	RELATÓRIO		Nº: RL-ANP-FPL-008																																																													
	CLIENTE: ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS				FOLHA: 1 de 15																																																											
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS				-																																																											
	TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade				-																																																											
Faculdades Católicas – PUC-Rio – SIMDUT																																																																
ÍNDICE DE REVISÕES																																																																
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS																																																															
0	EMISSÃO ORIGINAL																																																															
A	EMISSÃO APÓS COMENTÁRIOS GERAIS PELA ANP																																																															
B	EMISSÃO APÓS COMENTÁRIOS DA ANP																																																															
C	EMISSÃO APÓS COMENTÁRIOS DA ANP																																																															
D	EMISSÃO APÓS COMENTÁRIOS DA ANP																																																															
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>REV. 0</td> <td>REV. A</td> <td>REV. B</td> <td>REV. C</td> <td>REV. D</td> <td>REV. E</td> <td>REV. F</td> <td>REV. G</td> <td>REV. H</td> </tr> <tr> <td>DATA</td> <td>16/08/2013</td> <td>30/08/2013</td> <td>16/09/2013</td> <td>03/10/2013</td> <td>22/11/2013</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROJETO</td> <td>ANP</td> <td>ANP</td> <td>ANP</td> <td>ANP</td> <td>ANP</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXECUÇÃO</td> <td>L.Pires</td> <td>L.Pires</td> <td>L.Pires</td> <td>L.Pires</td> <td>L.Pires</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIFICAÇÃO</td> <td>P. Krause</td> <td>P. Krause</td> <td>P. Krause</td> <td>P. Krause</td> <td>P. Krause</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROVAÇÃO</td> <td>MVC</td> <td>MVC</td> <td>MVC</td> <td>MVC</td> <td>MVC</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H	DATA	16/08/2013	30/08/2013	16/09/2013	03/10/2013	22/11/2013					PROJETO	ANP	ANP	ANP	ANP	ANP					EXECUÇÃO	L.Pires	L.Pires	L.Pires	L.Pires	L.Pires					VERIFICAÇÃO	P. Krause	P. Krause	P. Krause	P. Krause	P. Krause					APROVAÇÃO	MVC	MVC	MVC	MVC	MVC				
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H																																																							
DATA	16/08/2013	30/08/2013	16/09/2013	03/10/2013	22/11/2013																																																											
PROJETO	ANP	ANP	ANP	ANP	ANP																																																											
EXECUÇÃO	L.Pires	L.Pires	L.Pires	L.Pires	L.Pires																																																											
VERIFICAÇÃO	P. Krause	P. Krause	P. Krause	P. Krause	P. Krause																																																											
APROVAÇÃO	MVC	MVC	MVC	MVC	MVC																																																											
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA ANP, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.																																																																

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**

REV. D

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 2 de 15

TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

ÍNDICE

1	OBJETIVO	3
2	INTRODUÇÃO	3
3	PARÂMETROS OPERACIONAIS	4
3.1	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS	4
3.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS OPERACIONAIS	6
3.3	EXEMPLIFICAÇÃO NUMÉRICA DOS PARÂMETROS LIGADOS A VOLUME	7
4	PROPOSIÇÃO DE INDICADOR LIGADO A VOLUME	10
5	PROPOSIÇÃO DE INDICADORES LIGADOS A VAZÃO	11
5.1	EXEMPLIFICAÇÃO NUMÉRICA DOS PARÂMETROS LIGADOS A VAZÃO	13
6	PROPOSIÇÃO DE INDICADOR LIGADO A PRESSÃO	13
7	CONCLUSÃO	14
8	BIBLIOGRAFIA	14



1 OBJETIVO

Sugerir indicadores relacionados à capacidade de transporte, disponível e ociosa, para permitir uma avaliação rápida da situação operacional de um determinado gasoduto ou sistema de gasodutos, quando comparado com sua condição contratual.

