procedimento é dividido em três partes: a primeira para medidores lineares, a segunda para medidores de pressão diferencial, especificamente placa de orifício, e a terceira para validação do algoritmo da AGA 8. Na realidade, para os computadores de vazão ou corretores de volume que permitirem a utilização de medidores lineares e diferenciais, as duas partes serão cobertas durante o teste, ou seja, tornando-se um procedimento único.

Vale mencionar que o procedimento para gás natural é subdividido em testes para aprovação de modelo e verificação inicial/periódica. Para esses testes, os sinais a serem simulados podem ser somente analógicos ou somente digitais.

10.4.1 Procedimento e desvios máximos admissíveis para medidores lineares

10.4.1.1 Conversão de volume para modelos com sinais analógicos de pressão e temperatura

O primeiro passo para verificação do computador de vazão e corretor de volume está relacionado aos cálculos de conversão. Baseado na norma utilizada para conversão do volume nas condições de operação para as condições de base e nos valores representados por sinais simulados de temperatura e pressão, o desvio do cálculo de conversão é verificado. Este desvio pode ser calculado pela equação 8. Para a verificação dos cálculos de conversão, os testes deverão ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 6, distribuída na faixa de validade da norma AGA 8. A verificação é baseada utilizando-se o método detalhado e o método bruto, ambos para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural, como também, uma das composições de gás natural a ser configurada (memorizada) no equipamento, informada na AGA 8. Para esses testes é admitido que o volume nas condições de operação não possui erro, conforme WELMEC 10.4.

O erro máximo admissível da conversão deverá ser menor ou igual $\pm 0,05\%$.

$$\text{Desvio} = [(VCF_i - VCF_{ref}) / VCF_{ref}] \times 100 (\%) \quad (8)$$

Onde:

VCF_i – fator de conversão do volume indicado no ECID para as condições de base;

VCF_{ref} – fator de conversão do volume para as condições de base de referência. Ele é calculado baseado em normas, e com os valores simulados de referência de temperatura e pressão. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,05\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D e o erro de algoritmo.

Para a realização desse teste deverão ser utilizados os seguintes artifícios para configuração da entrada analógica de pressão estática e temperatura do CV:

- Pressão estática:
 - 4 mA = 0 kPa;
 - 20 mA = Valor da pressão estática de cada linha da Tabela 6 dividido por 0,8, ou seja, cada pressão estática apresentada na Tabela 6 representa 80% da pressão máxima de operação.

- Temperatura
 - 4 mA = 0 °C;
 - 20 mA = 200 °C.

As faixas de pressão e temperatura que serão utilizadas nesta Tabela tentarão reproduzir quase todas as condições de operação, da montante à jusante. Essas faixas estão dentro dos limites especificados pela AGA 8.

TABELA 6 – Matriz de teste para determinação do desvio do fator de conversão para medidores lineares de sistemas de medição de gás natural

Combinação das grandezas				VCF _i	VCF _{ref}	Desvio (%)
P _{min}	x	T _{min}	x	x	x	x
P _{min}	x	T _{med}	x	x	x	x
P _{min}	x	T _{max}	x	x	x	x
P _{med}	x	T _{min}	x	x	x	x
P _{med}	x	T _{med}	x	x	x	x
P _{med}	x	T _{max}	x	x	x	x
P _{max}	x	T _{min}	x	x	x	x
P _{max}	x	T _{med}	x	x	x	x
P _{max}	x	T _{max}	x	x	x	x

Notas: a) Os testes serão realizados para uma composição de gás natural da AGA 8.

b) x – representa os pontos testados; P – pressão estática; T – temperatura; min – mínima; méd – média; max – máxima.

10.4.1.2 Conversão de volume para modelos com sinais digitais de pressão e temperatura

O primeiro passo para verificação do computador de vazão ou corretor de volume, está relacionado aos cálculos de conversão. Baseado na norma utilizada para conversão do volume nas condições de operação para as condições de base e nos valores representados por sinais simulados de temperatura e pressão, o desvio do cálculo de conversão é verificado. Este desvio deve ser calculado pela equação 9. Para a verificação dos cálculos de conversão, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 6, distribuída na faixa de validade da norma AGA 8. A verificação é baseada no método detalhado e método bruto para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural, como também, uma das composições de gás natural a ser configurada (memorizada) no equipamento, informada na AGA 8. Para esses testes é admitido que o volume nas condições de operação não possui erro, conforme WELMEC 10.4.


