

## 5 Análise dos Dados

Através da ANP, foram obtidos os seguintes dados de todos os pontos de medição de gás de uma dada unidade de produção marítima típica:

- dados de vazão diária no período de 01/01/2011 a 30/06/2012;
- incertezas dos pontos de medição;
- equação de fechamento da produção pelas entradas e saídas.

Adicionalmente, somente para os pontos de medição fiscal de gás foram obtidos os dados de vazão horária em um determinado mês.

Através destes dados, foram analisadas:

1. as incertezas mensais da produção de gás natural da instalação e a correspondente influência da incerteza da medição do gás de tocha nesta;
2. as diferenças encontradas entre a medição indireta (balanço de gás) e a medição direta (medição ultrassônica);
3. as incertezas relacionadas à medição indireta e os erros sistemáticos.

### 5.1. O Sistema de Medição da Instalação Típica

A Figura 54 apresenta um esquema simplificado do sistema de medição de gás da unidade de produção analisada.

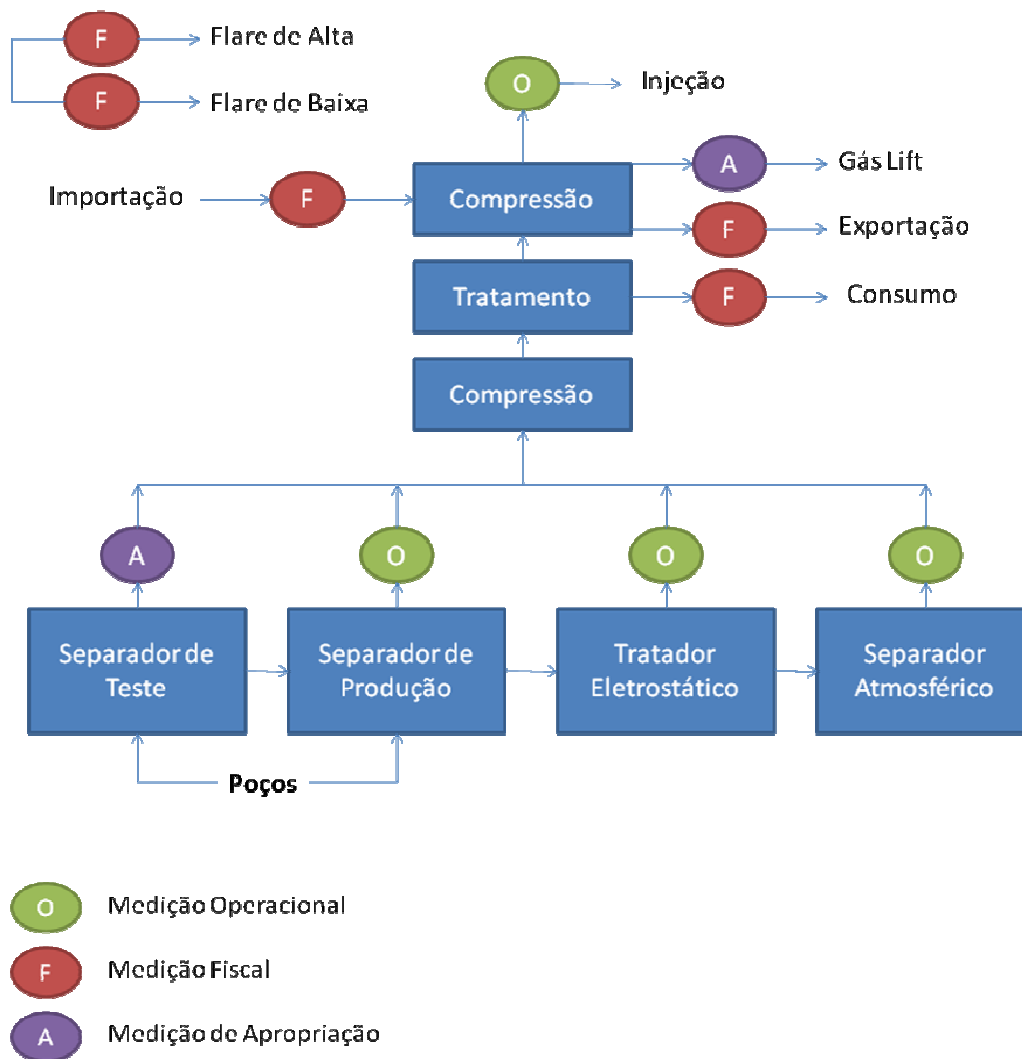


Figura 54 – Esquema Simplificado do Sistema de Medição de Gás da Instalação analisada

Os pontos de gás que totalizam a produção são considerados fiscais. Como pode ser observado no esquema acima, estes pontos estão localizados nas saídas de gás da plataforma típica, considerando que todo o gás que entra no sistema de produção da instalação, através dos separadores, necessariamente será destinado para a exportação, o consumo ou a queima. Também se contabiliza na entrada, o gás que é importado para ser utilizado para consumo, por exemplo. Sendo assim, a equação do fechamento da produção é:

$$\text{Produção de Gás} = \text{Flare de Alta} + \text{Flare de Baixa} + \text{Consumo} + \text{Exportação} - \text{Importação}.$$

Da equação acima, observamos que há dois medidores dedicados para a medição do gás de tocha: um na linha de alta pressão e outro na linha de baixa pressão, conforme item 4.1.1. A tecnologia empregada para a medição do gás queimado na instalação é a ultrassônica.