2 INTRODUÇÃO

Tipicamente, um transportador oferece dois tipos de contratos de transporte: firme e interruptível. Entre os dois, o mais importante é o serviço firme, uma vez que esse tipo de contrato é o que viabiliza o empreendimento. Dentro dos contratos de transporte firme usualmente celebrados no Brasil, os principais pontos observados são:

- Volume diário contratado (ou Capacidade Contratada de Transporte): geralmente um número total para gasoduto ou uma rede de gasodutos, que engloba a distribuição de volumes nos pontos de entrega e recebimento, bem como os perfis de consumo.
- Pontos de recebimento e de entrega: a lista específica dos pontos de entrega e de recebimento incluídos no contrato, com sua localização e características de projeto.
- Condições contratuais: tipicamente especifica os limites contratuais de pressão mínima e de vazão nos pontos de entrega, percentuais de gás de uso do sistema, desequilíbrio máximo, etc.
- Condições de referência: refere-se tanto ao poder calorífico de referência do gás, independente de sua composição, como as condições de temperatura e pressão de referência para cálculo de volume.

Assim, observa-se que, em termos de distribuição espacial, os contratos trabalham com grandezas globais e com grandezas ligadas a pontos específicos. Além disso, os números representam valores constantes ao longo de todo o período contratual, usualmente associados a valores médios diários. Porém, devido ao perfil de consumo de determinados pontos de entrega, também podem existir contratos firmes que consideram variações de consumo ao longo de um período (por exemplo, semanal, mensal ou anual) .

Para a análise das condições operacionais de um sistema de transporte de gás natural, em relação às diversas capacidades definidas na lei, se faz necessário uma observação das distribuições de pressão e vazão realizadas ao longo do sistema durante um determinado período de tempo e das vazões programadas nos pontos de entrega e de recebimento em relação às condições contratuais. Logo, ao se buscar indicadores que forneçam, através de um número, informações sobre as diversas capacidades do sistema de transporte, estes estarão ligados a um determinado instante, em relação a uma situação operacional específica, onde



diversos efeitos distribuídos ao longo do gasoduto e ao longo do tempo estarão agrupados em forma de valores médios.

Alguns autores (Alvares et al, 2009) apresentam indicadores relacionados a um gasoduto, porém, o exemplo apresentado fica restrito a um gasoduto configurado com um ponto de recebimento (PTR) e alguns pontos de entrega (PTE). Para estender esses indicadores para redes de dutos (vários dutos interligados com vários PTRs e PTEs), surgem as mesmas dificuldades encontradas para a definição de critérios de cálculo de capacidade descritas no RL-ANP-FPL-002_RevC. Assim, indicadores relacionados aos pontos de entrada e saída do sistema apresentam uma maior coerência com relação à metodologia de cálculo de capacidade apresentada no relatório supracitado.

A referência 8.2 (National Grid, 2011) apresenta Indicadores relacionados a pontos de entrada e saída do sistema, empregados principalmente para avaliação da eficiência operacional e para determinação de oportunidades de investimento, sendo o comportamento desses indicadores analisado em base histórica.

Outros indicadores podem ser definidos e relacionados a fatores que não a capacidade de um gasoduto. Como exemplo, o Ente Nacional Regulador de Gas (ENARGAS), da Argentina, estabelece indicadores relacionados à transparência de informações para o mercado ou à operação e manutenção e, ainda, relacionados à proteção ambiental. Já a órgão regulador português, Entidade Reguladora de Serviços Energéticos – ERSE, estabelece indicadores relacionados à qualidade do serviço técnico (Continuidade do Serviço e Características do Fornecimento) e à qualidade do serviço comercial. Também são bastante difundidos indicadores relacionados à segurança operacional, risco de vazamento ou dano ao gasoduto (Referências 8.3 e 8.4) os quais, tipicamente, são apresentados como percentuais ou probabilidades relacionados a eventos que comprometem a integridade do duto.

3 PARÂMETROS OPERACIONAIS

3.1 Definição dos Parâmetros

Apesar de poderem receber nomenclatura diferente, os conceitos apresentados nas definições abaixo, estão normalmente presentes em documentos técnicos e comerciais relacionados à operação de gasodutos nas salas de controle e no planejamento operacional de gasodutos. Eles estão aqui listados, uma vez que podem ser utilizados para balizar a escolha de indicadores de capacidade.

- **Condições de referência:** no Brasil é 1 atm e 20 °C.
- **Volume de gás:** quando não especificado de forma diferente, é sempre determinado nas condições de referência.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**

REV. D

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 5 de 15

TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

- **Empacotamento:** volume de gás armazenado no sistema num determinado instante, com as vazões e pressões observadas nos pontos de entrega e recebimento. Também definido como **estoque operacional** ou **inventário**.

