

1

Introdução

1.1

Motivação

O estudo tem como motivação a recuperação parcial da energia consumida no processo de compressão do sistema de transporte de gás natural da PETROBRAS, no momento em que ocorre o rebaixamento da pressão do gás natural nas estações de redução de pressão. Entende-se como estações de redução de pressão as estações de distribuição de gás, as estações de transferência de custódia e os pontos de entrega - também conhecidos como "city gates" – onde há rebaixamento da pressão do gás. Em outras palavras, através do uso de expansores em estações de redução de pressão é possível a geração de energia elétrica "limpa", com a utilização eficiente do potencial de energia agregado ao gás natural.

1.2

Visão geral

No Brasil, tal como em diversos países do mundo, a cadeia produtiva de gás natural é composta pelas etapas de exploração, produção, processamento, transporte e distribuição. A rede de coleta se dá na área de exploração e produção, onde estão implantadas as plataformas terrestres ou marinhas, que realizam a prospecção da jazida de hidrocarbonetos e a separação dos elementos da corrente (gás, areia, água e óleo). O gás ali extraído em seguida passa por um processo de tratamento, que pode ser feito na plataforma ou não. Depois de tratado o gás natural é transportado através de malha dutoviária, onde são empregados dutos, válvulas de bloqueio, estações de compressão e estações de recepção, entrega e/ou redução de pressão de gás. Na extremidade final da cadeia produtiva se encontra o setor de distribuição, o qual é encarregado da comercialização do gás junto aos consumidores finais.

De maneira geral as áreas de produção de gás natural estão muito afastadas dos centros de consumo. Assim, o gás natural é transportado por

longas distâncias através de dutos de transporte (gasodutos). As estações de compressão são responsáveis pela elevação de pressão do gasoduto, cuja finalidade é imprimir ao gás natural a energia necessária para vencer as perdas de carga do sistema, principalmente por atrito do gás com as paredes dos tubos. São empregadas estações de compressão de gás ao longo dos gasodutos, que podem ser implantadas na origem do gasoduto ou em pontos intermediários do mesmo. É justamente nessas estações de compressão que o gás natural adquire energia potencial para poder alcançar e atender as demandas dos grandes centros de consumo.

Em suma, o gás é transportado à alta pressão e entregue em baixa pressão nas estações de redução de pressão. Dentro deste contexto, a Fig. 1 apresenta o fluxo de gás natural desde o poço até o centro consumidor.

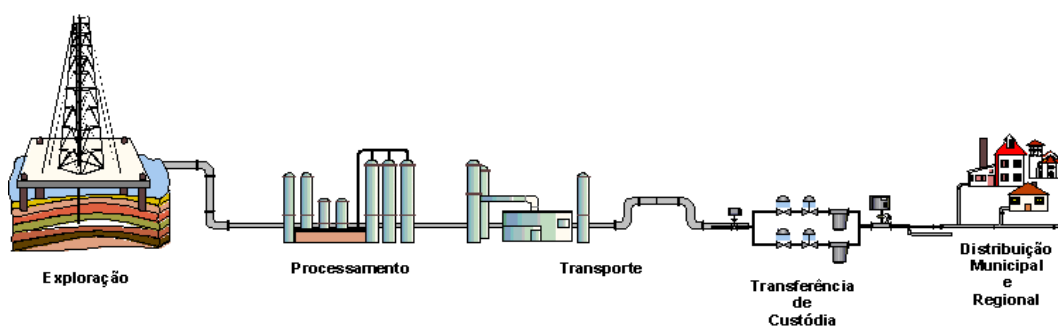


Figura 1 – Fluxo de gás natural do poço ao consumidor

A PETROBRAS atualmente utiliza uma configuração padrão para pontos de entrega de gás natural, a qual foi elaborada com a concepção de dar mais garantia no fornecimento de gás a partir de estudos de confiabilidade e segurança do sistema. Para manter dentro das condições operacionais requeridas pela companhia distribuidora, este ponto de entrega padrão, tal como as estações de redução de pressão, dependendo da finalidade da instalação, pode ser composto por quatro módulos distintos: filtragem, aquecimento, regulação de pressão e medição.

Nas estações de redução de pressão o gás assim que é admitido passa pelo módulo de filtragem, o qual dispõe de filtros para reter tanto os particulados líquidos como os particulados sólidos que possam existir como impurezas na corrente de gás. Imediatamente, quando necessário, o gás passa pelo módulo de aquecimento, que tem como finalidade elevar a temperatura do gás para evitar formação de condensado e hidratos devido ao efeito Joule-Thomson, isto é, o processo de expansão que ocorre nas válvulas de controle com a

consequente queda de temperatura do gás. Na sequência, no módulo de regulagem é realizada a redução e controle da pressão do gás, por intermédio de válvulas de fechamento rápido, válvulas de controle e válvulas de alívio parcial, visando reduzir e regular a pressão do gás, além de proteger as instalações à jusante da estação de redução. O quarto e último módulo é o módulo de medição, que se encarrega da medição do volume e da qualidade do gás a ser entregue à companhia distribuidora local.

Pode-se observar na Fig. 2 a configuração de um ponto de entrega de gás natural, onde existem equipamentos para adequar o gás para as condições operacionais da distribuidora.