Como já mencionado acima, os pontos de gás que totalizam a produção são considerados fiscais. Isto pressupõe requisitos de medição mais rígidos, ou seja, calibração mais frequente e incertezas menores (abaixo de  $\pm 1,5\%$ ). Cumpre ressaltar que, no Brasil, as participações governamentais incidem sobre a produção totalizada nestes pontos fiscais de medição de gás, onde se caracteriza a mudança de propriedade do hidrocarboneto da União para o concessionário.

A produção de gás da unidade também poderia ser contabilizada pelas entradas e, neste caso, seria a soma dos pontos de medição de gás localizados nas saídas dos separadores, exceto os pontos de medição do gás que é novamente injetado nos reservatórios ou utilizado para gas lift. Entretanto, como estes pontos são considerados operacionais ou de apropriação nesta unidade, os requisitos de medição são mais flexíveis que os fiscais.

De acordo com o Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural do Brasil (RTM), instituído através da Portaria Conjunta ANP/Inmetro nº 1/2000, os sistemas de medição fiscal, de apropriação e operacional de gás devem ser projetados, calibrados e operados de forma que a incerteza de medição seja inferior a  $\pm 1,5\%$ ,  $\pm 2\%$  e  $\pm 3\%$ , respectivamente. Para a medição fiscal da queima de gás, o órgão regulador aceita  $\pm 5\%$  de incerteza de medição, já que é uma regra adotada internacionalmente.

Os medidores de gás devem ser calibrados segundo a norma ABNT NBR ISO 10012-1, com intervalo inicial entre calibrações sucessivas não superior a 60 dias para medidores fiscais e 90 dias para outros medidores. No caso dos sistemas baseados em placa de orifício (normalmente os fiscais e de apropriação), as inspeções dimensionais das placas devem ser feitas anualmente e as de trechos retos de três em três anos.

Portanto, a medição de gás de *flare* com requisito fiscal pressupõe uma medição de melhor qualidade do que a operacional. É importante observar que nas instalações marítimas do Brasil, a maioria dos sistemas de medição de gás de *flare* possui requisito fiscal, conforme mostra a Figura 55.

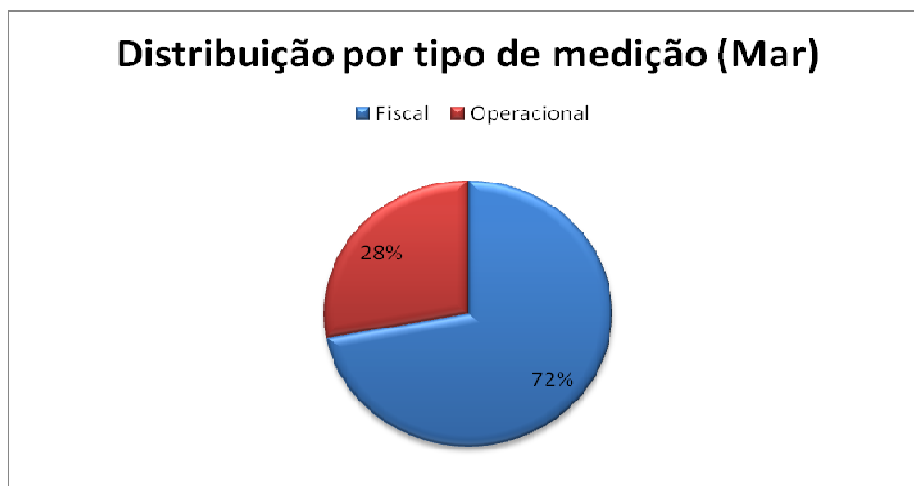


Figura 55 – Distribuição da medição de gás de *flare* por tipo de medição, Mar – ES, Campos e Santos (elaboração própria com base nos dados da ANP, 2012)

Em instalações terrestres das bacias do Espírito Santo, Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia, verifica-se o oposto, sendo aproximadamente 74% dos pontos de medição de gás de *flare* operacionais e 26% fiscais.

## 5.2. O Histórico da Queima e da Produção de Gás Natural

A Figura 56 apresenta os históricos de queima e produção de gás da plataforma típica. Foram obtidos dados diários de 547 dias. Cumpre observar que o histórico abrange um período de comissionamento da unidade de produção, quando a maior parcela do gás é queimada.

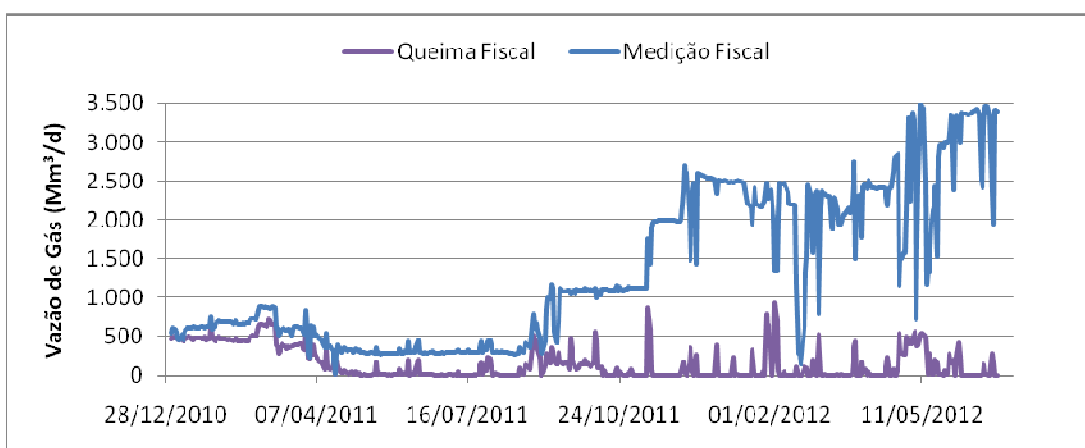


Figura 56 – Histórico da Queima e da Produção de Gás da Instalação Típica

O comportamento observado é típico de uma instalação de produção desde o início da produção, incluindo o período de comissionamento.