Para um trecho de gasoduto L com pressão média P_m e com temperatura média T , o inventário do gasoduto pode ser calculado por:

$$V_b = 143,783.10^{-4} \cdot \frac{D^2 \cdot L \cdot P_m}{Z \cdot T}$$

$$M = V_b \cdot \rho_b$$

V_b = volume do gás (a 20 °C, 1 atm) – m³

D = diâmetro interno do gasoduto – in

L = comprimento do gasoduto – km

P_m = pressão absoluta média – kgf/cm² abs

T = Temperatura absoluta média – K

Z = fator de compressibilidade com P_m e T (adimensional)

ρ_b = massa específica (a 20 °C, 1 atm) – kg/m³

M = massa do gás do inventário – kg

e a constante multiplicadora é decorrente de ajuste de unidades, dos valores de Z , T e P de referência e de valores geométricos.

- **Empacotamento máximo:** volume de gás armazenado no sistema¹ quando esse está operando com as pressões máximas possíveis nos pontos de entrega e recebimento, atendendo às vazões contratuais. Também definido como **estoque operacional máximo**.
- **Empacotamento mínimo:** volume de gás armazenado no sistema quando esse está operando com as pressões mínimas nos pontos de entrega e recebimento para atender às vazões contratadas. Também definido como **estoque operacional mínimo**.
- **Empacotamento nominal:** volume de gás armazenado no sistema quando todo esse está a pressão atmosférica. Também definido como **volume físico do sistema**.
- **Duto vazio:** não existe gás natural no sistema. Situação também definida como **empacotamento zero** ou **volume de gás zero**.
- **Pulmão:** diferença entre o estoque operacional total (empacotamento) e o estoque operacional mínimo (empacotamento mínimo).
- **Pulmão máximo:** diferença entre o estoque operacional máximo (empacotamento máximo) e o estoque operacional mínimo (empacotamento mínimo).

¹ Sistema: segmento de um gasoduto, um gasoduto ou segmento compreendendo gasodutos ligados em rede



Como mencionado anteriormente, essas mesmas definições podem ser adotadas por parte dos agentes transportadores brasileiros com outra terminologia. Por exemplo, o documento Termos e Condições Gerais (TCG) do contrato de transporte do GASENE (Referência 8.5) apresenta as seguintes definições:

- **Estoque:** significa, para determinado DIA OPERACIONAL, a QUANTIDADE DE GÁS armazenada nas INSTALAÇÕES DE TRANSPORTE equivalente à soma do ESTOQUE DE REFERÊNCIA com o DESEQUILÍBRIO;
- **Estoque de Referência:** a QUANTIDADE DE GÁS para se alcançar uma pressão nas INSTALAÇÕES DE TRANSPORTE necessária para a prestação de SERVIÇO DE TRANSPORTE, conforme estabelecido na Cláusula 7.1 deste TCG;

Os termos em caixa alta são definidos dentro do TCG. Em relação às definições anteriores, o termo Estoque do TCG está relacionado a um valor médio referente ao DIA OPERACIONAL, enquanto o termo definido anteriormente representa um valor instantâneo. Por outro lado, o Estoque de Referência apresenta uma conceituação semelhante à definição de Empacotamento mínimo, pois ambos buscam definir um valor mínimo que garanta a prestação do serviço. Deve-se ressaltar que este documento não pretende avaliar as diferentes definições encontradas em documentos elaborados pelos agentes do mercado, mas apenas ressaltar que as mesmas podem existir.

3.2 Considerações sobre os parâmetros operacionais

Se um gasoduto estivesse operando com um empacotamento mínimo (pulmão igual a zero), como definido, não seria possível acomodar qualquer variação para maior nos volumes dos pontos de entrega ou oscilações operacionais nos equipamentos. Nesse caso, as pressões nos pontos de entrega iriam para valores abaixo dos contratados, caracterizando falha na entrega. Com um pulmão diferente de zero, parte do volume de gás do pulmão pode ser temporariamente adicionado aos valores já disponibilizados nos pontos de entrega, considerando os limites operacionais desses pontos. Logo, o pulmão garante a flexibilidade operacional do sistema, ou seja, variações no recebimento, nos pontos de entrega ou em equipamentos podem ser acomodadas temporariamente pelo volume de gás do pulmão. Quanto maior o pulmão, maior a flexibilidade do sistema, e o pulmão máximo representa a máxima flexibilidade do sistema.