O erro máximo admissível da conversão deverá ser menor ou igual $\pm 0,01\%$.

$$\text{Desvio} = [(VCF_i - VCF_{ref}) / VCF_{ref}] \times 100 (\%) \quad (9)$$

Onde:

VCF_i – fator de conversão do volume indicado no ECID para as condições de base;

VCF_{ref} - fator de conversão do volume para as condições de base de referência. Ele é calculado baseado em normas, e com os valores simulados de referência de temperatura e pressão. Dessa maneira, o erro

	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	17/24

máximo admissível de $\pm 0,01\%$ já está levando em consideração o erro de conversão D/D e o erro de algoritmo.

10.4.1.3 Conversão de volume para modelos com contagem de pulsos

O segundo passo para verificação do computador de vazão ou corretor de volume, está relacionado à determinação do volume medido nas condições de operação, ou seja, na verificação do computo da contagem de pulso e na conversão A/D. Utilizando um sinal simulado (de referência) de pulso e um *fator-k*, pode-se determinar o volume de referência e o volume indicado pelo ECID. Com esses valores pode-se determinar o desvio entre eles. Esse desvio deve ser calculado pela equação 10. O erro máximo admissível deve ser menor ou igual $\pm 0,03\%$, conforme WELMEC 10.4.

$$\text{Desvio} = [(V_i - V_{\text{ref}}) / V_{\text{ref}}] \times 100 (\%) \quad (10)$$

Onde:

V_i – volume indicado no ECID;

V_{ref} - volume de referência.

O teste deve ser realizado como segue:


- Forma de onda testada: quadrada e senoidal. Caso o computador de vazão ou corretor de volume, permita a contagem de pulso com formas de onda diferentes, elas também poderão ser avaliadas.
- A amplitude do sinal de pulso é especificada conforme o fabricante do computador de vazão. Caso exista uma faixa de variação da amplitude, ela será avaliada nos valores mínimo, médio e máximo.
- O computador de vazão ou corretor de volume é testado na frequência mínima, média e máxima especificada pelo fabricante para o recebimento dos pulsos.
- Para cada frequência acima são gerados 20.000 pulsos.

A matriz teste para este segundo passo, está representada na Tabela 7.

TABELA 7 – Matriz de teste para determinação do desvio do volume nas condições de medição para medidores lineares de sistemas de medição de gás natural

Forma de onda	Amplitude do sinal de pulso (V)	Frequência	(Hz)	V_i (m^3)	V_{ref} (m^3)	Desvio (%)
x	mínima	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
		máxima	x	x	x	x
	média	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
		máxima	x	x	x	x
	máxima	mínima	x	x	x	x
	x	média	x	x	x	x
máxima		x	x	x	x	

Nota: x – representa os pontos testados.

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 18/24
---	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

10.4.2 Procedimento e desvios máximos permissíveis para medidores de pressão diferencial

10.4.2.1 Conversão de volume para modelos com sinais analógicos de pressão e temperatura

A verificação do computador de vazão ou corretor de volume, está relacionada aos cálculos de conversão para a vazão nas condições de base de 101,325 kPa e 20 °C. Baseado na norma utilizada para conversão da vazão e nos valores representados por sinais simulados de temperatura, pressão e diferencial de pressão, o desvio do cálculo da vazão nas condições de base é verificado. Esse desvio deve ser calculado pela equação 11. Para a verificação dos cálculos de conversão, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 8, distribuída na faixa de validade da norma AGA 8. A verificação é baseada utilizando-se o método detalhado e método bruto para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural, como também, uma das composições de gás natural a ser configurada (memorizada) no computador de vazão, informada na AGA 8. Os testes também são realizados para uma faixa de diâmetro da placa de orifício e tubulação na temperatura de referência 20°C.

O erro máximo admissível da conversão deve ser menor ou igual $\pm 0,05\%$.

$$\text{Desvio} = [(VR_i - VR_{\text{ref}}) / VR_{\text{ref}}] \times 100 (\%) \quad (11)$$

Onde:

VR_i –vazão nas condições de base indicado no ECID;

VR_{ref} – vazão nas condições de base de referência. Ela é calculada baseada em normas, com os valores simulados de referência de temperatura, pressão e diferencial de pressão e para os valores informados ao computador de vazão de viscosidade e expoente isentrópico. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,05\%$ já está levando em consideração o erro de conversão A/D e o erro de algoritmo.

