



UNIFACS
UNIVERSIDADE SALVADOR
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

UNIVERSIDADE SALVADOR - UNIFACS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE
ENERGIA
MESTRADO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA - MRIE

AIR ASA SANTOS PIRES

ADOÇÃO DE INDICADORES COMO MEIO DE CONTROLE DA CONSTRUÇÃO
ECOEICIENTE DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

Salvador
2011

AIR ASA SANTOS PIRES

**ADOÇÃO DE INDICADORES COMO MEIO DE CONTROLE DA CONSTRUÇÃO
E COEFICIENTE DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Regulação da Indústria de Energia da Universidade Salvador (UNIFACS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Regulação da Indústria de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire da Silva

Salvador
2011

FICHA CATALOGRÁFICA
(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS - Universidade Salvador,
Laureate Internacional Universities)

Pires, Air Asa Santos.

Adoção de indicadores como meio de controle da construção
ecoeficiente da rede de distribuição de gás natural/ Air Asa Santos
Pires. – Salvador, 2011.

96f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire da Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Salvador, 2011.

1. Indicadores. 2. Controle. 3. gás natural.. I. Universidade
Salvador. II. Silva, Kleber Freire da, Orient. III. Título.

CDD : 665.538.4

AIR ASA SANTOS PIRES

**ADOÇÃO DE INDICADORES COMO MEIO DE CONTROLE DA CONSTRUÇÃO
Ecoeficiente da Rede de Distribuição de Gás Natural**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador (UNIFACS), pela seguinte banca examinadora:

Kleber Freire da Silva – Orientador _____
Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Salvador (UNIFACS)

Paulo Roberto Britto Guimarães _____
Doutor em Engenharia Química, University of Leeds, LEEDS, Inglaterra.
Universidade Salvador (UNIFACS)

Maria Olívia de Souza Ramos _____
Doutora em Sciences Economiques, Universite de Paris XIII (Paris-Nord), U. P. XIII,
França.
Universidade Salvador (UNIFACS)

Caiuby Alves da Costa _____
Doutor em Electronique. Universite de Paris XI (Paris-Sud), U.P. XI, França.
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Salvador, 28 de Abril de 2011.

AGRADECIMENTOS

Durante o mestrado o aluno encontra muitas adversidades. Alguns estudantes desistem em função delas. Outros discentes transformam as dificuldades em energia para conduzi-lo à vitória. O combustível para mais essa conquista é oriundo do esforço coletivo do mestrando, juntamente com seus familiares, amigos, colegas de turma, assistentes da instituição de ensino, e especialmente dos professores.

Agradeço aos professores e aos assistentes por terem reforçado minha formação moral e educacional, desde o primeiro dia em que tive a oportunidade de fazer parte dessa estimada instituição de ensino. Na primeira etapa do curso, entre os anos de 2007 e 2008, tive a oportunidade de aprimorar minha consciência crítica e desenvolver o conhecimento transversal com os ensinamentos das disciplinas. Na segunda fase, no ano de 2009, período determinado para redigir a dissertação, me dediquei para transformar normas, tabelas e figuras em texto de sorte a interligar cada parágrafo de modo concatenado com o tema do estudo.

Agradeço aos colegas de turma e amigos da distribuidora de gás da Bahia pelo apoio e solidariedade demonstrados durante a carga horária de trabalho e nas aulas do mestrado. Vocês, amigos e colegas fazem parte da minha vida, pois me lembro dos constantes sofrimentos, tristezas, aflições e alegrias que passamos juntos. Sabíamos que juntos sobreviveríamos e podíamos transformar as avalanches de informações em resultados satisfatórios.

Agradeço a todos os meus familiares por terem me confortado nos momentos mais tristes, por terem contribuído substancialmente durante nossa vida e também na consecução de mais esta conquista.

RESUMO

Esta dissertação descreve uma metodologia para melhorar a ecoeficiência na construção de gasodutos, através da adoção de indicadores como meio de controle da obra. As diversas fases que compõem a fabricação de dutos, desde o recebimento dos materiais até a confecção do desenho conforme construído requerem verificações contínuas por parte dos fiscais da concessionária de distribuição de gás, a fim de garantir a qualidade do produto final. Da prospecção até a distribuição, o gás passa por muitos processos e beneficiamentos, o que o encarece. Minimizar os custos de cada etapa da cadeia deste energético exige mais controle em sua produção como um todo, e a concessionária de distribuição possui função relevante nesse aspecto. A concessionária de distribuição precisa incrementar os padrões de construção e montagem de duto, criando indicadores de ecoeficiência como ferramenta de fiscalização e gerenciamento dos contratos. Os indicadores obtidos durante a pesquisa evidenciaram ser propícios para elevar o controle da ecoeficiência das fabricações e montagens, pois suas aplicações foram analisadas na revisão de literatura e nos estudos de casos. Mesmo sendo uma análise preliminar, constatou-se que eles podem auxiliar na redução dos insumos, ao expor de modo mais objetivo e sistemático, a ecoeficiência do uso da energia, do consumo de água, da geração de resíduos e das não-conformidades, durante o andamento da construção dos empreendimentos, e provisionando os menores custos com a futura manutenção. Como o custo do gás também é influenciado pelos gastos com a construção e a manutenção dos dutos, adotar os indicadores de ecoeficiência apoiando o controle da obra, é uma ação capaz de, em longo prazo, contribuir na precificação do produto, na diminuição do uso de materiais, e assim contribuir para que o país se torne mais sustentável.

Palavras-chave: Indicadores de ecoeficiência. Controle da construção. Rede de distribuição de gás natural.

ABSTRACT

This dissertation describes a methodology to improve the ecological efficiency in the construction of gas pipelines, by adopting indicators as a way to control the work. The several phases that make up the manufacturing of ducts, from receiving the materials to make the designer as it is constructed, requires continuous checks by the concessionaire's supervisors of the gas distribution, to ensure final product quality. From prospecting to the distribution, the gas goes through many processes and improvement, making it expensive. Minimizing costs of each phase of this chain of this energetic requires more control in its production as a whole, and the distribution utility has an important function in this matter. The distribution utility needs to improve the standards of construction and installation of duct, by creating ecoefficiency indicators as monitoring tools and contract management. The indicators obtained during the research indicated that they are propitious to increase control of the ecological efficiency of fabrication and installation, for their applications were analyzed in reviewing reading and in the case studies. Even being a preliminary analysis, it was realized that they can help reduce inputs, by exposing in a more systematic and objective way, the ecological efficiency of the energy use, water consumption, waste generation and nonconformity, during construction of the developments, and providing lower costs with the future maintenance. As the cost of gas is also influenced by spending of the construction and maintenance of ducts, having the indicators of ecological efficiency supporting the work control is a long term action that can contribute to the pricing of the product, to reduce materials use, and thus help the country become more sustainable.

Key-words: Indicators ecoefficiency. Control the construction. distribution network of natural gas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gasoduto que liga a Bolívia ao Brasil.....	24
Figura 2 - Gasoduto que liga o sudeste ao nordeste	24
Figura 3 - Gasoduto Manati.....	25
Figura 4 - Malha nacional de transporte de GN	26
Figura 5 - Diretriz dos gasodutos da distribuidora de gás da Bahia em 2008.	30
Figura 6 - Cadeia do gás	31
Figura 7 - Pirâmide de transformação.....	35
Figura 8 - Diagrama de causa e efeito.....	40
Figura 9 - - Disposição do duto na vala	65
Figura 10 - Máquina usada para efetuar o furo direcional	66

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Média das não-conformidades.....	41
Quadro 1- Indicadores de ecoeficiência da produção de cera	43
Quadro 2- Indicadores da empresa F	44
Quadro 3- Indicadores da empresa G.....	44
Quadro 4- Indicadores da empresa H.....	45
Quadro 5-Indicadores da empresa I.....	45
Quadro 6- Indicadores da Empresa J	46
Quadro 7- Indicadores da empresa L	46
Quadro 8- Indicadores de ecoeficiência da empresa L	47
Quadro 9- Indicadores de gestão ambiental	48
Quadro 10- Modelo de indicadores que conduzem à ecoeficiência	56
Quadro 11- Materiais mais usados na construção de gasodutos.....	62
Tabela 2 - Tensão de escoamento mínima dos aços	63
Quadro 12 - Acessórios mais usados na construção de gasodutos.....	63
Tabela 3 - Tolerância da espessura de parede - K.....	69
Quadro 13 - Classe de locação dos empreendimentos.....	72
Tabela 4 - Determinação do percentual de inspeção	72
Tabela 5 - Pressão Teste (PT).....	74
Tabela 6 - Características dos contratos	78
Quadro 14 - Indicadores escolhidos para análise.....	80
Tabela 7 - Ecoeficiência dos resíduos	82
Tabela 8 - TE da ecoeficiência dos resíduos.....	82
Tabela 9 - Ecoeficiência das não-conformidades	83
Tabela 10 - TE Ecoeficiência das não-conformidades.....	84
Tabela 11 - Ecoeficiência da manutenção	85
Tabela 12 - TE da ecoeficiência da manutenção.....	85

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO.....	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
1.4 – METODOLOGIA DA PESQUISA	19
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 HISTÓRICO DO GÁS	21
2.2 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DE DUTOS	26
2.3 CADEIA DO GÁS	28
2.4 CONCEITOS DE INDICADORES	33
2.5 CONCEITOS DE ECOEFICIÊNCIA.....	49
CAPÍTULO 3 – ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DA REDE DE GASODUTOS.....	58
3.1 MOBILIZAÇÃO DA OBRA.....	58
3.2 PLANO DE QUALIDADE	59
3.2.1 Qualificação de pessoal	60
3.2.2 Programa de segurança e de meio ambiente.....	60
3.2.3 Procedimentos executivos	61
3.2.3.1 Recebimento de materiais.....	61
3.2.3.2 Abertura de vala	64
3.2.3.3 Furo direcional.....	65
3.2.3.4 Curvamento de tubos	67
3.2.3.5 Soldagem	69
3.2.3.6 Inspeção por ensaios não destrutivos.....	70
3.2.3.7 Revestimento externo	72
3.2.3.8 Abaixamento, cobertura, recomposição e sinalização.....	73
3.2.3.9 Teste hidrostático	73
3.2.3.10 Desenho conforme construído	75
CAPÍTULO 4 – ESTUDOS DE CASO.....	77
4.1 SELEÇÃO DOS CONTRATOS.....	77
4.2 ESCOLHA DOS INDICADORES	80
4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS INDICADORES.....	81
4.3.1 Ecoeficiência dos resíduos.....	81
4.3.2 Ecoeficiência das não-conformidades	83
4.3.3 Ecoeficiência da manutenção	84
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....	87

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Este estudo visa discorrer sobre a importância do controle da ecoeficiência nas obras de construção e montagem de gasodutos. Para isso foi necessário pesquisar e compreender melhor a evolução da cadeia e as propriedades do Gás Natural-GN, sobretudo os aspectos significativos relacionados à fabricação de sua rede de distribuição.

O GN é uma mistura de frações menores dos gases etano, propano, butano, oxigênio, nitrogênio e com alto teor de metano que são associados aos elementos carbono e enxofre (ANP, 2008).

A descoberta de reservatórios com percentuais de GN elevado fomentou a viabilização econômica da oferta do produto para os centros consumidores. Associado a isso, foram desenvolvidos os meios de produção para fabricar peças e equipamentos que consumam o combustível gasoso.

A versatilidade das aplicações proporcionada pelo GN facilitou a expansão de seu consumo, de modo que sua participação na matriz energética nacional é crescente. O gás possui uso nos segmentos automotivo, comercial, industrial, residencial e termoelétrico.

Boa parte das indústrias que consome o GN atua nos segmentos alimentício, automobilístico, cerâmico, químico, petroquímico, siderúrgico e têxtil. O energético é usado principalmente para alimentar as caldeiras, os fornos e as estufas, em substituição ao óleo combustível, ao gás liquefeito de petróleo, à lenha e à energia elétrica. As aplicações como redutor siderúrgico na fabricação de ferro e a transformação do metano em etano para a produção de plástico são consideradas nobres pelos especialistas, porque o gás é consumido como matéria-prima, lhe conferindo maior valor agregado (SILVA, 2006).