Quando o sistema está operando na capacidade de transporte, isso é, com a capacidade contratada igual à capacidade de transporte, o estoque operacional e o estoque mínimo serão

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**REV. **D****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 7 de 15**TÍTULO:** Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

iguais. Por definição o pulmão será igual a zero e o sistema não disporá de flexibilidade. Assim, sempre que o sistema apresentar uma capacidade contratada nos pontos de entrega menor que a capacidade de transporte, o sistema estará operando com flexibilidade e, por definição, existirá uma capacidade disponível. Logo, a razão entre o empacotamento mínimo e o máximo está inversamente relacionada à capacidade disponível para a configuração física e contratual da situação analisada.

Caso o carregador não nomeie toda a capacidade contratada num determinado momento, existirá uma capacidade ociosa que, caso não venha a ser contratada, produzirá uma flexibilidade para o sistema. Porém, essa flexibilidade é algo que pode desaparecer caso os carregadores nominem seus valores máximos contratados ou mesmo quando a capacidade ociosa venha a ser contratada.

A utilização dos conceitos de capacidade de transporte e disponível, apresentados no relatório RL-ANP-FPL-002_RevC, busca maximizar a utilização de capacidade do sistema. Esse objetivo será alcançado quando não existir mais capacidade disponível e, pela explicação anterior, o sistema não terá flexibilidade, pois a condição operacional e a necessária para atender minimamente as demandas serão iguais. Logo, deve ser incluído na metodologia de cálculo de capacidade de transporte o conceito de um empacotamento estratégico obtido pela alteração das condições de contorno definidas no processo de cálculo de capacidade, que garanta a operacionalidade do sistema e, ao mesmo tempo, maximize a capacidade disponível. Esse assunto será discutido em maiores detalhes, em relatório a ser emitido (RL-ANP-FPL-009_RevA).

3.3 Exemplificação Numérica dos Parâmetros Ligados a Volume

As definições apresentadas podem ser quantificadas por meio de um exemplo considerando um sistema composto de um duto, um ponto de recebimento e um ponto de entrega conforme a Figura 1. As seguintes condições foram utilizadas:

- Diâmetro: 12"
- Comprimento: 80 km
- Pressão máxima operacional: 100 kgf/cm²
- Pressão mínima na entrega: 35 kgf/cm²
- Vazão contratada: 2x 10⁶ m³/d (2 Mm³/d)
- Limite de projeto do PTE: 5000 km³/d (5 Mm³/d)

Os cálculos realizados a seguir utilizaram um programa comercial de simulação computacional de gasodutos.

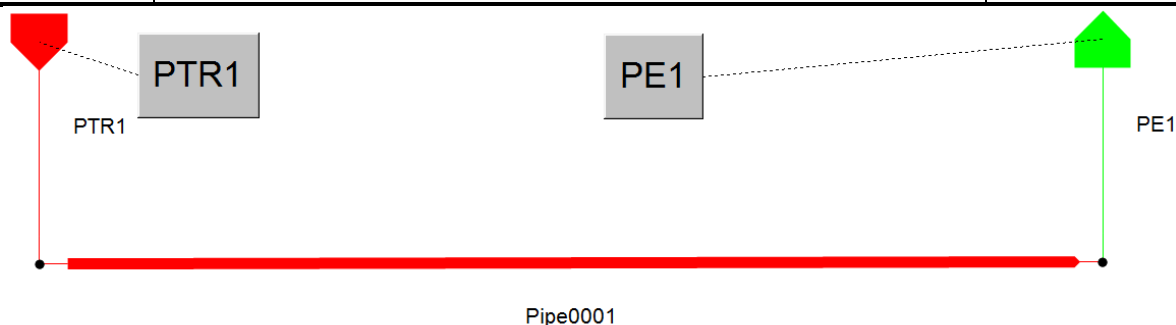


Figura 1 – Modelo simplificado de gasoduto

Para essa configuração e utilizando as definições apresentadas, os valores numéricos para o empacotamento máximo, empacotamento mínimo e o inventário estão apresentados na Figura 2, na Figura 3, na Figura 4 e resumidos na Tabela 1.

Para a obtenção do empacotamento máximo, as condições de contorno do cálculo foram ajustadas de forma a se obter a situação na qual as pressões no ponto de recebimento e no ponto de entrega são máximas, atendendo a vazão contratada no ponto de entrega.