Para a realização desse teste devem ser utilizados os seguintes valores para configuração da entrada analógica de pressão estática, diferencial e temperatura do CV:

- Pressão estática:
 - 4 mA = 0 kPa;
 - 20 mA = Valor da pressão estática de cada linha da Tabela 8 dividido por 0,8, ou seja, cada pressão estática apresentada na Tabela 8 representa 80% da pressão máxima de operação.
- Pressão diferencial:
 - 4 mA = 0 kPa;
 - 20 mA = Valor da pressão diferencial de cada linha da Tabela 8 multiplicado por 10, ou seja, a pressão diferencial apresentada na Tabela 8 representa uma operação com largura da faixa ou intervalo de 10:1 na pressão diferencial (admitido aqui o pior caso).
- Temperatura:
 - 4 mA = 0 °C;
 - 20 mA = 200 °C.

Essas faixas tentam reproduzir quase todas as condições de operação, da montante à jusante. Elas estão dentro dos limites especificados pela AGA 8.


	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	19/24

TABELA 8 – Matriz de teste para determinação do desvio da vazão nas condições de base – placa de orifício.


Testes							
ΔP mínimo (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
x	ρ_{min}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmed	x	x	x	x
ρ_{max}	x	Tmax	x	x	x	x	
ΔP médio (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
x	ρ_{min}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmed	x	x	x	x
ρ_{max}	x	Tmax	x	x	x	x	
ΔP máximo (kPa)	Combinação das grandezas				VCF i	VCF ref	Desvio (%)
X	ρ_{min}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{min}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmed	x	x	x	x
	ρ_{med}	x	Tmax	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmin	x	x	x	x
	ρ_{max}	x	Tmed	x	x	x	x
ρ_{max}	x	Tmax	x	x	x	x	

Notas: a) Os testes são realizados para uma composição de gás natural da AGA 8.

b) x – representa os pontos testados; P – pressão estática; T – temperatura; min – mínima; méd – média; max – máxima.

10.4.2.2 Conversão de volume para modelos com sinais digitais de pressão e temperatura

A verificação do computador de vazão está relacionada aos cálculos de conversão para a vazão nas condições de base de 101,325 kPa e 20 °C. Baseado na norma utilizada para conversão da vazão e os

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 20/24
---	----------------------	------------------------------	-----------------------------------

valores representados por sinais simulados de temperatura, pressão e diferencial de pressão, o desvio do cálculo da vazão nas condições de base é verificado. Esse desvio deve ser calculado pela equação 12. Para a verificação dos cálculos de conversão, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 8, distribuída na faixa de validade da norma AGA 8. A verificação é baseada utilizando-se o método detalhado e método bruto para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural, como também, uma das composições de gás natural a ser configurada (memorizada) no equipamento, informada na AGA 8. Os testes também são realizados para uma faixa de diâmetro da placa de orifício e tubulação na temperatura de referência de 20 °C.

O erro máximo admissível da conversão deve ser menor ou igual $\pm 0,01\%$.

$$\text{Desvio} = [(VR_i - VR_{ref}) / VR_{ref}] \times 100 (\%) \quad (12)$$

Onde:

VR_i – vazão nas condições de base indicado no ECID;

VR_{ref} – vazão nas condições de base de referência. Ela é calculada baseada em normas, com os valores simulados de referência de temperatura, pressão e diferencial de pressão e para os valores informados ao computador de vazão ou corretor de volume, de viscosidade e expoente isoentrópico. Dessa maneira, o erro máximo admissível de $\pm 0,01\%$ já está levando em consideração o erro de conversão D/D e o erro de algoritmo.

10.4.3 Validação do algoritmo da AGA 8

10.4.3.1 Procedimento e desvios máximos permissíveis para validação do método detail

A validação do algoritmo da AGA 8 para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural é realizada sem a simulação de sinais analógicos ou digitais. O CV é alimentado com unidades de engenharia de pressão, temperatura e composição do gás natural de modo a calcular o fator de compressibilidade. São utilizadas as cinco composições de gás natural, Tabela 9, apresentadas na AGA 8, mais uma genérica, para a validação do cálculo do fator de compressibilidade. Esse valor do fator de compressibilidade calculado pelo CV é comparado com o disponível na AGA 8 para os mesmos valores de pressão, temperatura e composição do gás natural. Alternativamente, uma planilha validada ou um *software* da AGA poderá ser utilizado para valores de pressão e temperatura diferentes daqueles disponíveis na AGA 8, que estão em unidades inglesas. Para validação do algoritmo é utilizado o método detalhado e método bruto para o cálculo do fator de compressibilidade apresentado na AGA 8. Pode-se notar, na última coluna da Tabelas 9, a adição de uma cromatografia e de nome “Genérico”. Ela foi adicionada de modo a testar a interação máxima entre todos os componentes previstos na AGA 8 para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural.