No setor automotivo o GN é usado como combustível. Seu estado gasoso facilita a mistura com o ar no processo de combustão. Outras características como a alta octanagem e o poder calorífico tornam o gás um forte concorrente em substituição ou como alternativa ao álcool, à gasolina e ao óleo diesel.

O segmento residencial e comercial utilizam o GN, sobretudo para a cocção e o aquecimento, em substituição ao gás liquefeito de petróleo e à energia elétrica, respectivamente. Em função do volume consumido, os centros de compras também podem gerar sua própria energia elétrica através das termoelétricas alimentadas a gás, adotando o sistema de cogeração para melhorar a eficiência e possibilitar a refrigeração de suas unidades com economia.

A grande demanda por energia elétrica ocorrida a partir de 2001 criou mais um nicho de mercado para o GN, o termoelétrico. Esse segmento atua como suplemento às usinas hidrelétricas, conforme a solicitação de despacho do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

Com a oferta de gás estimada, foram construídos novos dutos para interligá-los à malha existente, almejando conectar as cinco regiões do país: Norte, Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Sul para fomentar sua demanda.

Ao executar uma obra de construção de gasodutos tendo como premissa sua ecoeficiência desde a previsão de demanda, planejamento construtivo, projeto, alocação de recursos, construção, operação e manutenção haverá menos necessidade de material e menor risco de acidentes. Isso diminuirá o impacto ambiental e o custo social do empreendimento poderá ser reduzido, porque o desperdício de insumo tende a ser ínfimo, e a construtora manterá o custo com a mão-de-obra mais estável, pois não necessitará contratar novos funcionários em substituição aos operários acidentados.

A redução do custo do metro cúbico de GN distribuído possui limitações. A geografia da região onde será construído o duto, a boa técnica de engenharia, a distância entre o campo de produção do hidrocarboneto e o mercado consumidor, o volume transferido, a lei da oferta e da procura, o valor dos combustíveis substitutos, e o custo de oportunidade do capital investido impõem restrições que oneram o preço do energético. Entretanto se cada etapa da cadeia do gás adotar adequadamente os princípios da ecoeficiência, esta ferramenta poderá proporcionar oportunidades de combater a ineficiência e influenciar na precificação do energético.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a adoção de indicadores como meio de controle das etapas de construção e montagem dos gasodutos de distribuição de gás natural, de modo que se identifiquem as possibilidades de melhorias efetivas para a consecução mais ecoeficiente das obras.

1.1.2 Objetivos específicos

Pesquisar sobre os indicadores de ecoeficiência e selecionar aqueles que possam ser aplicados nas obras de construção e montagem de dutos de distribuição de gás natural;

Analisar três estudos de casos sobre as empresas de construção e montagem quanto à adoção de indicadores de ecoeficiência;

Demonstrar a importância da adoção dos indicadores como meio de controle e gerenciamento ecoeficiente de uma obra.

1.2 JUSTIFICATIVA

O aumento da oferta do GN a partir do ano 2000 tornou este combustível mais conhecido e importante para a matriz energética nacional. Isso propiciou mais interesse intelectual e econômico, motivando parte da sociedade a aprofundar os estudos sobre sua cadeia de produção, entre elas as universidades e os centros de pesquisa. Criaram-se os cursos especializados e palestras foram ministradas para que a mídia e a população adotassem uma postura de apoio à idéia da utilização do gás natural. Diversos sítios, artigos, dissertações e teses passaram a ter o gás como tema.

O Estado promoveu campanhas publicitárias sobre as propriedades do energético, editou leis e incentivou sua pesquisa para popularizar e transmitir mais confiabilidade aos meios de produção que desejassem participar dessa cadeia. A incipiente regulação do setor contribuiu para a evolução da oferta do energético, tornando-se alternativa para a complementação ou a substituição dos combustíveis líquidos, além de poder gerar energia elétrica.

Com a difusão do uso do gás em seus diversos segmentos, dentre eles o termoelétrico, que consome enorme quantidade de hidrocarboneto para a geração de energia elétrica, foi demonstrado que o país necessitava melhorar sua infraestrutura de produção, processamento, transporte e distribuição, objetivando atender rapidamente o aumento da demanda, sob pena de ter que reprimi-la de maneira equivocada, elevando as tarifas.

As tarifas de gás têm crescido sistematicamente afugentando seu uso por parte do mercado. Se no passado recente os especialistas informavam que havia uma demanda reprimida, os indicadores de consumo citados no site Gasbrasil de 2009 sinalizavam para a existência de oferta reprimida, diante da falta de competitividade do energético em relação aos demais combustíveis substitutos. O Brasil ainda não consegue consumir os 30 milhões de metros cúbicos diários de GN comprados, mas não consumidos, da Bolívia.

A matriz de preço do gás é composta pelos custos de produção e processamento, acrescida das despesas com transporte e distribuição. Cada parte dessa cadeia deve contribuir para o estabelecimento de uma tarifa módica e acessível, proporcionando mais socialização deste combustível.

Um dos mais importantes patrimônios da concessionária de distribuição de gás reside na malha de gasodutos que ela possui. Quanto maior a difusão e densidade de consumo nos segmentos industriais, comerciais e residenciais, em função do comprimento dos dutos, maior também será a economia de escala para a empresa, que deverá ser traduzida na redução das tarifas para os consumidores, desde que haja confiabilidade e garantia na oferta do produto. Isso significa que construir e manter as tubulações de maneira ecoeficiente possibilitará a redução da tarifa e fomentará o uso do energético pelas camadas da sociedade menos abastadas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi dividida nos capítulos introdução, revisão de literatura, etapas da construção da rede de distribuição de gasodutos, estudos de casos, e conclusão, com o intuito de concatenar os assuntos conforme a evolução do entendimento do leitor.

O capítulo II, revisão de literatura, busca aprofundar os conceitos sobre indicadores e eficiência, visando poder selecionar aqueles que possam ser utilizados na construção e montagem de gasodutos. Ele também versa sobre o desenvolvimento da cadeia do gás, assim como dos materiais e processos de fabricação mais usados na confecção dos dutos.

O capítulo III, etapas da construção da rede de gasodutos, demonstra as fases da obra de construção e montagem de gasodutos, desde a mobilização até sua conclusão, detalhando suas etapas, como meio de prevenir a produção de não-conformidades.

O capítulo IV, estudos de casos, relata três estudos de casos realizados em função dos dados colhidos nas obras de construção de gasodutos entre os anos de 2005 e 2008, objetivando analisar a adoção dos indicadores colhidos na revisão de literatura.

O capítulo V, conclusão, sintetiza os resultados alcançados na pesquisa, possibilitando seu prosseguimento na busca da melhoria contínua dos seguimentos de construção e montagem.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa desta dissertação se iniciou pela fundamentação da cadeia do GN. Em seguida foi dada ênfase ao segmento de construção e montagem de gasodutos. Também foi necessário estudar os conceitos sobre os indicadores de eficiência e suas aplicações para que eles pudessem ser utilizados nos estudos de casos.

O estado da arte do estudo foi viabilizado mediante a coleta de dados nas agências reguladoras, concessionárias de transporte e de distribuição de GN, empresas petrolíferas, construtoras de gasodutos e nas organizações e instituições que atuam na cadeia do gás. Outras relevantes fontes de estudos foram as normas e os regulamentos técnicos, os livros, os artigos, e as dissertações e teses. As informações obtidas durante as aulas do mestrado e as entrevistas verbais efetuadas com os fiscais de obras da distribuidora de gás da Bahia serviram como subsídios indispensáveis na formulação e no desenvolvimento do tema, assim como na análise dos estudos de caso.

O universo da indústria do gás é bastante difundido e há elevada informação sobre o assunto. Entretanto, a etapa final da cadeia do GN, que é a distribuição do energético através das concessionárias estaduais, carece de dados. Isso dificultou a coleta de experiências teóricas que servissem como referencial para análise dos estudos de casos sobre os três contratos de construção de gasodutos, do universo dos 9 que foram licitados entre os anos de 2005 e 2008.

A diretriz N - 464 da Petrobras, a norma NBR- 12712 e as normas API serviram como alicerces teóricos para o conhecimento das técnicas de construção e montagem de gasodutos. Juntamente com as normas, foi necessário acompanhar o andamento das obras, a fim de identificar seus aspectos críticos quanto à fabricação e a ecoeficiência, e também poder coletar as importantes informações transmitidas pelos fiscais dos contratos alvo do estudo.

Mesmo sendo relativamente novo, já existem muitos livros, artigos, dissertações e teses discorrendo sobre os indicadores de ecoeficiência. Compilar os dados e associá-los ao tema proposto exigiu bastante paciência e dedicação, porque boa parte das fontes pesquisadas aplicava os conceitos de ecoeficiência à indústria de processo e não à de construção.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

Esse capítulo relata o histórico da descoberta, do desenvolvimento e do uso do gás. Por ser o modal mais usado no deslocamento deste hidrocarboneto, discorre-se sobre a evolução dos processos de fabricação aplicados na confecção dos tubos e das tubulações. Também será efetuado um estudo dos conceitos e da utilização dos indicadores adotados como mecanismo de controle da ecoeficiência nas organizações.

2.1 HISTÓRICO DO GÁS

O histórico da descoberta, do desenvolvimento e do uso do gás está associado à evolução tecnológica dos meios utilizados para seu transporte e armazenamento, a fim de torná-lo mais seguro e economicamente viável.

O GN era conhecido e usado na China antes do nascimento de Cristo. A palavra gás, do grego khaos, foi inventada pelo químico holandês J. B. Van Helmont em 1609, embora a expressão gás natural tenha sido cunhada pelo italiano Lazaro Spallazini. O termo metano é atribuído ao químico alemão August Wilhelm Von Hofmann, e sua fórmula (CH_4) foi estabelecida pelo cientista suéco Jöns Jacob Berzelius (ROCHA, 2005).

Ao garimpar a terra os chineses descobriram a afloração de gás na superfície. Transportaram-no através das varas de bambus e usaram-no para ferver a água do mar e separá-la do sal. O energético também alimentava o fogo, símbolo de uma seita local no Irã. No século VII, os japoneses já exploravam racionalmente os poços de petróleo e de gás (ROCHA, 2005).

A Revolução Industrial no século XVIII foi um marco para a utilização comercial do gás devido à descoberta do engenheiro escocês William Murdoch de poder produzi-lo a partir do carvão, mais conhecido como gás manufaturado, para iluminar os centros urbanos, em substituição ao óleo de baleia.

Segundo Banks (*apud* ROCHA, 2005) no século XIX os Estados Unidos da América - EUA iniciaram a exploração de GN no estado de Nova Iorque. A distribuição do fluido era inicialmente realizada em troncos de pinhos ocos, sendo que mais tarde seria transportada por tubos. O primeiro gasoduto de

longa distância possuía 600 km, com o diâmetro aproximado em 14 e 16 polegadas, que foi posto em operação entre a Louisiana e o Texas em 1925, dando início à moderna indústria.

A expansão do uso do GN na Europa deveu-se ao invento do queimador Roberto Bunsen, que misturava o ar atmosférico ao gás, melhorando a eficiência da mistura, e à construção de gasodutos mais seguros contra vazamentos no final do século XIX.

Yergin (*apud* ROCHA, 2005) cita que em 1950 estabeleceram-se as primeiras redes de transporte de GN para os estados carentes deste recurso, e com forte demanda de energia, como é o caso da Califórnia nos EUA. A construção de uma rede extensa e internacional entre os EUA e o Canadá, em décadas posteriores, resultou na construção do primeiro e maior mercado gasífero mundial, cuja estruturação tem sido motivo de constantes regulações no transporte e na comercialização.