### 5.3. Análises de Incertezas obtidas

Incerteza de medição significa a dúvida quanto à validade do resultado de uma medição. De acordo o guia para expressão de incerteza de medição (ISO GUM), a definição formal é o parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando.

Para análise da influência da incerteza da medição de gás de *flare* na totalização da produção, foram obtidos os estudos de incerteza dos pontos fiscais. Estes estudos basearam-se nas fontes de incerteza atribuídas à tecnologia ultrassônica para medição do gás queimado e à tecnologia por diferencial de pressão (placa de orifício) para a medição do gás consumido, exportado e importado.

A equação utilizada para cálculo da vazão volumétrica do gás através de um sistema de medição por placa de orifício é:

$$Q_m = C \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho_o} \quad , \quad (15)$$

onde:

$Q_m$ : vazão mássica do gás [kg/s];

$C$ : coeficiente de descarga da placa de orifício;

$d$ : diâmetro do orifício da placa, calculado à temperatura de operação ( $T_o$ ) [m];

$\varepsilon$ : fator de expansão do gás;

$\beta$ : relação entre os diâmetros do orifício e do tubo de medição ( $\beta = d/D$ );

$\Delta p$ : pressão diferencial medida entre as tomadas de pressão de montante e de jusante [Pa];

$\rho_o$ : massa específica do gás na condição de pressão e de temperatura de operação ( $P_o, T_o$ ) [kg/m<sup>3</sup>].

A vazão volumétrica de gás nas condições de pressão e temperatura de referência pode ser determinada através da divisão da vazão mássica do gás pela massa específica do gás nas condições de referência.

As fontes de incerteza de medição que foram consideradas para as análises de incerteza dos pontos fiscais por placa de orifício foram:

- a) a incerteza da Pressão Estática;
- b) a incerteza da Temperatura;
- c) a incerteza da Pressão Diferencial;
- d) a incerteza da Massa Específica (“Densidade”);
- e) a incerteza do Diâmetro Externo;
- f) a incerteza do Diâmetro do Orifício;
- g) a incerteza da Relação de Expansibilidade;
- h) A incerteza do Coeficiente de Descarga.

De acordo com Pinheiro *et al.* 2010, estas podem ser melhores detalhadas como:

- ✓ pressão absoluta ( $P_o$ ) – a incerteza da pressão absoluta engloba a incerteza da pressão estática do gás nas condições de operação ( $P_e$ ) e a incerteza da pressão atmosférica local ( $P_{atm}$ );
- ✓ temperatura absoluta do gás ( $T_o$ ) - a incerteza sobre o valor da temperatura absoluta do gás é obtida a partir da incerteza resultante da calibração do conjunto sensor-transmissor de temperatura e da incerteza advinda da medição da temperatura nas condições de processo;
- ✓ pressão diferencial ( $\Delta p$ ) - a incerteza sobre o valor da pressão diferencial medida entre as tomadas de pressão de montante e de jusante à placa é obtida a partir da incerteza resultante da calibração do transmissor de pressão diferencial e da incerteza advinda da medição da pressão diferencial nas condições de processo;
- ✓ massa específica do gás ( $\rho_o$ ) – a incerteza da massa específica engloba as incertezas da pressão absoluta, da massa molar, da temperatura absoluta e do fator de compressibilidade do gás nas condições de operação.
- ✓ diâmetro externo do tubo na condição de operação ( $D$ ) – a incerteza obtida é devida ao instrumento de medição do diâmetro  $D$ , ao desvio padrão dos

resultados das medições do diâmetro, e à correção da dilatação térmica do material do tubo (entre as condições de medição e de referência);

- ✓ diâmetro do orifício da placa na condição de operação ( $d$ ) – a incerteza obtida é devida ao instrumento de medição do diâmetro  $d$ , ao desvio padrão dos resultados das medições do diâmetro, e à correção da dilatação térmica do material da placa (entre as condições de medição e de referência);
- ✓ coeficiente de descarga ( $C$ ) - utilizado para compensar a não idealidade do escoamento de gás natural, sendo determinado por meio da equação empírica de Reader-Harris/Gallagher. A sua incerteza pode ser obtida por meio da norma ISO 5167-2: 2003, como função do valor de  $\beta$ ;
- ✓ fator de expansão ( $\epsilon$ ) - utilizado para compensar a variação da massa específica do gás natural. A sua incerteza pode ser obtida por meio da norma ISO 5167-2: 2003, como função de  $\beta$ ,  $\Delta p/p_1$  e o coeficiente isoentrópico  $\kappa$ ;

Sendo assim, a partir da combinação das diversas fontes de incerteza padrão, utilizando os seus respectivos coeficientes de sensibilidade, obteve-se a incerteza padrão combinada da medição de vazão volumétrica. A incerteza expandida relatada foi determinada como a incerteza padrão combinada da vazão volumétrica de gás, multiplicada pelo fator de abrangência  $k=2$ , considerado um nível da confiança de aproximadamente 95%. Os resultados são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Incertezas dos Pontos de Medição Fiscais por Placa de Orifício

<b>Ponto de Medição</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Incerteza Expandida (95% nível de confiança, k=2)</b>
Exportação	16.000	1,29%
Importação	2.500	1,25%
Consumo	30.000	1,16%

No que diz respeito à medição ultrassônica de gás de tocha, o item 4.5 já detalhou as fontes de incerteza. As análises de incertezas dos pontos de medição fiscal de alta e baixa do gás queimado apresentam resultados da ordem de 3,9% e 3,98%, respectivamente.