TABELA 9 – Composições do gás natural.

Componente	Fração molar dos componentes do gás natural (%)					
	Gulf Coast	Amarillo	Ekofisk	High N2	High	Genérico
Metano	96,5222	90,6724	85,9063	81,4410	81,2120	45,2500
Nitrogênio	0,2595	3,1284	1,0068	13,4650	5,7020	5,0000
CO₂	0,5956	0,4676	1,4954	0,9850	7,5850	30,0000
Etano	1,8186	4,5279	8,4919	3,3000	4,3030	5,0000
Propano	0,4596	0,8280	2,3015	0,6050	0,8950	4,0000
i-Butano	0,0977	0,1037	0,3486	0,1000	0,1510	0,5000
n-Butano	0,1007	0,1563	0,3506	0,1040	0,1520	0,5000
i-Pentano	0,0473	0,0321	0,0509	0,0000	0,0000	0,1400
n-Pentano	0,0324	0,0443	0,0480	0,0000	0,0000	0,1600
Hexano	0,0664	0,0393	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400
Heptano	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200
Octano	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400
Nonano	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400
Decano	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400
H₂S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
Hélio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
Oxigênio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,5000
CO	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,5000
Hidrogênio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,0000
Argônio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Total (%)	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000

Para a verificação dos cálculos, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 10, para cada composição do gás natural apresentada na Tabela 9. O erro máximo admissível entre os fatores de compressibilidade deve ser menor ou igual $\pm 0,01\%$, o que corresponde a uma ordem de grandeza melhor do que a menor incerteza do fator de compressibilidade ($\pm 0,1\%$) apresentada na AGA 8. O desvio deve ser calculado pela equação 13.

$$\text{Desvio} = [(Z_i - Z_{\text{ref}}) / Z_{\text{ref}}] \times 100 (\%) \quad (13)$$

Onde:

Z_i – fator de compressibilidade indicado pelo CV;

Z_{ref} – fator de compressibilidade informado na AGA 8 ou fornecido por uma planilha validada ou *software* da AGA.

Nota-se que o erro máximo admissível de $\pm 0,01\%$, representa ± 100 ppm (partes por milhão) ou um erro máximo admissível de $\pm 0,0001$. Isto mostra que se pode errar de uma unidade na quarta casa decimal do valor calculado com seis casas decimais, conforme AGA 8. A menor incerteza do fator de compressibilidade apresentada na AGA 8 é de $\pm 0,1\%$. Portanto, a incerteza do fator de compressibilidade é dez vezes o erro máximo admissível adotada para validar o algoritmo da AGA 8 neste procedimento.


	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	22/24

TABELA 10 - Matriz de teste (SI) para determinação do desvio de algoritmo da AGA 8

Pressão (kPa)	Temperatura (°C)	Zi	Zref	Desvio (%)
P_{\min}	T_{\min}	x	x	x
P_{\min}	$0,5T_{\max}$	x	x	x
P_{\min}	T_{\max}	x	x	x
$0,5P_{\max}$	T_{\min}	x	x	x
$0,5P_{\max}$	$0,5T_{\max}$	x	x	x
$0,5P_{\max}$	T_{\max}	x	x	x
P_{\max}	T_{\min}	x	x	x
P_{\max}	$0,5T_{\max}$	x	x	x
P_{\max}	T_{\max}	x	x	x

Notas: a) Os testes são realizados para cada composição de gás natural da Tabela 9.
b) x – representa os pontos testados;