A utilização incipiente do gás manufaturado no Brasil ocorreu no século XVIII. Foram criadas fábricas para produzir o combustível através do carvão mineral e transportá-lo em canalizações para iluminar os centros públicos das cidades. As concessionárias pioneiras foram a Companhia de Iluminação a Gás do Rio de Janeiro, hoje denominada Companhia Estadual de Gás - CEG, seguida pela Bahia Gaz Company - Bahiagás, em Salvador, e mais tarde criou-se a San Paulo Gaz Company, atualmente Comgás. Neste mesmo período, Recife, São Luís e Fortaleza constituíram suas empresas para iluminar os centros urbanos através do hidrocarboneto gasoso (SILVA, 2006).

O gás manufaturado foi um produto típico da Revolução Industrial porque era oriundo da mesma matéria-prima adotada pelas fábricas e máquinas para gerar energia: o carvão. Entretanto o crescimento das cidades requeria meio mais eficiente para sua iluminação, por isso a energia elétrica foi substituindo lentamente o combustível gasoso e muitas companhias fecharam, entre elas a Bahia Gaz Company. Restaram a CEG e a Comgás, porque já possuíam um grande e diversificado mercado consumidor residencial, que usava o combustível para a cocção, o aquecimento e a iluminação (SILVA, 2006).

O reaquecimento do mercado de gás e petróleo no Brasil ocorreu a partir de 1938, com a criação do Departamento Nacional de Produção Mineral e a

descoberta de óleo e gás na Bahia. Sabe-se também que outro grande incentivo para indústria gasífera ocorreu em função da criação da Petrobras em 1953 (THOMAS, 2001).

A descoberta de novos poços contendo gás na década de 50 começa a sinalizar o potencial de fortalecimento do consumo no estado da Bahia. Inicialmente utilizado para a geração de vapor na Refinaria Landulpho Alves, o gás, através dos campos de Aratu, alimentava a fábrica de Cimento Aratu e a termelétrica de Cotegipe, enquanto a produção da ilha de Itaparica era distribuída para a tecelagem Mocambo e para a fabricação de garrafas da unidade Fratelli Vita (ROCHA, 2005).

A década de 60 foi marcada pela construção e a operação da Unidade para Processamento de Gás Natural - UPGN no município de Catu, local para onde era destinada a produção de GN do recôncavo baiano. Na década de 70 é instalada a UPGN no município de Candeias, na Bahia, para atender à demanda de gás do Centro Industrial de Aratu e do Polo Petroquímico de Camaçari (ROCHA, 2005).

A difusão da oferta de gás no país ocorre, todavia, entre os anos 80 e 90. A década de 80 foi impulsionada pela exploração das reservas da Bacia de Campos, enquanto que o final da década de 90 marca o início da importação do GN da Bolívia, através do gasoduto Gasbol.

O Gasbol, com comprimento de 3150 km e com vazão máxima de 30 de milhões m³ diariamente, é um dos maiores gasodutos do mundo, e contribui com mais da metade da oferta de GN do país. Esse gasoduto exerce função social, política e econômica, porque liga dois países do cone sul, fortalecendo mais ainda a necessidade de integração continental, além de agregar as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil, e se conecta com a malha do Nordeste, conforme pode ser evidenciado através das Figuras 1 a 4 (TBG, 2009).

Figura 1 - Gasoduto que liga a Bolívia ao Brasil



Fonte: TBG (2009).

A Figura 2 demonstra o traçado do Gasene, gasoduto que liga a região Sudeste à Nordeste, com 1371 km de comprimento, vazão máxima de 20 milhões m³ diariamente. Este duto está concluído, e tem como estratégia desenvolver o mercado brasileiro de gás natural, mediante a constituição de uma rede básica para seu transporte, interligando as malhas do Brasil e monetizando suas reservas (BAHIA, 2007).

Figura 2 - Gasoduto que liga o sudeste ao nordeste



Fonte: ONIP (2009).

O Campo de gás de Manati, ilustrado na Figura 3, foi descoberto na Bahia em 2000 e apresenta reservas totais estimadas em 24 bilhões de m³, correspondendo a cerca de 40% da reserva do estado. É composto de uma

plataforma de produção marítima, situada a 10 km da costa, na bacia de Camamu, em águas rasas. Seu transporte é via gasoduto de 125 km de extensão, que conecta a plataforma à estação de tratamento em São Francisco do Conde. A partir do beneficiamento, o GN é transferido para a Bahiagás, através da Estação de Transferência de Custódia -ETC e distribuído para os centros consumidores (BAHIA, 2007).

Figura 3 - Gasoduto Manati



Fonte: ONIP (2009).

As malhas dutoviárias brasileiras são responsáveis pelo transporte do petróleo e seus derivados, desde as regiões produtoras até os centros consumidores. O aumento da demanda energética tem incentivado a ampliação e a construção de novos oleodutos e gasodutos. Isso é possível graças à disponibilidade e à utilização de técnicas avançadas de construção, que permitem sondar, traçar, escavar, perfurar e unir os tubos para a fabricação de tubulações com confiabilidade, segurança e economia.

Pode ser evidenciado através da Figura 4 que a malha de gasoduto tende a aumentar sua densidade nas regiões em que se concentra o maior contingente populacional e industrial. As reservas de GN existentes na Amazônia, Venezuela e Peru também contribuem para a difusão do transporte dutoviário, além de possibilitar maior confiabilidade na oferta do energético.

Figura 4 - Malha nacional de transporte de GN



Fonte: Abegas (2010)

A significância do gás depende dos meios tecnológicos aplicados em sua cadeia de produção para torná-lo mais competitivo e seguro em relação aos demais energéticos substitutos, a exemplo da gasolina, do álcool e do óleo combustível. Como os gasodutos de distribuição fazem parte desse contexto, sua construção deve priorizar a competitividade, a economia e a segurança para poder incentivar mais ainda a expansão do consumo de GN na maior parte do país, tornando-o mais acessível, sobretudo para a população menos abastada e para as fábricas instaladas distantes dos grandes centros urbanos.

2.2 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DE DUTOS

O princípio da indústria do petróleo e do gás exigiu o desenvolvimento de mão-de-obra e de equipamentos capazes de suportar as propriedades físicas e químicas dos energéticos. Por serem líquidos e gasosos, respectivamente, muito dos conceitos e tecnologias aplicados para a água e o

vapor, quanto ao escoamento dos fluidos, foram incorporados aos hidrocarbonetos.

A abundância e a facilidade de conformação fizeram com que a madeira, a cerâmica e o chumbo fossem pioneiros nas construções das tubulações.

A sofisticação dos encanamentos que se percebe atualmente teve origem em Roma, no século IV. Seu povo desenvolveu um sistema de suprimento de água e de esgoto por todo o império, tendo como material de fabricação o chumbo. Construíram uma rede de aquedutos de 577 km de extensão. Os dutos operavam tanto acima quanto abaixo do solo. Os conhecimentos sobre os danos provocados à saúde em função da utilização deste material fizeram com que ele entrasse em desuso, e ser proibido a partir de 1958 nos EUA (PHILBIN, 2006).

A utilização de dutos na indústria de óleo e de gás data da primeira metade do século XIX, entre os anos de 1806 e 1820. Em cidades da Inglaterra e dos Estados Unidos tem-se registro do lançamento de tubulações de madeira para a alimentação do sistema de iluminação pública com gás manufacturado, produzido a partir do carvão (RENNO, 2009; LEMGRUBER, 2009).

A ciência e os meios de escoar os fluidos praticamente mantiveram-se inalterados com o tempo, pois utilizam os princípios físicos de diferença de pressão, de temperatura, de gravidade e de velocidade. Os tubos construídos com chumbo foram substituídos pelos tubos de ferro fundido, de cobre, de aço e de polietileno. Os tipos de uniões entre os tubos para confeccionar os encanamentos também evoluíram. A maior parte dos gasodutos atualmente é fabricada em aço e em polietileno.

A principal matéria-prima para a fabricação de gasodutos é a liga Ferro-Carbono (Fe-C), em que o carbono varia em média entre 0,05 e 2,1%, oriunda da fundição. A liga Fe-C é transformada em chapas mediante o processo de laminação, posteriormente é calandrada para assumir o formato circular e, finalmente, recebem uma solda longitudinal em relação ao raio (TELES, 1982).

Os tubos de aço que hoje dominam largamente quase todos os campos de aplicação industrial são de desenvolvimento relativamente recente. O primeiro duto de aço foi fabricado na Inglaterra em 1825. Em 1886 os irmãos Manesmann registraram a primeira patente do laminador oblíquo para a

confeção de tubo sem costura por solda, conferindo-lhe maior segurança a esse modal de transporte (TELES, 1982).

Entre os anos de 1825 e 1886, antes do registro da patente dos irmãos Manesmann, os tubos de aço passavam por diversos processos de fabricação, desde a chegada da matéria-prima até a conclusão do produto acabado, representando encarecimento e menor confiabilidade, porque em cada etapa de construção há a possibilidade de falhas e aumento dos custos de conformação.

A junção dos tubos e seus acessórios, como às válvulas e as conexões constituem a tubulação. Boa parte da união deles é feita com solda. Os tipos de soldagem mais utilizados na construção de tubulações aplicam os princípios físico-químicos para ligar os materiais. Um deles é o do arco elétrico, gerado entre o eletrodo e a parte da peça a ser fundida e soldada, tratando-se dutos fabricados em metal.

O processo de soldagem, união de dois ou mais materiais mantendo suas propriedades, teve seu grande impulso durante a Primeira Guerra Mundial, devido à grande fabricação de navios e aviões, apesar de o arco elétrico ter sido desenvolvido em 1877 pelo norte-americano Elihu Thompson, obtendo a patente em 1919 (PHILBIN, 2006).

Em 1907, o sueco Oscar Kjellberg patenteou o processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido. Em sua forma original, esse revestimento era constituído de uma camada de cal, cuja função era estabilizar o arco. Evoluções posteriores tornaram esse processo o mais utilizado do mundo (MODENESI, 2000).

Renno (2009) cita que em 1911 houve o registro da soldagem das juntas das tubulações pelo processo oxiacetilênico, tornando possível a construção de dutos com grandes diâmetros e com altas pressões de operação, sem os inconvenientes vazamentos que ocorriam por ruptura das juntas soldadas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mediante a edição da norma NBR-12712 de 2002 estabelece as qualificações de tubos de aço carbono usados na fabricação de gasodutos, quanto ao diâmetro nominal, espessura, composição química, curvamento, achatamento, eficiência da junta, soldabilidade, defeitos, propriedades e ensaios mecânicos.

O surgimento dos polímeros sintéticos é recente. As propriedades mecânicas desses materiais os qualificam como um dos mais utilizados depois do aço. Utensílios domésticos, hospitalares, equipamentos industriais e automotivos estão em sua carta de aplicações.

Danieletto (2009) cita que o surgimento cronológico dos polímeros ocorreu em 1909 com a produção da resina fenólica, conhecida popularmente como baquelite. Em 1939 houve a manufatura do Polietileno de Baixa Densidade-PEBD, um dos materiais plásticos mais usados no cotidiano. O Polietileno de Alta Densidade-PEAD surgiu em 1955 e serve como matéria-prima para a fabricação de tubos.

Quanto maior a densidade do polietileno, melhor é a sua impermeabilidade. O PEBD possui sua massa por unidade de volume entre 0,910 e 0,930 g/cm³, enquanto que o PEAD varia a massa entre 0,940 e 0,970 g/cm³.

Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos - ABPE (1998), através da norma ABPE/E 001, sintetiza a denominação de PEAD para apenas PE, e classifica a tubulação em função de sua resistência a pressão circunferencial em PE 60, PE 80 e PE 100, sendo ela, respectivamente, 6,3 MP, 8,0 MPa e 10 MPa, para um ciclo de vida de 50 anos.

A norma NBR-14462, também denomina as tubulações em polietileno enterradas de sistemas de distribuição de gás combustível conforme a ABPE.

Os tubos de polietileno são fabricados pelo processo de extrusão. A extrusora consiste em uma máquina que possui um recipiente para a colocação de pelotas de plástico, de uma prensa tipo parafuso térmica, em que se aquece e pressiona as pelotas da matéria-prima contra uma matriz com o perfil tubular, dando origem ao duto de PE.