Para a obtenção do empacotamento mínimo, as condições de contorno do cálculo foram ajustadas para pressão mínima no ponto de entrega e vazão contratada no ponto de recebimento. Como resultado, tem-se a pressão no ponto de recebimento que, nessa configuração, será a mínima.

Já para o cálculo do inventário, ajustou-se a condição de contorno de pressão no ponto de recebimento com um valor arbitrário, porém entre os limites máximos e mínimos calculados anteriormente. Para o ponto de entrega utilizou-se a vazão contratada. Como resultado, tem-se a pressão no ponto de entrega.

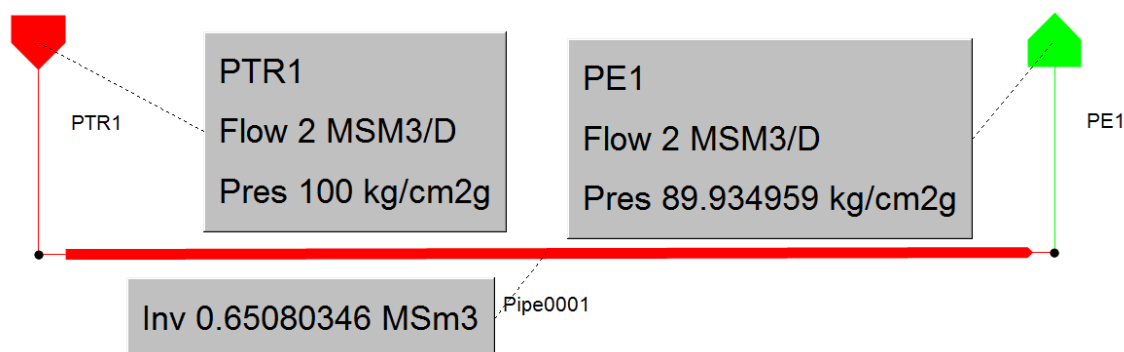
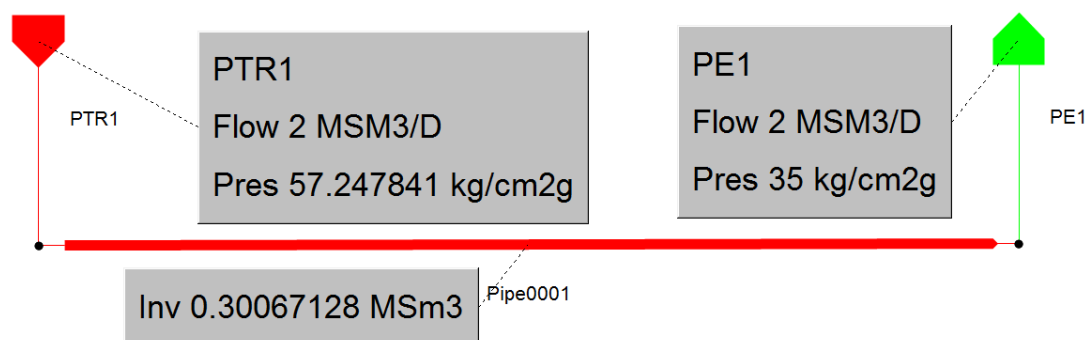
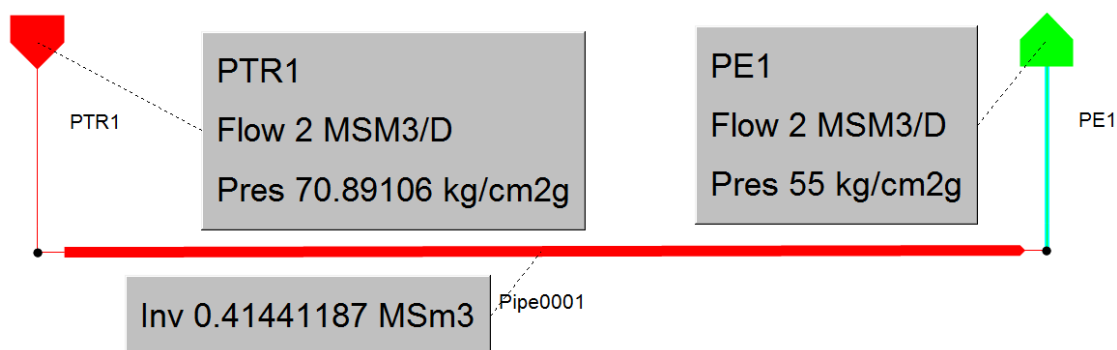