10.4.3.2 Procedimento e desvios máximos permissíveis para validação do método *Gross*

A validação do algoritmo da AGA 8 para o cálculo do fator de compressibilidade do gás natural é realizada sem a simulação de sinais analógicos ou digitais. O CV é alimentado com unidades de engenharia de pressão, temperatura e composição simplificada do gás natural de modo a calcular o fator de compressibilidade. Para cada método (*Gross 1* e *Gross 2*), são utilizadas as duas composições de gás natural, Tabela 11, apresentadas na AGA 8, mais uma genérica, para a validação do cálculo do fator de compressibilidade. Esse valor do fator de compressibilidade calculado pelo CV é comparado com o disponível na AGA 8 para os mesmos valores de pressão, temperatura e composição do gás natural. Alternativamente, uma planilha validada ou um *software* que simule a AGA 8 pode ser utilizada para valores de pressão e temperatura diferentes daqueles disponíveis na norma, que estão em unidades inglesas. Para validação desse módulo do algoritmo da AGA 8 é utilizado o método *Gross*, apresentado na norma, para validação do cálculo do fator de compressibilidade. Pode-se notar, na última coluna da Tabela 11, a adição de uma composição de nome “Genérico”. Ela foi adicionada de modo a testar a interação máxima entre todos os componentes previstos no método *Gross* da AGA 8.

Para a verificação dos cálculos, os testes devem ser realizados conforme matriz de teste apresentada na Tabela 12, para cada composição de parâmetros do gás natural apresentada na Tabela 11. O erro máximo admissível entre os fatores de compressibilidade deve ser menor ou igual $\pm 0,01\%$, o que corresponde a uma ordem de grandeza melhor do que a menor incerteza do fator de compressibilidade ($\pm 0,1\%$) apresentada na AGA 8. O desvio deve ser calculado pela equação 13.



	NIT-DIFLU-001	REV.	PÁGINA
		01	23/24

TABELA 11 – Caracterização dos parâmetros do gás natural para método Gross.

Gross 1	Componentes	Gulf Coast	Amarillo	Genérico
	Poder Calorífico em Btu/ft ³	1036,05	1034,85	
	Temperatura de referência para o poder calorífico molar em °F	60,00	60,00	
	Pressão de referência para o poder calorífico molar em psia	14,73	14,73	
	Densidade Relativa do Gás	0,581078	0,608657	
	Temperatura de referência para densidade relativa em °F	60,00	60,00	
	Pressão de referência para densidade relativa em psia	14,73	14,73	
	Fração molar do dióxido de Carbono	0,005956	0,004676	
	Fração molar do Hidrogênio	0,00	0,00	
	Fração molar do monóxido de Carbono	0,00	0,00	
Gross 2	Componentes	Gulf Coast	Amarillo	Genérico
	Densidade Relativa do Gás	0,581078	0,608657	
	Temperatura de referência para densidade relativa em °F.	60,00	60,00	
	Pressão de referência para densidade relativa em psia	14,73	14,73	
	Fração molar do Nitrogênio	0,002595	0,031284	
	Fração molar do dióxido de Carbono	0,005956	0,004676	
	Fração molar do Hidrogênio	0,00	0,00	
Fração molar do monóxido de Carbono	0,00	0,00		

TABELA 12 - Matriz de teste (SI) para determinação do desvio de algoritmo da AGA 8

Pressão (kPa)	Temperatura (°C)	Zi	Zref	Desvio (%)
P_{min}	T_{min}	x	x	x
P_{min}	$0,5T_{max}$	x	x	x
P_{min}	T_{max}	x	x	x
$0,5P_{max}$	T_{min}	x	x	x
$0,5P_{max}$	$0,5T_{max}$	x	x	x
$0,5P_{max}$	T_{max}	x	x	x
P_{max}	T_{min}	x	x	x
P_{max}	$0,5T_{max}$	x	x	x
P_{max}	T_{max}	x	x	x

	NIT-DIFLU-001	REV. 01	PÁGINA 24/24
---	----------------------	--------------------------	-------------------------------

Notas: a) Os testes são realizados para cada composição de gás natural da Tabela 11;
b) x – representa os pontos testados.

11 APROVAÇÃO/REPROVAÇÃO

11.1 Aprovar os Computadores de Vazão ou Corretores de Volume que satisfaçam a todas as especificações desta norma.

11.1.1 Emitir portaria de aprovação de modelo, conforme NIE-DIMEL-090.

11.2 Reprovar os Computadores de Vazão ou Corretores de Volume que não satisfaçam a todas as especificações desta Norma e identificá-los com a letra “R” no mostrador com pincel atômico vermelho.

11.2.1 Emitir ofício de reprovação para o solicitante.

12 DISPOSIÇÕES GERAIS

12.1 Os Computadores de Vazão estão sujeitos às verificações inicial e subsequente, conforme procedimentos específicos.

13 HISTÓRICO DA REVISÃO

Foi incluído no item 4 o FOR-DIMEL-163 .