#### 5.4. O cálculo da Incerteza de Medição da Queima e da Produção

De posse das incertezas dos pontos fiscais de gás e do volume diário destes, buscou-se calcular a incerteza da produção mensal de gás, de maneira a verificar a influência da incerteza da queima na incerteza da produção de gás, sobre a qual incidem as devidas participações governamentais.

Considerando que as análises de incertezas obtidas são baseadas nas vazões horárias e que os dados obtidos foram diários, assumiu-se como melhor estimativa a média horária (volume diário dividido por 24 horas), já que estatisticamente a melhor estimativa para o valor esperado de uma grandeza é a média. Desta forma, a hipótese assumida é que o processo não varia.

Sendo assim, tem-se que:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_{24}, \quad (16)$$

onde,

$V$ : volume diário [ $\text{m}^3/\text{d}$ ];

$V_n$ : volume medido durante a hora  $n$ .

Logo, a incerteza da medição do volume diário é:

$$\sigma_V^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial V_1} \cdot \mu_1\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial V_2} \cdot \mu_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial V}{\partial V_{24}} \cdot \mu_{24}\right)^2, \quad (17)$$

onde,

$\sigma_V$ : incerteza absoluta de medição do volume diário, e

$\mu_n$ : incerteza absoluta da vazão medida na hora  $n$ .

$$\text{Se } \frac{\partial V}{\partial V_1} = \frac{\partial V}{\partial V_2} = \dots = \frac{\partial V}{\partial V_{24}} = 1 \text{ e } \mu_1 = \mu_2 = \mu_{24} = \mu, \text{ então:}$$

$$\sigma_V^2 = 24\mu^2, \text{ e}$$

$$\sigma_V = \sqrt{24}\mu, \quad (18)$$

onde,

$\sigma_V$ : incerteza absoluta de medição do volume diário [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

$\mu$ : incerteza absoluta da vazão média horária [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].



A incerteza absoluta da vazão média horária de um dado ponto de medição é:

$$\mu = Q \cdot \frac{\alpha}{k} , \quad (19)$$

onde,

$Q$  : vazão horária [m<sup>3</sup>/h]

$\alpha$  : incerteza do ponto de medição [%]

$k$  : fator de abrangência utilizado para expressão da incerteza do ponto de medição.

Dado que o fator de abrangência considerado nas análises de incertezas obtidas é de 95%, ou seja,  $k=2$ , e que  $Q = \frac{V}{24}$  pela estimativa da média horária,

temos que:

$$\mu = \frac{V}{24} \cdot \frac{\alpha}{2} . \quad (20)$$

Aplicando em (4), teremos que a incerteza absoluta do volume diário de um dado ponto de medição é:

$$\sigma_v = \frac{V}{\sqrt{24}} \cdot \frac{\alpha}{2} . \quad (21)$$

Assim, a incerteza relativa do volume diário de um dado ponto de medição será:

$$\frac{\sigma_v}{V} = \frac{1}{\sqrt{24}} \cdot \frac{\alpha}{2} . \quad (22)$$

Considerando que a produção de gás é a soma dos pontos fiscais de gás, teremos que a incerteza da produção diária de gás será:

$$\sigma_{VP}^2 = \sigma_{VI}^2 + \sigma_{VE}^2 + \sigma_{VC}^2 + \sigma_{VQ}^2 , \quad (23)$$

onde,

$\sigma_{VP}$  : incerteza absoluta de medição do volume diário da produção de gás [m<sup>3</sup>/h];

$\sigma_{VI}$  : incerteza absoluta de medição do volume diário de importação do gás [m<sup>3</sup>/h];

$\sigma_{VE}$  : incerteza absoluta de medição do volume diário da exportação de gás [m<sup>3</sup>/h];

$\sigma_{vC}$  : incerteza absoluta de medição do volume diário do consumo de gás [m<sup>3</sup>/h];

$\sigma_{vQ}$  : incerteza absoluta de medição do volume diário da queima de gás [m<sup>3</sup>/h];

Para o cálculo da incerteza da produção mensal, aplica-se também o teorema da soma dos quadrados das incertezas diárias. Posteriormente, multiplica-se o resultado por 2, considerando uma abrangência de 95%.

### 5.5.Os resultados das Análises de Incerteza da Medição da Queima e da Produção

Aplicando-se as equações descritas acima, obtivemos os resultados mensais expressos na Figura 57. Não houve importação de gás no período, por isto a mesma não é retratada na figura.