A soldagem de objetos fabricados em polietileno usa o processo da termoresistência e da termofusão. O efeito joule da resistência elétrica aquece até fundir parte do material a ser unido, paralelamente ao aumento da pressão entre eles, de maneira que quando o conjunto das duas peças é resfriado, elas formam um único corpo.

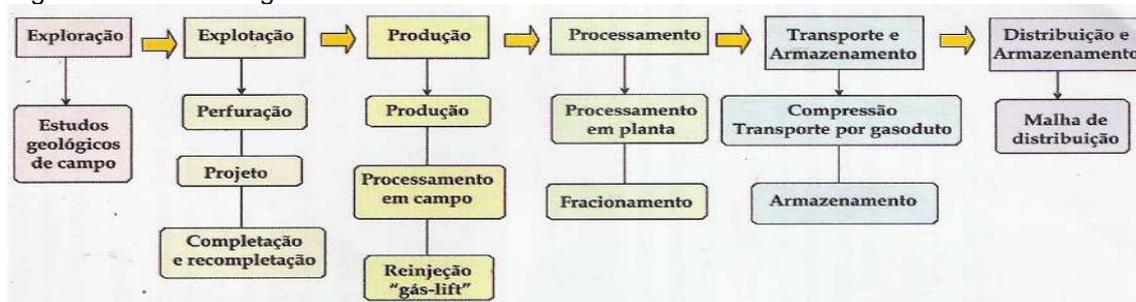
O gasoduto de distribuição é um duto principal que opera com pressão média abaixo de 30 kgf/cm², utilizado para abastecer de gás os consumidores.

Em Salvador, a malha de gasoduto concentra-se nos bairros da Pituba e Imbuí fornecendo GN para os segmentos residencial, comercial e automotivo. Em Simões Filho, os dutos foram instalados especialmente no Centro Industrial de Aratu-CIA fornecendo GN para as indústrias e para o segmento automotivo. Destaca-se nesse município o consumo de gás como redutor siderúrgico na USIBA, empresa pertencente o grupo Gerdau, para a fabricação de aço. Essa aplicação do gás é considerada nobre pelos especialistas porque o energético adquire maior valor agregado. Em Camaçari, os gasodutos concentram-se no Polo Petroquímico a fim de atender a demanda industrial, termoelétrica e automotiva. Destaca-se o consumo nobre dado ao GN pela empresa FAFEN na produção de amônia e pelo grupo BRASKEM na fabricação de plástico. Em Catu, Alagoinhas, Candeias e Feira de Santana, o gasoduto abastece sobretudo os segmentos industrial, termoelétrico e automotivo.

2.3 CADEIA DO GÁS

A cadeia produtiva do GN inicia-se pela atividade de exploração, e passa pelas etapas de exploração, produção, processamento, transporte e distribuição, como se vê na Figura 6. A complexidade dos processos para obtenção dos hidrocarbonetos exige elevados investimentos em capital cultural e em equipamentos. A importância desse produto na composição da matriz energética justifica que o estado normatize suas ações, objetivando garantir a sustentabilidade e fortalecer, mais ainda, a soberania nacional.

Figura 6 - Cadeia do gás



Fonte: Silva e outros autores (2006).

A exploração é o princípio das atividades da cadeia produtiva do gás e do petróleo. Nessa etapa são executados os estudos geológicos e geofísicos das bacias sedimentares para se determinar as regiões no subsolo com maior

possibilidade de apresentar reservas de hidrocarbonetos. Havendo viabilidade econômica da reserva de acordo com o volume disponível, o poço é perfurado.

A exploração é o conjunto de atividades que visa perfurar o poço, fornecendo-lhe o acabamento estrutural, denominado de completação, necessário para a produção de óleo e ou gás. Na exploração também pode requerer a injeção de fluido no poço para aumentar sua pressão ou diluir os hidrocarbonetos para facilitar sua extração do subsolo. Essa etapa é uma das mais caras da indústria de petróleo, sendo efetuada apenas quando se reduz a possibilidade de incerteza em função da disponibilidade econômica e tecnológica da empresa ou consórcio detentor da concessão da reserva.

Thomas (2001) informa que o primeiro poço perfurado de uma rocha reservatório envolve altos custos e riscos, por isso sua locação deve ser criteriosamente analisada. O índice de sucesso em poços pioneiros da Petrobras é de 47%.

A produção congrega as atividades de processamento em campo e a injeção de parte do fluido no poço para aumentar sua oferta. Quando o fluido injetado é o gás, ele é denominado de *lift*. Da extração do hidrocarboneto do poço resultam, além dos itens desejados como o óleo e o gás, as impurezas sólidas e as líquidas. Em campo, é implementado o processamento primário de separação e armazenamento dos componentes úteis dos inúteis, oriundos do reservatório.

O processamento consiste na separação via fracionamento dos hidrocarbonetos mais pesados, como o Gás Liquefeito de Petróleo - GLP ou a gasolina natural. No final do processo, tem-se o GN seco ou processado para ser armazenado, transportado e distribuído.

As atividades de transporte e distribuição são consideradas monopólios naturais, fortalecidas pela economia de escala, falhas de mercado e assimetrias de informações que até então dificultam a concorrência, mas não a impede.

A engenharia dos materiais e a evolução dos processos de fabricação foram e são fundamentais desde a exploração até a distribuição do GN. Na distribuição, há também oportunidade de melhorias. E elas podem ser viabilizadas mediante a utilização de indicadores como ferramenta de controle e apoio ao gerenciamento ecoeficiente da obra.

2.4 CONCEITOS DE INDICADORES

Os indicadores são ferramentas que servem para sinalizar como um produto ou serviço se encontra no universo em formação ou já estabelecido, quanto à qualidade e desempenho. A aplicação do indicador vai além da fronteira empresarial, porque ele também pode ser usado como meio de avaliação da situação socioeconômica de um país.

A criação, adoção e análise adequada do conjunto de indicadores possibilitam identificar aspectos críticos e características positivas de uma unidade de produção ou de uma comunidade. É o que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) executa visando fornecer dados como subsídios às ações governamentais. A ação do IBGE proporciona alterar as possíveis distorções regionais como o Índice de Desenvolvimento Humano ou o Índice de alfabetização. Como os indicadores explicitam um fato instantâneo, sua significância no desempenho de um resultado, depende muito do tipo e do tempo da ação corretiva ou medida compensatória implementada.

Amaral (2003) observa que os indicadores podem ser descritivos e normativos. Os indicadores descritivos denotam as condições reais, como o estado do meio ambiente, a temperatura de um corpo ou a vazão volumétrica de um duto. Enquanto que os indicadores normativos verificam e comparam as distâncias entre as condições reais de processo e as de referências normativas.

Ressalta-se também que um sistema de indicadores é um conjunto de indicadores que satisfazem certos princípios. Um sistema de indicadores pode ser global e ou específico. Tem-se como exemplo de indicadores globais o consumo de água e de energia elétrica. Os indicadores específicos podem ser os resíduos encaminhados para incineração e o quantitativo de embalagem usado para acondicionar os produtos em uma unidade de produção (AMARAL, 2003).

O *World Business Council for Sustainable Development* (2000) – WBCSD elenca os principais critérios para se criar os indicadores de ecoeficiência. Eles são:

- a) Ser significativos na proteção do ambiente e da saúde humana em busca da melhoria da qualidade de vida;

- b) Proporcionar dados aos órgãos gerenciais objetivando aperfeiçoar o desempenho organizacional;
- c) Atender à especificidade inerente a cada negócio;
- d) Possibilitar o estabelecimento de padrões para controlar a evolução do desempenho ambiental;
- e) Haver possibilidade de ser definido, mensurável e transparente.

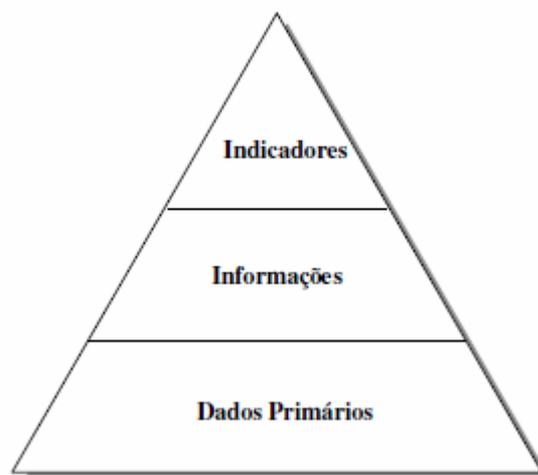
O estabelecimento de critérios promovido pela WBCSD (2000) sistematiza e qualifica a criação de indicadores para que eles desempenhem a função para a qual foram desenvolvidos, que é a de facilitar o entendimento sobre uma fase ou o resultado de um processo.

Catarino (2003) conceitua os indicadores como ferramentas de controle e de gestão que proporcionam subsídios à tomada de decisão, com base em informações importantes e resumidas em declarações concisas e ilustrativas. Dessa forma, os indicadores ambientais são importantes instrumentos para o contínuo controle e redução da poluição.

Um indicador assume sua importância quando deixa de ser uma informação vaga e passa a ser um dado real, mediante seu processamento e incorporação dimensional. A incorporação dimensional é a unidade de grandeza que ele passa ao assumir sua identidade funcional.

De acordo com Catarino (2003) os dados primários são derivados de monitoramentos e medições do universo daquilo que se quer gerenciar. Esses dados são tratados conforme a necessidade e transformados em informação. E as informações substanciais que interferem no resultado adquirem o *status* de indicadores devido a sua riqueza de detalhes, conforme pode ser constatado na Figura 7.

Figura 7 - Pirâmide de transformação



Fonte: Catarino (2003).

Miller (1967) (*apud* Catarino) em seu livro “Psicologia da Comunicação” escreveu a frase “O mágico número 7 mais ou menos 2”, destacando que a memória não retém mais do que aproximadamente 7 itens após uma apresentação. Significa dizer que se deve selecionar bem os indicadores, de modo que eles abranjam o todo de um processo e desempenhem seu propósito de auxiliar o tomador da decisão, baseado na densidade das informações, traduzidas pelo conjunto dos indicadores, e não em função de sua quantidade.

Para Catarino (2003), a qualidade da seleção dos indicadores respalda-se pelo procedimento adotado na criação da identidade dos indicadores. A identidade do indicador visa obter informações que permitam a reprodutibilidade, a confiabilidade, a comparação e a avaliação dos dados fornecidos.

A identidade do indicador é composta pelo:

- a) Nome;
- b) Aplicação;
- c) Objetivo;
- d) Fórmula de cálculo;
- e) Metodologia de medição;
- f) Unidade de medida;
- g) Periodicidade da medição;

- h) Padrão de referência, quando disponível;
- i) Abrangência;
- j) Ponto de coleta dos dados.

Leye (2008) descreve que no diagnóstico dos indicadores da Petrobras na base de Urucu, na Amazônia, foram identificados temas críticos para que a unidade pudesse ser referência na aplicação do conceito de ecoeficiência de processo. Eles são:

- a) Recursos hídricos;
- b) Pavimentação de estradas e transporte;
- c) Eficiência energética;
- d) Reflorestamento;
- e) Monitoramento e proteção de ecossistemas da Amazônia;
- f) Utilização de GN;
- g) Emissões atmosféricas e crédito de carbono;
- h) Resíduos sólidos e recuperação de áreas impactadas.

No entendimento de Leye (2008), devem-se criar indicadores que contabilizem e abranjam desde o consumo de recursos hídricos à recuperação de áreas impactadas para que a base de Urucu, na Amazônia, seja referência no conceito de ecoeficiência de processo.

A Organização para Cooperação e desenvolvimento Econômico – OCDE (2008) ressalta que a leitura de um único índice com vista a traçar medidas corretivas incorre em equívoco. A estratégia para promover o desenvolvimento sustentado deve primar pela interpretação e correlação entre os indicadores para que o país estabeleça sua política de ação.