Figura 2 – Cálculo do empacotamento máximo

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**REV. **D****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 9 de 15**TÍTULO:** Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

**Figura 3 – Cálculo do empacotamento mínimo****Figura 4 – Cálculo do empacotamento**

Deve-se reparar que o empacotamento calculado com base nas condições de cálculo de capacidade de transporte (Figura 5), parte da premissa de que a vazão no ponto de entrega é resultante das condições de pressão máxima e mínima utilizadas para o PTR e PTE respectivamente. Assim, a base de comparação com os valores calculados anteriormente é outra, pois as vazões são diferentes.

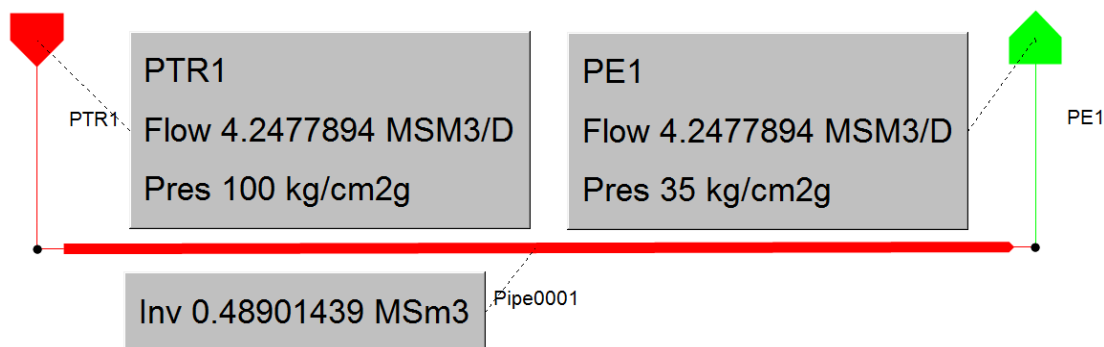
**Figura 5 – Cálculo do empacotamento na condição de capacidade de transporte**



Tabela 1 – Resumo do cálculo de empacotamento e pulmão

Definição	Volume (10 ³ m ³)
Empacotamento máximo	650,8
Empacotamento mínimo	300,7
Empacotamento	414,4
Empacotamento na CT	489,0*
Pulmão	113,7
Pulmão máximo	350,1
Empacotamento nominal (físico)	5,837

* Vazão diferente dos demais

4 PROPOSIÇÃO DE INDICADOR LIGADO A VOLUME

Utilizando as definições anteriores, pode-se propor o seguinte indicador relacionado ao empacotamento:

- **Fator de empacotamento máximo:** razão entre o empacotamento mínimo e máximo (≤ 1).

Em relação ao exemplo anterior e aos dados apresentados na Tabela 1, verifica-se que a razão entre o empacotamento mínimo e máximo é de 0,46. No caso operacional da capacidade de transporte (Empacotamento na CT), os dois empacotamentos seriam iguais e, conseqüentemente, essa razão seria igual a 1.

Esse cálculo, repetido para outras vazões contratuais (valores arbitrados, considerando outros momentos com situações contratuais diferentes) está apresentado na Tabela 2. A diferença entre a capacidade de transporte (4,278 10⁶m³/d) e os valores contratados para cada caso analisado representa a capacidade disponível. Verifica-se que essa é inversamente proporcional ao fator de empacotamento máximo.

Tabela 2 – Fator de empacotamento máximo para várias vazões contratadas

Vazão contratada (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade disponível (10 ⁶ m ³ /d)	Valor do Indicador
2	2,278	0,467
3	1,278	0,629
4	0,278	0,900
4,278*	0,0	1,000

* Capacidade de transporte

- **Fator de estoque operacional:** razão entre o empacotamento mínimo (estoque operacional mínimo) e o empacotamento (estoque operacional total ou inventário) (≤ 1).

Esse indicador está inversamente relacionado à flexibilidade operacional existente num determinado instante e, conseqüentemente, variando de acordo com a operação do sistema. Assim, deve ser observado numa base histórica. Esse fator se situa entre o fator de



empacotamento máximo e 1. Para os exemplos apresentados na Figura 3 e na Figura 4, esse indicador teria um valor instantâneo de 0,724.