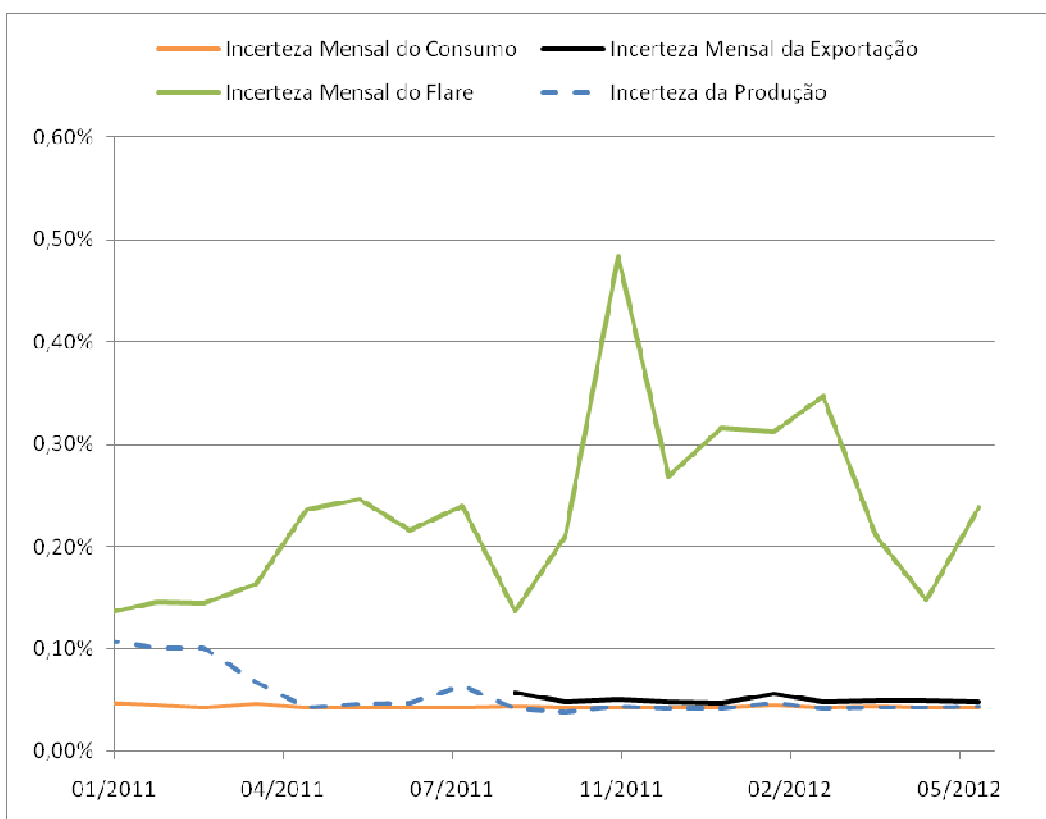


Figura 57 – Incertezas relativas mensais dos volumes de consumo, queima e exportação e produção de gás da plataforma típica

Observa-se que a incerteza relativa da produção mensal de gás da instalação típica é baixa, estando na ordem de 0,05% a partir do início da exportação. Apesar da incerteza do *flare* ser maior que as demais incertezas, a contribuição em termos volumétricos é baixa, principalmente a partir do início da exportação, como pode ser visto na Figura 58. Totalizando os volumes de gás movimentados mensalmente, observamos que o volume exportado a partir do segundo semestre de 2011 é muito superior aos volumes queimados ou consumidos, o que se reflete diretamente na influência da incerteza da medição da produção.

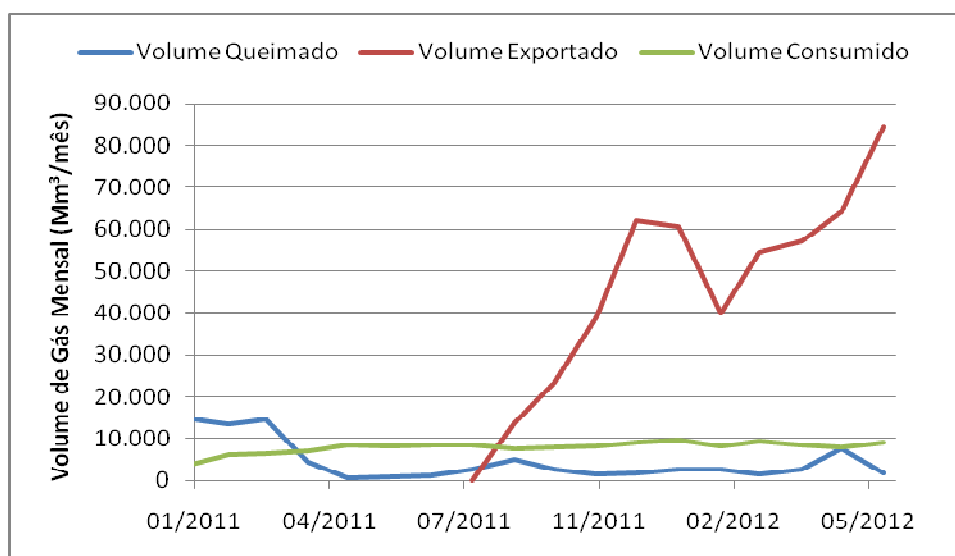


Figura 58 – Totalização Mensal dos Volumes Queimados, Consumidos e Exportados

## 5.6. A influência da incerteza da medição de gás de *flare* (tocha) sobre a medição da produção

De forma a analisarmos melhor a influência da incerteza de medição do gás de tocha na incerteza de medição da produção mensal, variou-se a incerteza dos pontos de medição do *flare* de alta e baixa, mantendo-se os volumes. Foram consideradas incertezas da ordem de 5%, 10%, 15%, 20% e 40%. Os resultados estão refletidos nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Incertezas Mensais dos volumes queimados variando as incertezas dos pontos de medição de gás de *flare* (5%, 10%, 15%, 20% e 40%)