A OCDE elenca os principais indicadores ambientais:

- a) Gases geradores do efeito estufa;
- b) Gases destruidores da camada de ozônio;
- c) Qualidade do ar;
- d) Geração de resíduos;
- e) Intensidade e qualidade da água doce;
- f) Intensidade de uso dos recursos florestais;
- g) Intensidade de uso dos recursos pesqueiros;
- h) Intensidade de uso de energia e biodiversidade.

Do universo dos indicadores citados pela OCDE (2008) a geração de resíduos, a intensidade do uso de energia e a intensidade do uso de água podem compor o rol de indicadores aplicados na construção e montagem de gasodutos. A produção de resíduos nas obras como as madeiras e os tubos cortados é uma constante. O gasto com energia também pode ser bastante reduzido, apenas localizando estrategicamente o canteiro para evitar deslocamentos desnecessários das pessoas e dos equipamentos. Como um dos ensaios finais para por o duto em operação é o Teste Hidrostático – TH, e ele utiliza muita água pressurizada para avaliar a estanqueidade da tubulação, medir a intensidade do consumo de água instantâneo e durante o período integral do empreendimento, é de grande valia também para a economicidade.

A OCDE reforça que o desafio é propor ações para minimizar a produção de resíduos, especialmente mediante sua prevenção, e avançar para a gestão do ciclo de vida dos produtos. A instituição defende também que é possível dissociar o consumo de energia e as emissões atmosféricas do crescimento econômico, adotando melhorias em eficiência energética e promovendo a produção mais limpa.

A Fundação Nacional da Qualidade - FNQ (2008) define os indicadores como dados que quantificam as entradas de recursos ou insumos, seus processamentos e as saídas dos produtos. Os indicadores são usados para acompanhar o desempenho de uma atividade durante um intervalo de tempo. Eles podem ser classificados em simples, que decorrem de uma única medição ou compostos.

Intui-se pelas definições fornecidas pela FNQ, que na medição da quantidade mássica do gás a indicação é simples. Entretanto a medição volumétrica do gás é composta, porque deve necessariamente vir acompanhada das indicações de pressão e de temperatura da medição.

A norma ISO 14031 estabelece os critérios de Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA das empresas. A ADA compreende a seleção de indicadores, a coleta e análise de dados, a comparação com os critérios ambientais e as melhorias desses processos.

Segundo a norma ISO 14031 a ADA concentra suas ações na descrição do desempenho ambiental das empresas e enquanto que a Análise do Ciclo de

Vida é mais abrangente, porque contempla as técnicas para a verificação dos aspectos ambientais e os potenciais impactos associados aos produtos e serviços.

A ADA tem como matriz o Indicador de Desempenho Ambiental - IDA. O IDA desdobra-se em Indicador de Desempenho Gerencial - IDG e em Indicador de Desempenho Operacional - IDO.

O IDG deve refletir o esforço organizacional na dotação de recursos financeiros, estruturais e de recursos humanos para o fiel cumprimento da ADA. O IDO objetiva demonstrar as ferramentas corporativas implantadas para medir o desempenho operacional da ADA. É nesse estágio que a adoção dos indicadores na construção de dutos possui maior aderência com a norma ISO 14031.

A norma ISO 14031 utiliza as ferramentas da norma ISO 9000, como o ciclo de Planejamento, Execução, Verificação e Ação – PDCA bastante conhecido no ramo de qualidade para adoção adequada dos indicadores.

Na etapa de Planejamento há o processo de seleção, escolha e, caso necessite, o desenvolvimento de novos indicadores. A execução é responsável pela coleta, conversão e comparação dos dados que transcrevem o desempenho ambiental. A verificação e a ação fazem parte do contexto da análise crítica e melhoria da ADA.

Exemplos de Indicadores de Desempenho Gerencial propostos pela norma ISO 14031:

- a) Recursos financeiros gastos com treinamento;
- b) Número de horas de treinamento;
- c) Efetividade dos esforços para redução do consumo de combustível;
- d) Efetividade no uso de combustível alternativo;
- e) Melhoria na manutenção dos veículos.

Exemplos de Indicadores de Desempenho Operacional propostos pela norma em apreço:

- a) Redução nas emissões provocadas pelos veículos automotores;
- b) Frequência de manutenção dos veículos;

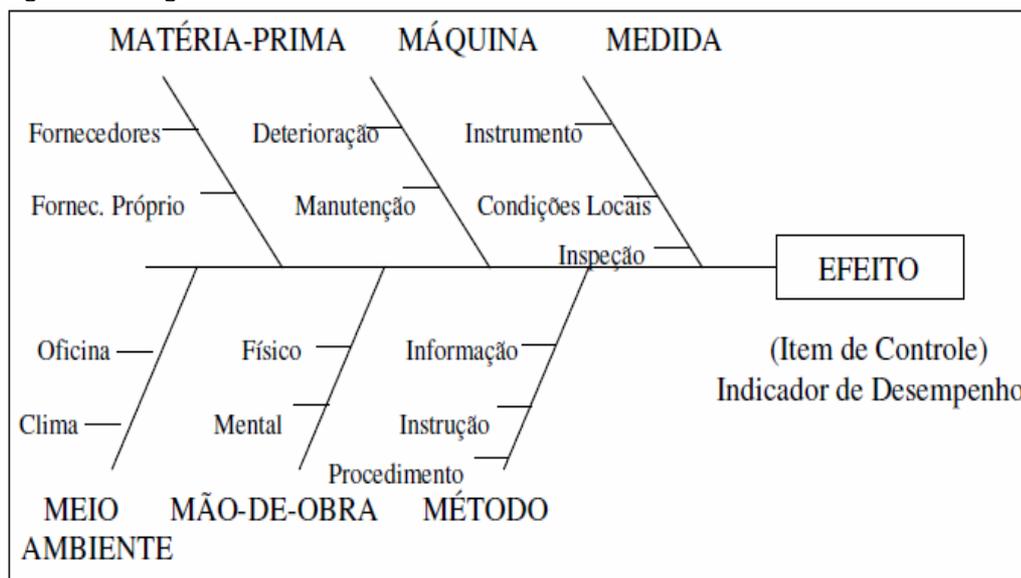
- c) Quantidade total de combustível consumido;
- d) Número de veículos equipados com tecnologia de controle ambiental;
- e) Número de horas por ano em que o equipamento está em operação;
- f) Área total usada para fins de produção;
- g) Número e custo para conter a situação de emergência.

A norma ISO 14031 vincula a Avaliação de Desempenho Ambiental à dotação financeira e estrutural, disponibilizada pelas organizações em busca do cumprimento das metas do desempenho operacional planejado para que haja certificação.

Os exemplos de indicadores IDG e IDO propostos possuem aderência com as etapas de construção de gasodutos, portanto podem servir como referência na idealização dos indicadores de ecoeficiência.

Para Campos 2002 (*apud* Neto 2009) o processo é definido como um conjunto de causas que provocam um efeito específico. Os insumos, os equipamentos e instrumentos, as pessoas, os procedimentos e as condições ambientais locais são as causas que geram os efeitos. Os efeitos são resultados da Matéria-prima, Máquina, Medida, Meio ambiente, Mão-de-obra e Método conforme evidenciado na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Neto (2009).

Marshall Junior (2001) (*apud* ANDRADE, 2009) defende que o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta visual importante para análise e busca de melhorias de processo. Os indicadores de desempenho visam, contudo, o efeito.

A complexidade das etapas: Matéria - prima, Máquina, Medida, Meio ambiente, Mão-de-obra e Método descrita no modelo 6 M do Diagrama de causa e efeito pode gerar um indicador de desempenho, e o efeito ou resultado ser considerado como um indicador de ecoeficiência da produção de um bem, e ser aplicado como modelo de controle na construção de gasodutos.

Badanhan (2001) defende o método de Estudo de Impacto Ambiental - EIA, que aplica as ferramentas metodológicas para padronizar os processos de construção de uma obra dutoviária, conciliando os agentes sociais quanto à qualidade e impacto ambiental, e o agente privado quanto à produtividade, através da implantação e controle de indicadores universais para a obra.

Segundo Badanhan (2001) o projeto, o traçado, a técnica construtiva adotada e o gerenciamento da construção são atividades extremamente graves do ponto de vista de repercussões ambientais, por isso devem ser adequadamente controlados, e foram alvo de seu estudo.

Os indicadores de qualidade propostos por Badanhan (2001) resultaram das médias das não-conformidades ocorridas nos diversos trechos do Gasbol,

em função da quantidade de funcionários e da sazonalidade dos serviços. Os dados foram colhidos nas comunidades afetadas pela construção, devido aos aspectos controlados pelos órgãos ambientais, pelas informações transmitidas aos empreendedores e pela fiscalização da obra.

Na Tabela 1 observa-se as médias de ocorrências percentuais das não-conformidades tidas como referências para estabelecer os indicadores de qualidade padrão propostos por Badanhan (2001).

Tabela 1 - Média das não-conformidades

Impactos ambientais	Ocorrências %
Obstrução de acesso	7
Conduta imprópria	3
Recomposição inadequada	2
Drenagem de pista inadequada	3
Direção imprópria	3
Supressão vegetal	1
Danos à infraestrutura	16
Drenagem inadequada	6
Perda de animal	5
Assoreamento	29
Disposição de materiais	10
Entulho	6
Vazamento de óleo	4
Descarte de água sem proteção	1
Sinalização inadequada	3

Fonte: Badanhan (2001)

Do rol de indicadores de qualidade sugerido, a Conduta imprópria, a Perda de animal e o Entulho são relevantes do ponto de vista do bom convívio com a comunidade, e podem impactar no prazo de conclusão da obra, caso não sejam bem administrados. Isso porque eles podem gerar protesto da população, motivando as ações dos Órgãos Ambientais e do Ministério Público, visando paralisar o andamento da construção, até que a construtora ajuste sua conduta.

O indicador Conduta imprópria somado ao indicador de Perda de animal refere-se ao não fechamento de porteiros quando da passagem de trabalhadores e equipamentos, provocando assim a fuga dos animais.

O indicador Conduta imprópria também está associado ao entulho e ao lixo, colocados em locais inadequados, e ao indicador Obstrução de acesso, que pode ser pelo mesmo lixo ou por outro insumo.

Dos 5 maiores indicadores de não-conformidades da pesquisa de Badanhan, 4 estão associados à engenharia e a ecoeficiência, representando 62% das ocorrências: Drenagem inadequada, Assoreamento, Disposição de materiais e Danos à infraestrutura.

A Drenagem inadequada pode ocorrer devido à necessidade de desviar pequenos trechos de rios, lagos e marés para execução da obra. Outros aspectos que contribuem para essa pendência são os vazamentos derivados da água utilizada no teste hidrostático ou também os rejeitos, a exemplo da lama, gerados no furo direcional e carreados para as margens das fontes hidráulicas.

Independente de sua origem, a Drenagem inadequada de acordo com a pressão, o volume e a temperatura do líquido derramado provoca a erosão do solo e o assoreamento dos rios, lagos e marés, muitas vezes contaminando suas águas.

O Assoreamento também pode ser provocado pela supressão vegetal inadequada das margens dos rios, lagos e marés.

A Disposição dos materiais tem como principal causa o incipiente planejamento adotado pelas empresas construtoras.

Os Danos provocados à infraestrutura podem estar necessariamente associados à falta de treinamento e à formação educacional dos funcionários da obra.

Para reparar as não-conformidades elencadas há muito desperdício de recursos financeiros. Como os desperdícios requerem mais energia para serem ressarcidos, e produzir energia impacta o ambiente, desenvolver projetos construtivos e executivos mais ecoeficientes devem ser indissociáveis da boa prática da engenharia.

O universo de indicadores selecionado é bastante coerente e também possibilita sua aplicação nos gasodutos de distribuição.

Gomes (2004) elaborou os indicadores para avaliar a ecoeficiência na produção de cera de Carnaúba. Essa verificação teve como parâmetro a relação entre o valor do produto e seu impacto ambiental para a medição da

ecoeficiência. O valor da cera foi representado pela quantidade de cera produzida (a) e lucro líquido (b), e a influência ambiental pelos indicadores de, consumo de energia (c), emissões aéreas (d), consumo de materiais (e), geração de resíduos sólidos (f), consumo de embalagens (g) e consumo de água (h), assim demonstrados no Quadro 1.