Figura 2 – Vista geral de um ponto de entrega de gás natural

Nas estações de redução de pressão (pontos de entrega etc) a pressão do gás natural é reduzida da pressão do gasoduto, usualmente de 65 a 100 kgf/cm² (6,37 a 9,80 MPa), para valores mais baixos, em torno de 20 a 45 kgf/cm² (1,96 a 4,41 MPa). Normalmente, a redução de pressão do gás natural se dá em válvulas de regulagem, onde ocorre uma expansão isentálpica, sem produzir qualquer forma de energia. Em geral, durante a expansão, o gás se resfria devido ao efeito Joule-Thomson e esse decréscimo de temperatura dependerá do estado e da composição do gás. Caso a queda de temperatura seja acentuada poderá ocorrer formação de condensado ou hidrato, que requererá o preaquecimento do gás natural antes da expansão.

1.3 Objetivo

Determinar a viabilidade técnico-econômica (custo x benefício) da utilização de expansores em gasodutos do sistema de transporte da PETROBRAS, considerando as diferentes condições operacionais (pressão, temperatura e vazão) da malha dutoviária para os seguintes tipos de expansores:

- Rotativo;
- Alternativo.

Numa visão mais ampla, os valores gastos com a compressão do gás são parcelas importantes no custo de operação do gasoduto, de forma que, parte do valor gasto em consumo de energia nas estações de compressão, pode ser recuperado com a utilização de expansores rotativos ou alternativos.

1.4 Revisão bibliográfica

Foram consultados artigos publicados e trabalhos apresentados em congressos relativos à aplicação de expansores em estações de redução de gás natural, os quais estão listados no capítulo de referências bibliográficas. A seguir é registrado que cada um desses *papers* contribuiu para o estudo em curso.

V. P. Mal'khanov, A. A. Stepanets e V. N. Shak [1], relatam que o problema de eficiência na utilização da energia potencial do gás natural reduzido nas estações de redução de pressão apareceu desde o surgimento da indústria do gás. Fazem uma cronologia, desde 1974 até 1997, a respeito dos estudos desenvolvidos, projetos, construção de equipamentos e testes que foram realizados, no âmbito da antiga União Soviética, para a implantação de sistemas para conversão da energia proveniente do excesso de redução de pressão do gás em potência elétrica, com a ajuda de grupos de turboexpansores.

Lehman B. e E. Worrell [2] estudaram o potencial energético nos Estados Unidos e em julho de 2001 apresentaram o resultado de seus estudos. Nele constataram que as turbinas de expansão têm um potencial de gerar um máximo teórico de 21 TWh em configurações industriais e de utilidades, recuperando 11% da energia de transporte do gás natural em eletricidade.

Mohamed Salah Elsobki e Hafez Abdelaal El-Salmawy [3] apresentam um caso de estudo sobre uma planta de potência no Cairo e conclui que o uso de

turboexpansor como uma aproximação alternativa para a redução de pressão em redes de distribuição de gás no Egito é tecnicamente, financeiramente e ambientalmente atrativo.

Jaroslav Poživil [4] discorre sobre a importância e as vantagens, inclusive critérios ambientais, no uso de turbinas de expansão em estações de redução de pressão de gás natural. Apresenta os resultados de uma simulação numérica com aplicação do *software* HYSYS usando os dados operacionais de uma estação de redução da República Tcheca e conclui o artigo com gráfico de eficiência x energia e tabelas resumindo esses resultados.

Tusy A. Adibroto, Widiatmini Sih Winanti e Koesnohadi [5] fazem uma avaliação econômica para implantação de turboexpansor em uma grande siderúrgica da Indonésia que utiliza como matéria prima e fonte de energia o gás natural. Como a redução de pressão e o consumo de gás natural são elevados, o estudo prevê de forma otimista uma capacidade de produção de energia elétrica na ordem de 2,8 MW e uma economia em termos de custo de eletricidade em torno de 774 mil dólares americanos por ano.

Um estudo elaborado em conjunto pela INGAA e por Bruce A. Hedman [6] apresenta uma visão mais recente do uso de expansores na América do Norte. Afirma que apesar dos benefícios óbvios de aplicar turboexpansores em sistema de dutos de gás natural, o atual uso nos EUA tem sido mínimo. Enquanto extensivamente usado em plantas de separação de ar, LNG e instalações de processamento de hidrocarbonetos, não há atualmente nenhuma instalação conhecida de turboexpansores gerando eletricidade em pontos de entrega do sistema de dutos dos EUA. Um limitado número foi instalado nos anos 80 como sistemas de demonstração (cerca de 4), mas parece que tudo isso foi posteriormente desativado. A indústria do gás vem periodicamente reavaliando a economia e a aplicabilidade potencial de turboexpansores para o sistema de dutos desde os anos 70. Os maiores exemplos recentes são projetos de demonstração em andamento no Canadá e nos EUA incorporando células de combustível e tecnologias de turboexpansores. Nessas aplicações, calor residual de gerador de células combustíveis fornece o preaquecimento para o sistema do turboexpansor.

Em outra fase ainda foram pesquisados, através da internet, e contatados fabricantes e fornecedores de expansores rotativos e alternativos voltados para a aplicação em estações de gás natural, sujeitos sítios da internet são listados no capítulo de referências bibliográficas.