Ano	Incerteza Mensal do <i>Flare</i>				
	5%	10%	15%	20%	40%
01/2011	0,17%	0,35%	0,52%	0,69%	1,38%
02/2011	0,19%	0,37%	0,56%	0,75%	1,50%
03/2011	0,19%	0,37%	0,56%	0,74%	1,49%
04/2011	0,21%	0,42%	0,63%	0,84%	1,68%
05/2011	0,30%	0,60%	0,91%	1,21%	2,42%
06/2011	0,32%	0,63%	0,95%	1,27%	2,53%
07/2011	0,28%	0,55%	0,83%	1,11%	2,21%
08/2011	0,30%	0,61%	0,91%	1,22%	2,43%
09/2011	0,17%	0,35%	0,52%	0,70%	1,39%
10/2011	0,27%	0,54%	0,81%	1,08%	2,16%
11/2011	0,62%	1,24%	1,86%	2,48%	4,96%
12/2011	0,34%	0,69%	1,03%	1,38%	2,76%
01/2012	0,41%	0,81%	1,22%	1,62%	3,24%
02/2012	0,40%	0,80%	1,20%	1,60%	3,20%
03/2012	0,44%	0,89%	1,33%	1,78%	3,56%
04/2012	0,27%	0,54%	0,81%	1,07%	2,15%
05/2012	0,19%	0,38%	0,57%	0,76%	1,51%
06/2012	0,31%	0,61%	0,92%	1,22%	2,44%

Tabela 10– Incertezas mensais dos volumes produzidos variando as incertezas dos pontos de medição de gás de *flare* (5%, 10%, 15%, 20% e 40%)

Mês	Incerteza Mensal da Produção de Gás				
	5%	10%	15%	20%	40%
01/2011	0,14%	0,28%	0,42%	0,56%	1,11%
02/2011	0,13%	0,26%	0,39%	0,51%	1,03%
03/2011	0,13%	0,26%	0,39%	0,51%	1,03%
04/2011	0,08%	0,16%	0,24%	0,32%	0,63%
05/2011	0,04%	0,06%	0,07%	0,09%	0,16%
06/2011	0,05%	0,08%	0,10%	0,14%	0,26%
07/2011	0,05%	0,08%	0,12%	0,15%	0,29%
08/2011	0,08%	0,15%	0,21%	0,28%	0,57%
09/2011	0,05%	0,07%	0,10%	0,13%	0,26%
10/2011	0,04%	0,05%	0,07%	0,09%	0,17%
11/2011	0,05%	0,06%	0,08%	0,09%	0,17%
12/2011	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,08%
01/2012	0,04%	0,05%	0,06%	0,07%	0,12%
02/2012	0,05%	0,06%	0,08%	0,09%	0,17%
03/2012	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,10%
04/2012	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%	0,09%
05/2012	0,04%	0,05%	0,07%	0,08%	0,15%
06/2012	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%	0,06%

Das tabelas, observa-se que os resultados apontam as maiores incertezas dos volumes queimados a partir do segundo semestre de 2011, por conta das altas flutuações do volumes deslocados para o *flare* dentro do mês (queima diária muito baixa na maior parte do mês e picos elevadíssimos em poucos dias do mês). Contudo, observa-se que as incertezas mensais dos volumes queimados só atingirão 1% se considerarmos a incerteza da medição de gás de *flare* acima de 10%.

As incertezas relativas da produção mensal de gás são ainda menores, haja vista a incorporação de outras parcelas relevantes na totalização da produção, como a exportação do gás, e só atingirão 1% se considerarmos uma incerteza da medição de gás de *flare* elevadíssima, da ordem de 40%.

Além disso, verifica-se que a incerteza mensal da produção de gás só foi expressivamente influenciada pela incerteza dos volumes queimados no período do comissionamento da unidade, quando a maior parte do gás produzido foi liberado para o *flare*. Paralelamente, podemos concluir que para as unidades de produção que atuam realizando Testes de Longa Duração, onde não há o aproveitamento de gás, a influência da incerteza dos volumes queimados também será expressiva no cálculo da incerteza dos volumes de gás produzidos.

Tendo em vista que as análises de incertezas dos sistemas de medição de gás de *flare* não levam em conta os efeitos de instalação, o que na prática pode corresponder a incertezas maiores que as reportadas, mesmo que estas atinjam valores da ordem de 20%, por exemplo, a incerteza da produção mensal de gás em um sistema definitivo com aproveitamento de gás natural, em operação normal, não será crítica.

### **5.7. Incerteza de Medição: Vazão Horária versus Vazão Média Horária**

Assumiu-se a hipótese da vazão média horária na presente dissertação, dada a indisponibilidade de dados horários, uma vez que o computador de vazão não armazena grandes períodos de vazão horária e não há obrigação legal de armazenamento de tais dados em supervisórios.