Quadro1 - Indicadores de ecoeficiência da produção de cera

Dimensão	Indicadores gerais	Indicadores de ecoeficiência
Econômica (Valor da cera)	a-Quantidade de cera produzida e vendida	Influência ambiental/Valor da cera
	b-Lucro líquido na produção de cera	
Ambiental (Influência ambiental)	c-Consumo de energia: diesel, lenha e eletricidade	
	d-Emissões de gases que contribui para o efeito estufa	
	e-Consumo de materiais: pó cerífero, solvente, argila, peróxido de hidrogênio, palha de arroz e tecido para filtro	
	f-Resíduos sólidos: borra, barro e tecido	
	g-Consumo de embalagem	
	h-Consumo de água	

Fonte: Gomes (2004).

Do artigo de Gomes (2004) intui-se que os insumos, a exemplo do consumo de energia e de água, foram selecionados como indicadores, similares aos demais autores. O que varia são apenas os tipos de matéria-prima. O pó cerífero, a palha de arroz, o peróxido de hidrogênio, o tecido para filtro, a argila e o solvente são os indicadores específicos da produção de cera.

Salgado (2007) pesquisou nas empresas atuantes no segmento de transporte de GN nacionais e internacionais sobre quais indicadores ambientais elas estavam utilizando para controlar o seu processo. As organizações foram denominadas desde as letras F a L, assim demonstradas

entre os Quadros 2 a 8. Os dados das empresas foram analisados conforme os cinco critérios de (a) a (e) para se criar os indicadores de ecoeficiência proposto pelo WBCSD.

Quadro 2 - Indicadores da empresa F

Indicadores
Emissões de gases de efeito estufa CO ₂ , CH ₄ e NO _x
Números de vazamentos
Números de não-conformidades regulatórias

Fonte: Salgado (2007).

Os indicadores divulgados pela empresa F são reduzidos, o que não proporcionam dados suficientes aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento e são razoáveis quanto ao controle da evolução do desempenho ambiental, segundo os critérios de criação de indicadores estabelecidos pelo WBCSD. Os critérios (a), (c) e (e) da empresa F atende aos requisitos. Os indicadores de Número de vazamento, de Número de não-conformidades regulatórias podem ser aplicados também como modelo de controle na construção e montagem de dutos.

Quadro 3 - Indicadores da empresa G

Indicadores
Emissões atmosféricas CO ₂ , CH ₄ , NO _x e SO _x
Efluentes líquidos
Resíduos sólidos
Uso de energia

Fonte: Salgado (2007)

O maior número e a diversidade de indicadores criados pela empresa G satisfazem os requisitos de critérios de criação dos indicadores (a), porque são significativos na proteção do meio ambiente e da saúde humana, o (c) porque atende a especificidade do negócio e o (e) porque pode ser definido mensurável e transparente. Os requisitos (b) e o (d) citados nos critérios do WBCSD não são satisfatoriamente atendidos, pois a empresa G não dispõe dos indicadores de não-conformidades regulatórias e de consumo de água. Isso dificulta proporcionar continuamente os dados suficientes aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento e o estabelecimento de padrões

para controlar a evolução ambiental. Entre os efluentes líquidos tem-se o óleo, o cascalho de perfuração e a água de processo. Os indicadores Efluentes líquidos, Resíduos sólidos e Uso de energia podem ser aplicados também como modelo de controle na construção e montagem de dutos.

Quadro 4 - Indicadores da empresa H

Indicadores
Grau de redução de emissões fugitivas de metano
Número de liberações acidentais de metano
Indicadores de não-conformidade legal e regulatória

Fonte: Salgado (2007).

Os indicadores divulgados pela empresa H são reduzidos. Satisfazem apenas os requisitos (c) e (e) do WBCSD. Eles não proporcionam satisfatoriamente os dados suficientes aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento, não proporcionam o controle da evolução do desempenho ambiental e não são significativos na proteção do meio ambiente e da saúde humana.

Quadro 5 - Indicadores da empresa I

Indicadores
Resíduos perigosos reciclados ou reutilizados
Emissões gasosas de CO ₂ , CH ₄ , NO _x e SO _x
Número de não-conformidades legais
Gastos com não-conformidades legais

Fonte: Salgado (2007).

O maior número e a diversidade de indicadores criados pela empresa I satisfazem os requisitos de critérios de criação dos indicadores (a), porque são significativos na proteção do meio ambiente e da saúde humana, o (c) porque atende a especificidade do negócio e o (e) porque pode ser definido, mensurável e transparente. Os requisitos (b) e o (d) citados nos critérios do WBCSD não são satisfatoriamente atendidos, pois a empresa I não dispõe de indicadores de consumo de água e de energia. Isso dificulta proporcionar continuamente os dados suficientes aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento e o estabelecimento de padrões para controlar a evolução ambiental.

Quadro 6 - Indicadores da Empresa J

Indicadores
Emissões de CO ₂ e SO _x
Emissões de materiais particulados
Consumo de água doce
Volume de efluentes gerados
Volume de reutilização de água
Geração de resíduos perigosos
Geração de resíduos não perigosos
Despesas significativas com segurança e meio ambiente
Investimento em políticas de desenvolvimento sustentável
Investimento em novas fontes de energia
Desenvolvimento e comercialização de fontes alternativas

Fonte: Salgado (2007).

O maior número e a diversidade dos indicadores criados pela empresa J satisfazem os requisitos de critérios de criação dos indicadores de (a) a (e) estabelecidos pelo WBCSD. Os indicadores gerados estão divididos em IDG e IGO conforme descrito na norma ISO 14031.

Quadro 7 - Indicadores da empresa L

Indicadores
Emissões atmosféricas CO ₂ , CH ₄ , NO _x e SO _x
Emissão de particulados
Consumo de água doce, salgada e tratada
Consumo de energia
Geração de resíduos perigosos
Geração de resíduos não perigosos
Número de auditorias
Queima de gás em flaire

Fonte: Salgado (2007).

O maior número e a diversidade dos indicadores criados pela empresa L satisfazem os requisitos de critérios de criação dos indicadores de (a) a (e) estabelecidos pelo WBCSD. Esta empresa foi a única que reportou os indicadores de ecoeficiência. Eles podem ser observados no Quadro 8.

Quadro 8 - Indicadores de ecoeficiência da empresa L

Indicador	Unidade
Emissão de CO ₂ /kWh produzido	kg/kWh
Emissão de SO ₂ /kWh produzido	kg/kWh
Emissão de NO _x /kWh produzido	kg/kWh
Emissão de CO ₂ /gás transportado	t/m ³
Emissão de CO ₂ /gás distribuído	t/m ³

Fonte: Salgado (2007).

As empresas pesquisadas atuam na exploração, na produção, no processamento, no transporte e na distribuição de petróleo e de gás. Existem companhias que exercem suas atividades no todo ou em parte da cadeia, o que repercutiu na variação dos indicadores catalogados pelo pesquisador.

Visando buscar mais informações sobre os indicadores de ecoeficiência foi pesquisado no sítio e enviado e-mail para as ouvidorias de quatro distribuidoras de gás canalizado do Brasil, entre elas a Compagás do Paraná, a CEG do Rio, a Gasmig de Minas Gerais e a Comgás de São Paulo entre os dias 21 e 22/07/2010. As ouvidorias das distribuidoras não deram respostas satisfatórias aos e-mails enviados.

No site da Comgás, a companhia demonstra sua maneira mais transparente de gestão mediante a edição do Relatório anual de 2009. No relatório constam os programas e a certificação que conduzem ao desenvolvimento da ecoeficiência, mesmo a organização não respondendo à pergunta feita sobre o tema.

O Sistema de Integridade de Ativos - SIA gerencia os riscos nos gasodutos utilizando um *software* que tem como base de dados os critérios do projeto e as informações de construção, além do histórico de integridade das redes de aço de alta pressão.

O Sistema de Informação Geográfica disponibiliza aos funcionários a localização e os dados das redes, ramais e equipamentos assentados e instalados.

O programa de Medição de desempenho visa avaliar as empresas contratadas mediante a medição de desempenho de seus profissionais. A partir dos resultados da análise, são implementadas as ações para garantir a

segurança e evitar os danos e as falhas por parte das prestadoras de serviços e produtos, tidas como parceiras da distribuidora de GN.

O programa de Pesquisa, Desenvolvimento, Conservação e Racionalização do Uso do GN objetiva desenvolver projetos que promovam a inovação e os ganhos de competitividade, por meio do conhecimento científico, juntamente com os centros de pesquisas e as universidades.

O programa de Certificação de Empresas Instaladoras - Qualinstal propõe certificar as empresas instaladoras das redes de GN de forma a oferecer serviços de instalação de gás com qualidade e segurança.

Em 2009 a Comgás obteve a renovação do certificado ISO 14031, norma de referência para o meio ambiente, com zero de não-conformidade e poucas recomendações de melhorias. Isso reflete que sua política de proteção ambiental se estende aos fornecedores e às empresas parceiras por meio de recomendações, e aos colaboradores, com ações de conscientização. Em 2009, foram investidos R\$ 3,87 milhões em ações de aprimoramento do desempenho ambiental na organização.

A Comgás criou indicadores que auxiliam no gerenciamento ambiental. Os indicadores abrangem os temas energia, água, reciclagem, biodiversidade, emissões gasosas, descarte, mitigação e não-conformidades regulatórias, como se observa no Quadro 9.

Quadro 9 - Indicadores de gestão ambiental

Indicadores
Consumo de energia direta
Consumo de energia indireta
Iniciativas para reduzir o consumo de energia
Total de água por fonte
Água reciclada e reutilizada I
Impactos significativos na biodiversidade
Emissões de substâncias destruidoras da camada de ozônio
Emissões de NOx e SOx e outras emissões atmosféricas
Descarte total de água
Iniciativas para mitigar impactos ambientais de produtos e serviços
Valor monetário de multas significativas
Investimentos e gastos em proteção ambiental

Fonte: Comgás (2010).

As empresas alvo das coletas de dados representam a maior parte do mercado consumidor de GN do país. Pela riqueza de detalhes informacionais transmitidos na edição do Relatório anual de 2009, a Comgás demonstra de

modo mais evidente, o seu compromisso com o meio ambiente, com a sociedade e com seus acionistas.

O universo dos autores e as organizações pesquisadas reúnem considerável variedade de indicadores, adjetivados conforme o fim a que se destinam. Seja ele indicador de desempenho, indicador de qualidade ou indicador ambiental, possibilitou sintetizar aqueles que são factíveis para o uso como meio de auxiliar no controle de uma obra de construção e montagem de gasodutos, almejando estimar a ecoeficiência do empreendimento.

2.5 CONCEITOS DE ECOEFICIÊNCIA

Um dos conceitos de eficiência adotado pela indústria que se aplica ao transporte de GN é: poder escoá-lo de um determinado local de origem ao de destino, com vazão máxima previamente estabelecida, por um espaço de tempo definido, controlando a pressão e a temperatura para manter suas propriedades, a um custo módico.

Meirelles *et al* (*apud* GRANJEIRO, 2004) define que o princípio da eficiência impõe que o agente público atue de forma a produzir resultados favoráveis com presteza, perfeição e rendimento funcional na consecução dos fins que cabem ao Estado alcançar, vetando, expressamente, todo e qualquer desperdício de recursos.

Eficiência ou rendimento é a virtude de se produzir um efeito eficaz. Eficaz é a atividade que apresenta bom resultado, ou seja, que representa uma ação convincente (AMORA, 1999).