5 PROPOSIÇÃO DE INDICADORES LIGADOS A VAZÃO

Parâmetros relacionados com a grandeza vazão podem ser utilizados como indicadores de capacidade por estarem diretamente relacionados a essa. Os seguintes fatores são propostos:

- **Fator de utilização do PTE:** um menos a razão entre a capacidade contratada e a capacidade de transporte no PTE (≤ 1). Para um PTE existente com capacidade contratada igual a zero, esse fator será igual a um, o que representa que o PTE está com seu maior valor de capacidade disponível. Quando a capacidade contratada for igual à capacidade de transporte, esse fator será igual a zero e nessa situação a capacidade disponível também será zero.
- **Fator de utilização estendido do PTE:** razão entre a capacidade de projeto e a capacidade de transporte estendida² no PTE. Esse fator está relacionado a uma restrição de transporte gerado pelo PTE. Quando esse fator for maior do que um, significa que o projeto do PTE não representa uma restrição para o sistema de transporte. Quando o fator for menor do que um, significa que o PTE representa uma restrição ao sistema de transporte.
- **Fator de utilização físico do PTE:** razão entre a capacidade contratada e a capacidade de projeto no PTE (≤ 1).

Os indicadores listados anteriormente são valores que mudam somente quando novos contratos ou alterações de projeto nos gasodutos forem realizados. E como esses parâmetros variam pouco, os indicadores deverão permanecer constantes por grande tempo. Por outro lado, pode-se definir outros indicadores que estão ligados à condição operacional diária do sistema e que, portanto, terão uma atualização diária:

- **Fator de ociosidade do PTE:** razão entre o volume diário realizado e a capacidade contratada no PTE. Como a diferença entre a capacidade contratada no PTE e o volume realizado diário representa a capacidade ociosa diária, esse fator, quando igual a um, indica que não existe ociosidade e quando menor do que um representa que existe ociosidade no PTE.
- **Fator de realização do PTE:** razão entre o volume diário realizado e o volume diário programado no PTE. Esse fator indica o quanto o volume diário realizado está de acordo

² Capacidade de transporte estendida: é considerada como a capacidade do PTE obtida quando não é considerado o limite de projeto de vazão desse ponto.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**

REV. D

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 12 de 15

TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

com o volume diário programado. Caso igual a um, ele representa a situação na qual a programação foi corretamente cumprida. Quando menor do que um, ele representa a situação na qual o volume realizado está abaixo do volume programado. Quando maior do que um, ele representa a situação na qual o volume realizado está acima do volume programado.

A observação histórica desse indicador representará a confiabilidade da programação e, consequentemente, a sua aplicabilidade no procedimento de cálculo de capacidade ociosa, como descrito no relatório RL-ANP-FPL-002_RevC. O conjunto da observação histórica do desequilíbrio de cada carregador, possibilitará inferir o quanto os procedimentos operacionais de cada carregador impactam na ociosidade da rede.

Para o cálculo da capacidade disponível deve-se levar em consideração nos modelos de cálculo os compressores e, consequentemente, o gás combustível consumido por eles. Observa-se que quanto mais eficiente for a operação da rede, menor será o consumo de gás para um determinado volume transportado e maior a capacidade disponível. Assim, define-se o seguinte indicador:

- **Fator de eficiência energética:** razão entre o volume diário de gás combustível e o volume diário realizado.

Avaliar se uma rede está sendo operada de forma eficiente em termos energéticos pode ser muito complexo. Porém, a evolução desse indicador ao longo do tempo (tendência histórica) poderá indicar como o transportador está implementando medidas visando elevar a eficiência energética na sua operação de transporte.

- **Fator GNC:** razão entre o volume diário de gás não contado e o volume diário realizado.

Deve-se observar que a medição de transferência de custódia, segundo o Regulamento Técnico de Medição da ANP, não pode possuir incerteza de medição superior a 1,5%. O GNC (Gás Não Contado), que está relacionado com erros / incerteza da medição, faz parte do GUS (gás para uso do sistema) e esse percentual é um dos critérios considerados para a caracterização da ampliação de capacidade, tema que está em fase final de regulamentação pela ANP.

Da mesma forma que o indicador anterior, a evolução desse indicador ao longo do tempo (tendência histórica) poderá indicar como o transportador está implementando medidas visando elevar o controle operacional e a qualidade da medição na sua operação de transporte.