Entretanto, a fim de compararmos os resultados das incertezas mensais baseadas nos dados horários reais com a hipótese da média horária como a melhor

estimativa, obtivemos ao longo de um único mês os dados de vazão horária dos pontos fiscais de gás. Os resultados estão demonstrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados das análises de incerteza mensais baseadas nos dados horários e nos dados diários, aplicando-se a média como melhor estimativa

Ponto de Medição	Incerteza (Dados Horários)	Incerteza (Dados Diários divididos por 24)
Exportação	0,047%	0,047%
Consumo	0,043%	0,043%
Flare de Alta	1,810%	0,542%
Flare de baixa	1,362%	0,550%
<b>Produção</b>	<b>0,04299%</b>	<b>0,04256%</b>

A partir da leitura da Tabela 11, verificam-se os excelentes resultados para os pontos de exportação e consumo e uma diferença expressiva nos pontos de medição de gás de *flare*. Isto porque a hipótese da média considera que não há variação do processo ao longo do dia, ou seja, não há variação na vazão horária. Como as vazões de exportação e consumo são praticamente constantes em operação normal, a estimativa da média representa uma ótima aproximação. No entanto, quando estamos tratando de vazões de gás de tocha, não é rara a ocorrência de grandes flutuações ao longo de um dia, conforme já explicitado durante a dissertação. Desta forma, as incertezas do gás de tocha serão maiores que as calculadas no item passado. Todavia, observamos que a incerteza da produção mensal de gás, em condições de operação normal de uma planta com aproveitamento de gás, quase não se altera, permanecendo baixa. Portanto, podemos dizer que não há prejuízo nas conclusões relacionadas às incertezas das produções mensais de gás.

Novos estudos poderão ser realizados para as plataformas que não disponham de aproveitamento de gás natural, de forma a analisar se a hipótese da média também traz resultados coerentes.

## 5.8. Medição Direta versus Medição Indireta da Queima de Gás

Conforme explicitado no item 4.2.1.1, a queima de gás natural pode ser determinada pela diferença entre a totalização do gás medido nas entradas e a

totalização do gás medido nas saídas, exceto a de queima de gás. Na plataforma típica, a equação aplicável para o cálculo da queima por diferença seria:

$$\text{Gás Queimado} = \sum \text{ dos pontos de medição de gás localizados nas saídas dos separadores} + \text{Gás Importado} - \text{Gás Injetado} - \text{Gás Lift} - \text{Gás Consumido} - \text{Gás Exportado}$$

Calculando a incerteza de medição diária do volume de gás queimado redundante do balanço para uma determinada faixa de vazão, chegamos a mesma conclusão de Marshall (2005) para a unidade de produção Cormorant Alpha: quanto menor o volume de queima, maior a incerteza desta medição (Figura 59).

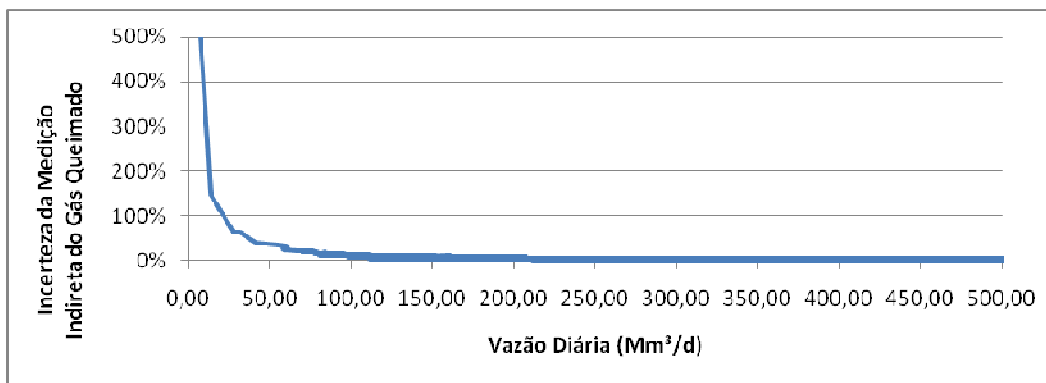


Figura 59 – Incerteza da vazão diária de gás de tocha, por balanço

Considerando que em operação normal, o gás queimado na unidade seria menor que 50Mm³/d, as incertezas relacionadas a este ponto de medição dentro da faixa normal de operação seriam muito altas. Entretanto, para eventos de queimas elevadas, a medição de gás de *flare* por diferença apresenta incertezas menores.

Dado que no período analisado não houve importação e nem a utilização de gás lift, as Figuras 60 e 61 demonstram as diferenças volumétricas encontradas entre as queimas de gás calculadas a partir do balanço de gás acima e aquelas medidas com tecnologia ultrassônica.

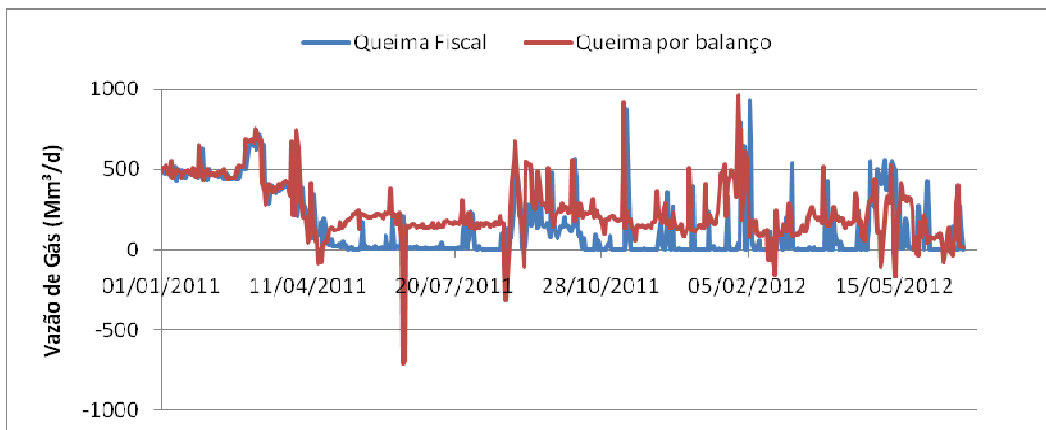


Figura 60 – Queima Fiscal (Medição Direta) x Queima por balanço (Medição Indireta)