A norma ISO 9000 (2000) conceitua a eficiência como a relação entre os resultados alcançados e os recursos usados. Mas a eficácia é a medida entre o que é planejado, e o que é de fato executado. Pela norma, um processo para ser considerado de qualidade precisa satisfazer os requisitos da eficácia e atender aos pressupostos da eficiência. Tratando-se de um gasoduto, o bom projeto deve estar associado a uma boa construção e a uma boa montagem para que este meio de transporte possa ser considerado de qualidade, satisfazendo assim a eficácia e a eficiência.

O conceito de ecoeficiência envolve a definição de indicadores capazes de medir o desenvolvimento de um empreendimento, de maneira

ambientalmente sustentável, de modo a atender às necessidades humanas e promover a qualidade de vida, considerando a capacidade ambiental do planeta OCDE, 1998 (*apud* SALGADO, 2007).

Schmidheiny (2000), vice presidente executivo do *World Business Council for Sustainable Development - WBCSD* cita que o conselho buscou unificar em 1991 em uma palavra o conceito de negócio sustentável. Mediante o concurso de ideias surgiu o termo ecoeficiência. O termo sintetiza: gerar mais produtos e serviços reduzindo o uso de recursos, o desperdício e a poluição.

Henriques (*apud* KIPERSTOK, 2002) relata que o conceito de ecoeficiência surgiu pela primeira vez em um texto oficial da União Européia em 1997, abordando não apenas as questões ambientais e econômicas, mas também as questões sociais.

Almeida (2002) defende que foi o relatório da Comissão Brundtland, apresentado na I Conferência Internacional de Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo, em 1972, na Suíça, que pôs em circulação a expressão “desenvolvimento sustentável”. Segundo Paulo Nogueira Neto, “ninguém lembra quem a usou primeiro”. Mas certamente foi aí que a gestão ambiental começou a evoluir para a gestão da sustentabilidade.

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS defende o mesmo conceito do WBCSD e salienta que a redução do uso dos recursos, passa pela diminuição dos riscos de acidentes e também pela relação mais participativa das empresas com as partes interessadas.

Tratando-se de um gasoduto, uma das partes interessadas é a sociedade. Ela será a maior impactada, mas também poderá ser beneficiada, desde que haja realmente as audiências públicas para explicar a concepção do projeto construtivo, definam seus impactos e benfeitorias, de maneira a atender ao anseio popular, e estabeleçam as possíveis medidas compensatórias produzidas pelo empreendimento.

A definição do *WBCSD* e da *OCDE* é concebida mediante o fornecimento de materiais e serviços que atendam aos anseios da humanidade, adotando os princípios de competitividade, diminuindo o uso dos recursos naturais, visando à qualidade de vida.

O WBCSD propõe racionar o uso de insumos como a água, a energia, o solo e os materiais aplicados nas construções, montagens, operação e

manutenção. A entidade ainda cita que se aperfeiçoem as etapas que impactam no ciclo de vida do produto desde a sua concepção, à sua utilização, e ao seu descarte mais adequado.

O descarte mais adequado para um gasoduto, especialmente de distribuição, que ocupa o subsolo dos grandes centros urbanos, já parcialmente congestionado pelas redes de energia elétrica, de telecomunicações, de água e esgoto e pelas edificações, pode ser sua retirada de operação e substituí-lo por novos dutos. Os gasodutos velhos e impróprios para o uso poderão servir como matéria-prima nas siderúrgicas e serem reutilizados para a fabricação de aço. Mas para que o descarte seja a contento, isso tem que estar previsto no contrato de concessão do Estado, e exigido seu cumprimento pela distribuidora de gás, a fim de viabilizá-lo tecnicamente, respeitando o estudo de impacto ambiental.

Pelos preceitos do WBCSD para que a concepção e a fabricação de um gasoduto sejam consideradas ecoeficientes, os requisitos seguintes devem ser atendidos:

- a) Aumento da reciclabilidade dos materiais, como os tubos cortados;
- b) Aumento da intensidade de utilização do gasoduto, realizando um bom projeto, atendendo às especificidades de cada região;
- c) Aumento da durabilidade dos produtos, melhorando o projeto continuamente, através da criação de um grupo de trabalho de melhoria e de um bom plano de manutenção;
- d) Otimização do uso de materiais renováveis, a exemplo de priorizar a aquisição de tubos, oriundo das siderúrgicas que utilizam o maior percentual de sucata de aço em seu processo de fabricação;
- e) Redução da quantidade de matéria-prima através também de um bom projeto, adequado planejamento e existência de mais controle na construção;
- f) Redução da quantidade de energia por quilômetro de duto confeccionado, ao usar na construção equipamentos e instalações elétricas que possuam o selo de consumo reduzido de energia do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel;

- g) Redução da produção de resíduos poluentes, adotando como meta valorizar os meios de transportes que consumam combustíveis mais limpos, a exemplo do próprio GN e dos biocombustíveis.

Para atender aos requisitos citados pelo WBCSD, as distribuidoras de GN juntamente com as construtoras precisam criar parâmetros que sirvam de modelo para a boa prática da engenharia ecoeficiente.

Verfaille *et al* (*apud* TEIXEIRA, 2005) cita que a ecoeficiência é a maneira de se produzir mais e melhor, com menor consumo de materiais, água e energia, fazendo com que a organização adote a política mercadologicamente competitiva, não comprometendo as finanças, contribuindo para a qualidade de vida e, ao mesmo tempo, reduzindo o ônus dos impactos ambientais causados pelos bens e serviços.

Kiperstok (2002) defende ainda que mesmo que tenha havido evolução quanto à necessidade de controle da poluição, há oportunidades de melhorias mediante a adoção da prática da preservação ambiental. O controle da poluição é traduzido como tecnologia de “fim de tubo”, em que se tenta combater o efeito danoso da degradação. O conceito de preservação visa diagnosticar a causa do impacto ambiental e mitigá-la. A construção ecoeficiente de gasoduto defende exatamente o princípio de combater a raiz dos possíveis problemas, antes que eles se transformem em não-conformidades e em passivos da obra.

A concessionária de distribuição de GN necessita melhorar a concepção do projeto tendo como referência o ciclo de vida do gasoduto, também conhecido como princípio do “berço ao túmulo”. Isso significa que desde a matéria-prima, minério de ferro e sucata, quando aplicável, usados na produção do aço, até o descarte do gasoduto precisam ser devidamente controlados e rastreados visando a ecoeficiência.

O Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável de Portugal (2000) defende que os meios de produção do país atingirão mais valor ao utilizar menos materiais e menos energia na fabricação dos produtos e serviços. O efeito da adoção da ecoeficiência será possível ao ser aplicado em todos os setores da empresa, abrangendo o marketing, o projeto, a manufatura e a distribuição.

Em seu relatório de 2005, as Nações Unidas, revelam que as grandes corporações globais estão adotando como estratégia política a prática da ecoeficiência. A ação visa proporcionar sustentabilidade aos negócios. Os centros de pesquisa e as associações empresariais estão criando indicadores para servir como instrumentos práticos na gestão competitiva do mercado e no desenvolvimento de políticas públicas.

A ecoeficiência de uma instituição precisa ser medida e certificada para ter respaldo público. Essa medição é efetuada implantando os indicadores adequados nos processos que impactam no objetivo fim da empresa ou corporação.

Almeida (2002) salienta que o empreendimento sustentável tem que buscar em todas as suas ações e decisões, em todos os seus processos e produtos, a incessante e permanentemente economia, adotando a ecoeficiência: produzir mais e com melhor qualidade, usando menos recursos naturais. A empresa que ignorar essa realidade será naturalmente expulsa do mercado, devido a sua incapacidade de adaptação.

Almeida observa ainda que a ecoeficiência seja uma filosofia de gestão empresarial que incorpora a gestão ambiental. Pode ser considerada uma forma de responsabilidade ambiental corporativa, que encoraja as empresas a se tornarem mais competitivas, inovadoras e ambientalmente responsáveis. O principal objetivo da ecoeficiência é fazer a economia crescer qualitativamente e não quantitativamente.

Almeida sintetiza que a ecoeficiência é, portanto, um processo de avanço contínuo. Mais do que um destino a ser alcançado, a ecoeficiência é um caminho a ser percorrido. Para ser ecoeficiente, a empresa precisa conhecer o sistema natural em que opera, via excelência de gestão.

Salgado (2007) defende que o setor privado ao estabelecer a ecoeficiência obtém economia de recursos, proporciona cooperação entre as empresas em busca da inovação, estabelecendo a prática do *benchmarking*. Assim, as empresas podem fabricar produtos com melhor funcionalidade e rentabilidade.

Para Teixeira (2005) a ecoeficiência é um conceito de negócios, que pode ser aplicado amplamente nas empresas, desde o desenvolvimento de produtos e serviços até a sua distribuição. A ecoeficiência envolve a redução

do consumo de recursos naturais, incluindo a diminuição do uso de energia, de insumos, da água e do solo por meio do aumento da reciclabilidade e durabilidade dos produtos.

Teixeira (2005) sustenta que as organizações devem implementar a ecoeficiência na gestão dos negócios, mediante a melhoria do projeto e design de produtos, no processo produtivo, na cooperação com as demais empresas e na forma de atender a demanda dos consumidores.

O WBCSD estabelece uma das maneiras para se medir a ecoeficiência, relacionando o valor do produto ou serviço com sua respectiva influência ambiental. Entende-se por valor do produto, tudo aquilo que se gasta para fabricar um bem ou efetuar um serviço, podendo ter como grandeza a unidade de energia, a exemplo do Joule, ou ser descrito como o custo total da produção, tendo assim a moeda nacional como unidade. A influência ambiental é a mensuração numérica do impacto ambiental gerado na manufatura dos produtos e serviços. A Equação 1 descreve o meio para calcular a ecoeficiência.

$$\text{Ecoeficiência} = (\text{Valor do produto ou serviço}) / (\text{Influência ambiental}) \quad (1)$$

Gomes (2004) e a empresa L citada no estudo de Salgado (2007) calcularam a ecoeficiência de modo inverso. Assim a influência ambiental foi computada no numerador, e o valor do produto ou serviço no denominador, conforme descrito na Equação 2 e recomendado pelo *Word Group of International Standart and Accounting Report – ISAR/UNCTAD* (Apud SALGADO, 2007).

$$\text{Ecoeficiência} = (\text{Influência ambiental}) / (\text{Valor do produto ou serviço}) \quad (2)$$

estabelecimento da ecoeficiência. A Equação 2 enfatiza o impacto ambiental gerado na produção. Por entender que o método da Equação 2 se adéqua melhor ao tema desta dissertação, ele será adotado como modelo.

O valor do produto ou serviço no mercado de gás pode ser expresso pelo preço líquido do metro cúbico do GN ofertado ao consumidor. A influência

ambiental, que é complexa de ser medida, porque também pode embutir o impacto social, é quantificada em função do levantamento dos custos dos impactos ambientais gerados na cadeia de produção do GN.

Perico (2007) efetuou um estudo sobre a ecoeficiência aplicada à construção de gasodutos no Gasbol. Em sua análise, Perico associou o impacto ambiental ao custo energético por quilômetro de gasoduto de transporte construído.

Perico (2007) quantificou os custos energéticos considerando desde a logística até a desmobilização da obra, incluindo aí os aspectos construtivos como a topografia, a inspeção, a soldagem dos tubos e a elaboração dos desenhos. Para cada atividade computou-se a energia consumida pela mão-de-obra, pelos equipamentos, pela fabricação dos tubos, pelos eletrodos para soldagem e pela água consumida.

Para a construção de um quilômetro de gasoduto de 16 polegadas, tendo como solo a terra e a escavação da vala para assentamento dos tubos foram necessários 4.470.547 Mega Joule – MJ.