5.1 Exemplificação Numérica dos Parâmetros Ligados a Vazão

Para a exemplificação numérica desses indicadores, além dos dados apresentados relativos à Figura 1, os seguintes dados são postulados:

Volume diário realizado: $1,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$

Volume diário programado: $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$

Considera-se ainda, a existência de compressores do transportador junto ao PTR, responsáveis pela elevação da pressão nesse ponto. Para esses equipamentos, consideram-se os seguintes valores:

Gás combustível: $2,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$

GUS: $2,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$

Com esses dados, os resultados do cálculo dos fatores ligados à vazão estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo do cálculo dos indicadores estáticos de vazão

Indicador	Valor
Fator de utilização do PTE	0,47
Fator de utilização físico do PTE	0,4
Fator de utilização estendido do PTE	0,47

A Tabela 4 apresenta os indicadores que devem ser observados numa base histórica. Deve-se ressaltar que os valores numéricos representam a situação única exemplificada referente, por exemplo, a um dia gás. Porém, devido à sua natureza, esses indicadores devem ser observados através de gráficos que representem suas variações temporais.

Tabela 4 – Resumo do cálculo dos indicadores variáveis de vazão

Indicador	Valor
Fator de ociosidade do PTE	0,85
Fator de volume realizado do PTE	0,89
Fator de eficiência energética	0,00117
Fator GNC	$5,88 \cdot 10^{-5}$



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-008**

REV. D

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 14 de 15

TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

Os parâmetros apresentados anteriormente são todos ligados aos pontos de entrega (PTE), pois para o cálculo de capacidade parte-se da vazão contratada no PTE. Por outro lado, para os pontos de recebimento (PTR) a pressão é a condição de contorno padrão e, para se obter a capacidade de transporte (a máxima capacidade do sistema), deve-se trabalhar com os PTRs com a pressão máxima. Logo, um possível indicador de capacidade ligado ao PTR seria:

- **Fator de utilização do PTR:** razão entre a pressão média diária operacional e a pressão máxima operacional do duto no local do PTR (≤ 1). Esse parâmetro, apesar de não estar relacionado diretamente à capacidade, permite avaliar a flexibilidade operacional do sistema próximo ao PTR, através da observação de sua variação histórica.

7 CONCLUSÃO

Os indicadores propostos neste documento permitem a avaliação rápida da situação operacional de um gasoduto. Embora tal avaliação possa ser realizada a qualquer tempo, é razoável considerar sua aplicação quando do processo de aferição de capacidade de um gasoduto.

Os indicadores apresentados relacionados aos pontos de entrada e aos pontos de saída do sistema, que são a base da metodologia de cálculo de capacidade, apresentam uma maior correlação com as diversas capacidades do sistema. Alguns são valores fixos, definidos em função da condição física e contratual do sistema, enquanto outros devem ser observados numa base histórica.

Deve-se ressaltar que qualquer indicador representado por número único, que esteja relacionado às condições operacionais de um gasoduto, representa uma situação específica, baseado em valores médios e num determinado momento. Sendo assim, sua interpretação e extrapolação para outras condições deverá ser feita com a devida cautela.

Em relação aos termos definidos adotados pelos agentes de mercado e os propostos neste relatório, sugere-se que a ANP regulamente a padronização dos mesmos.

8 BIBLIOGRAFIA

8.1 Oscar G. Alvarez, TGN; Hugo A. Carranza, TOTAL Gas y Electricidad de Argentina; Fernando J. Pillon, TGN, Nominal Gas Pipeline Transmission Capacity. *A procedure to define nominal capacity*. Pipeline Simulation Interest Group, 2009, paper 0609.

8.2 System Flexibility Indicators, Operational Forum 2011, NationalGrid

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-008**

REV. D

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 15 de 15

TÍTULO: Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade

-

-

8.3 Major Hazard Safety Performance Indicators in Great Britain's Onshore Gas and Pipelines Industry, Hazardous Installations Directorate Gas & Pipelines Unit, Annual Report 2011/12

8.4 Walter Girsberger, Daniel Hec, SAFETY PERFORMANCE INDICATORS IN GAS DISTRIBUTION, International Gas Union, (<http://www.igu.org/html/wgc2009/papers/docs/wgcFinal00189.pdf>), acessado em 28/08/2013

8.5 Termos e Condições Gerais – GASENE, <http://tag.petrobras.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A95488423CECA010123DDCF059567E2>, acessado em 28/08/2013