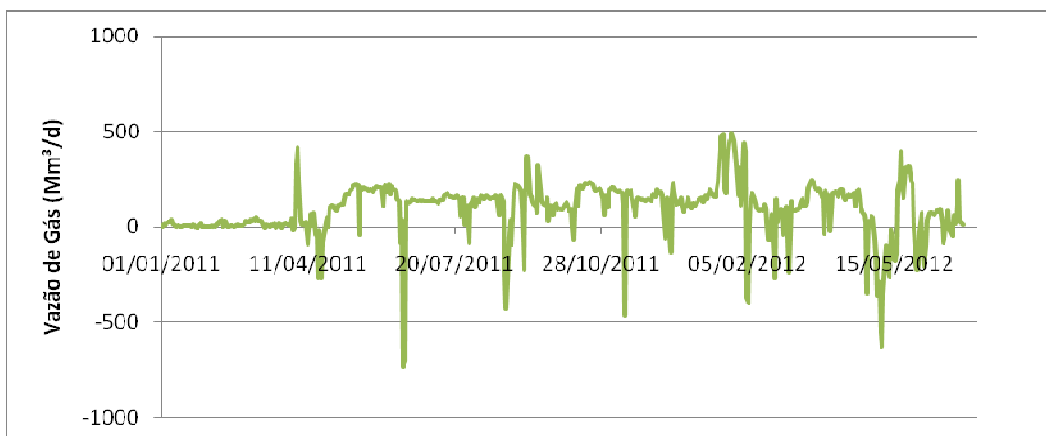


Figura 61 – Diferença Volumétrica entre a Queima Fiscal (Medição Direta) e a Queima por balanço (Medição Indireta)

Das Figuras 60 e 61, observamos que a partir de meados de 2011, há diferenças volumétricas expressivas, que alcançam volumes da ordem de 500Mm³/d de gás.

Na prática tais diferenças são as mesmas observadas entre a produção calculada pelas entradas (medição operacional) e pelas saídas (medição fiscal). Com a queima sendo calculada por diferença, acaba por herdar todos os erros sistemáticos.



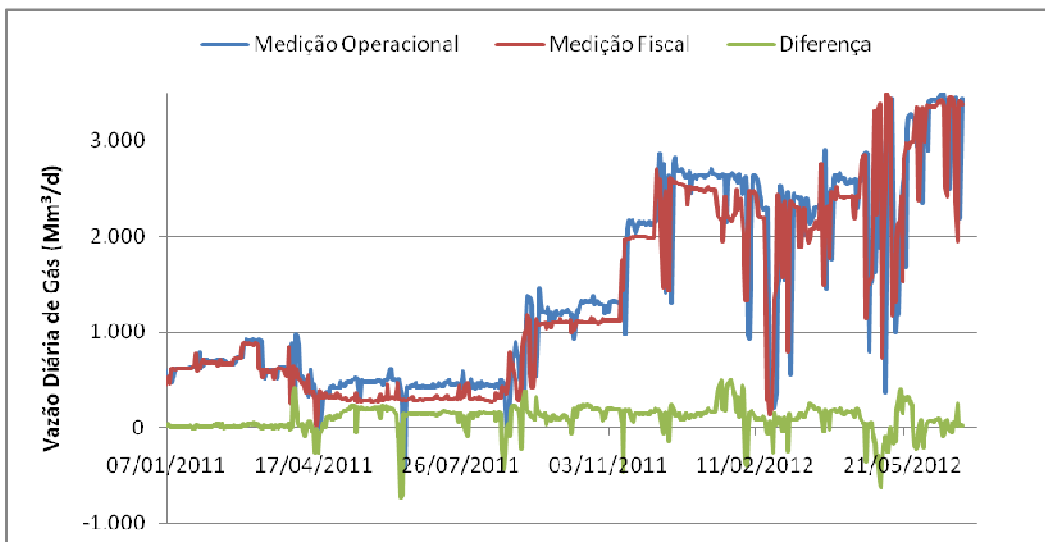


Figura 62 - Diferença volumétrica entre a produção de gás calculada pelas entradas (Medição Operacional) e a produção de gás calculada pelas saídas (Medição Fiscal)

Conclui-se que há erros sistemáticos no cálculo da queima de gás por balanço, haja vista que as incertezas absolutas são bem menores que as diferenças volumétricas encontradas.

Desta forma, para toda instalação que opte pelo cálculo da queima de gás natural por medição indireta, deve-se investigar cuidadosamente se há erros sistemáticos, como um *bypass* na tubulação ou medidores de vazão operacionais (não fiscais e não de apropriação) com problemas de falta de calibração ou operando de modo inadequado, dentre outros.