Baseado no estudo de Perico (2007), os custos energéticos da distribuição de gás também podem ser estimados, visando quantificar a ecoeficiência do gasoduto. Tendo a extensão e calculando os custos energéticos inerentes à manutenção durante a vida útil do duto, se consegue mensurar o impacto ambiental em MJ. O valor do produto quantifica-se pelo volume de GN total transportado, transformado em MJ. A ecoeficiência então pode ser estimada pela relação entre o custo energético da construção e da manutenção do duto e o volume total de GN transportado, transformado em MJ, como se observa na Equação 3.

$$\text{Ecoeficiência} = \{[(CC + CM) - RD] / QT\} \quad (3)$$

em que:

CC – Custo energético da Construção

CM – Custo energético da Manutenção

RD – Receita do Descarte da tubulação

QT – Quantidade total de GN Transportado

A ecoeficiência parcial da construção de um gasoduto pode ser mensurada em função do controle do indicador de vazamento, do indicador de consumo de água, do indicador de consumo de energia, do indicador de produção de resíduos sólidos, do indicador de manutenção e do indicador das não-conformidades dividido pelos custos ou extensão do duto, assim demonstrado no Quadro 10. Tendo o levantamento dos custos dos indicadores descritos é mais prático estimar a ecoeficiência, porque possibilita criar um referencial comparativo entre as diversas construções e também avaliar as construtoras.

Quadro 10 - Modelo de indicadores que conduzem à ecoeficiência

Ecoeficiência 1	<i>Custo do número de vazamento</i>
	Custo da construção do duto
Ecoeficiência 2	<i>Custo do consumo de água</i>
	Custo da construção do duto
Ecoeficiência 3	<i>Custo do consumo de energia</i>
	Custo da construção do duto
Ecoeficiência 4	<i>Custo dos resíduos sólidos</i>
	Custo da construção do duto
Ecoeficiência 5	<i>Custo com manutenção</i>
	Custo da construção do duto
Ecoeficiência 6	<i>Custo das não-conformidades</i>
	Custo da construção do duto

Fonte: Elaboração própria

O indicador de não-conformidade é resultado do não atendimento aos requisitos normativos ou ao não atendimento aos procedimentos requeridos pela distribuidora de gás na execução da obra.

Os indicadores de vazamento e de manutenção devem ser computados, sobretudo, durante o período de vigência da garantia do empreendimento descrito no contrato firmado entre a construtora e a distribuidora de gás, para que possa haver os possíveis ressarcimentos.

O indicador de resíduos sólidos elenca as sobras de materiais, incluindo aí os tubos cortados e inservíveis.

A história do desenvolvimento da cadeia produtiva do gás apresenta riqueza de detalhes e encontra-se bastante consolidada. Os conceitos sobre os indicadores e a ecoeficiência estão associados aos sistemas de qualidade e aos programas de gestão ambiental demonstrados pelas organizações e pelos pesquisadores. No segmento de construção e montagem existem poucas aplicações e análises sobre os benefícios proporcionados pela prática da ecoeficiência associados à distribuição de GN.

CAPÍTULO 3 – ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DA REDE DE GASODUTOS

Este capítulo visa demonstrar de maneira sucinta as etapas integrantes da construção da rede de distribuição de gás natural, desde a mobilização da obra até a entrega do desenho ou *as-built*, conforme foi construído o projeto executivo de cada empreendimento.

Existem situações em que as etapas de construção podem ser executadas simultaneamente para acelerar e cumprir o prazo acordado de conclusão, porém a montagem das tubulações visando formatar o gasoduto obedece a sequência descrita no Plano de Qualidade e nos Procedimentos Executivos.

Cada etapa da construção e montagem do gasoduto é descrita por um Procedimento Executivo. Como o tipo de gerenciamento adotado na construção de um gasoduto varia em função da geografia, da empresa responsável pela execução da obra, da concessionária de distribuição de gás, da técnica de construção adotada e das Leis Municipais, Estaduais e Federais, estabelecer os parâmetros de conformidade e de não-conformidade também quanto à ecoeficiência, possibilitará melhorar o impacto social e reduzir os danos ambientais de acordo com os índices e dados concedidos pelas Licenças Ambientais.

3.1 MOBILIZAÇÃO DA OBRA

A execução da obra é implementada por etapas devidamente planejadas e controladas. Inicia-se pela assinatura da autorização de serviço, mobilização da estrutura física e termina com a entrega do livro de dados, *data book*, em meio impresso e digital, contendo a descrição integral daquilo que foi efetivamente construído.

A partir da data de assinatura da autorização de serviço pela empresa executante e pela empresa contratante da obra, conta-se o prazo para a conclusão do contrato.

No documento que autoriza o serviço são determinadas as datas para que a empresa executante da obra apresente as documentações comprobatórias de que ela dispõe da infraestrutura financeira, documental e instrumental requerida no contrato.

A mobilização da obra é a etapa em que a empresa construtora entrega as documentações comprobatórias, atestando que ela possui a infraestrutura financeira, documental e instrumental exigidas em contrato.

Tem-se como infraestrutura financeira a apresentação dos documentos como a carta de fiança, que fornece garantia mínima para o início da execução da obra, apólice de seguro para os funcionários, para as edificações e para os equipamentos.

A infraestrutura instrumental consiste na edificação usada como canteiro de serviço para acondicionar as máquinas, equipamentos e instrumentos preestabelecidos para iniciar as atividades.

Entende-se por infraestrutura documental a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do engenheiro da obra, as carteiras de trabalho dos funcionários contratados e os currículos demonstrativos das experiências dos funcionários. Outros documentos importantes quanto à ecoeficiência da construção referem-se aos planos de qualidade, ao organograma do empreendimento, ao planejamento em função do cronograma físico disposto em contrato e o projeto executivo detalhado.

3.2 PLANO DE QUALIDADE

O Plano de qualidade é um documento específico que detalha a qualificação de pessoal, a metodologia de execução, os controles normativos e também determina os requisitos de segurança e de meio ambiente a serem utilizados durante a construção.

A partir do momento em que as concessionárias distribuidoras de gás estabelecem os requisitos de qualidade em busca da gestão ecoeficiente, as empresas responsáveis pela construção dos dutos deverão satisfatoriamente atender a essas exigências.

É no plano de qualidade que devem estar descritos os indicadores, sinalizando os critérios de aceitação ou de reprovação das etapas constitutivas

da fabricação dos empreendimentos. Mas, para que isso aconteça, faz-se necessário criar padrões das melhores práticas de engenharia adotados entre as concessionárias de distribuição de gás.

O Regulamento de Instalação Predial – RIP utilizado pela Comgás e pela Bahiagás para nortear as empresas contratadas quanto aos aspectos técnicos da instalação das redes de dutos predial e residencial é um excelente exemplo de que o estabelecimento de padrões de referência é um importante aliado em prol da criação da gestão ecoeficiente.

3.2.1 Qualificação de pessoal

Para a consecução da construção e montagem dos gasodutos com qualidade, a empresa deve dispor e manter o quadro de funcionários condizente com a responsabilidade que o serviço impõe. Há casos de as empresas contratarem excelentes profissionais no começo do empreendimento, mas não conseguem preservá-los até o término da obra, o que pode comprometer a ecoeficiência da construção, caso os novos funcionários não disponham das habilitações e qualificações exigidas para a função.

Manter uma equipe de profissionais como o chefe de obra, chefe de planejamento, engenheiro de produção, supervisor de produção, coordenador de qualidade, projetista, soldador, engenheiro e técnico de segurança e os inspetores comprometidos com o resultado, é premissa para se construir os empreendimentos com qualidade.

3.2.2 Programa de segurança e de meio ambiente

O programa de segurança e de meio ambiente visa diminuir ou eliminar as possibilidades de impactos ambientais, danos pessoais e materiais, adotando especialmente os princípios do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO, do Programa das Condições Ambientais de Meio Ambiente de Trabalho - PCMAT e do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA.

O PCMSO consiste na avaliação clínica composta de exame admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional. A empresa contratada deve apresentar o Atestado de Saúde Ocupacional - ASO de seus empregados e subcontratados, conforme estabelecido na NR-7.

O PCMAT é um programa desenvolvido para implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos e no meio ambiente de trabalho, conforme estabelecido na NR-18.

O PPRA é o programa que se propõe preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção ao meio ambiente, conforme estabelecido na NR-9.

O Programa de segurança e meio ambiente da empresa executante da obra deve cumprir os preceitos determinados pelas normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho.

3.2.3 Procedimentos executivos

Os procedimentos executivos são documentos que descrevem como será implementada cada etapa da construção, desde o recebimento dos materiais até a confecção do desenho conforme construído, mais conhecido como *as-built*.

A diretriz N-464 (2004) da Petrobras estabelece os procedimentos executivos obrigatórios para a construção e montagem de gasodutos terrestre. Nesse trabalho será discorrido sobre as principais etapas de construção e montagem, descrevendo seus conceitos, fundamentos e aplicações.

3.2.3.1 Recebimento de materiais

Os materiais que interferem diretamente na qualidade da construção devem ser inspecionados. Suas características, sua identificação, as condições de aceitação, o tipo de armazenamento e transporte necessitam

estar determinados, a fim de poder proporcionar a condições de segurança e a garantia requerida pelo projeto. Ressalta-se ainda que esses materiais precisam vir acompanhados dos seus respectivos certificados, de sorte que se possa rastreá-los.

Os materiais comumente mais utilizados na construção e montagem das tubulações são descritos nos Quadros 11 e 12 e na Tabela 2, que detalham os tipos, as normas de fabricação e suas identificações.

Quadros 2 - Materiais mais usados na construção de gasodutos

Item	Material	Normas de Fabricação	Identificação e defeitos
1	Tubos	API 5L NBR- 5580 ASME B 31.8	<ul style="list-style-type: none"> • espessura, ovalização e diâmetro; • chanfro e ortogonalidade; • estado das superfícies interna e externa; • empenamento e estado do revestimento.
2	Flanges	API 605 ANSI B16.5	<ul style="list-style-type: none"> • tipo do flange, tipo de face; • especificação e grau do material; • diâmetro interno, nominal e classe de pressão; • espessura do bisel nos flanges de pescoço de acordo com as especificações de projeto; • altura e diâmetro externo do ressalto; • acabamento da face de contato; • dimensões das faces de flanges; • dimensões das extremidades para solda de topo, encaixe para solda ou rosca; • dimensões da face para junta de anel; • se existem trincas, dobras, mossas, rebarbas, corrosão e amassamentos, bem como o estado geral da face e a ranhura dos flanges, sem a presença de agentes causadores de corrosão.

Fonte: NBR--12712 (2002); N-464 (2004).

Conforme a N-464 e NBR-12712 a especificação dos tubos usados nas construções de oleodutos e gasodutos obedece aos preceitos do *American Petroleum Institute* – API, especificamente a norma API 5L.

O aço API possui alta resistência aliada à boa tenacidade e soldabilidade porque associa baixo percentual em liga com o processo de fabricação devidamente controlado. Nesse processo o refino dos grãos dos elementos químicos componentes da liga de aço é por solução sólida e precipitação (FREIRE, 2009).

A composição química do aço de alta resistência e baixa liga pode variar com a espessura, a fim de atender os requisitos das propriedades mecânicas. Os teores de carbono situam-se geralmente entre 0,05% e 0,12%

para obter boa soldabilidade, e o manganês até 2,0%. A adição de cromo, níquel, molibdênio, cobre níquel, vanádio, nióbio, titânio e zircônio são empregados em várias combinações (FREIRE, 2009).

Na Tabela 2 a especificação API 5L contempla uma variedade considerável de aço em função de se grau, possibilitando ao projetista selecionar o material que atenda os requisitos normativos.

Tabela 2 - Tensão de escoamento mínima dos aços

Especificação	Grau	Mpa	10 ³ psi	kgf/cm ²
API 5L	A	207	30	2109
	B	241	35	2461
	X42	290	42	2954
	X46	317	46	3235
	X52	359	52	3657
	X56	386	56	3938
	X60	414	60	4219
	X65	448	65	4571
	X70	483	70	4923
	X80	552	80	5626

Fonte: NBR- 12712 (2002)

Na inspeção, além dos dados da especificação dos materiais, deve-se verificar a existência de defeitos nos materiais. As avarias como mochas, ranhuras e entalhes na superfície tubular são concentradores de tensão e são causadores de falhas nos dutos, tornando-se região de potencial vazamento.

Quadro 12 - Acessórios mais usados na construção de gasodutos

Item	Material	Norma de Fabricação	Identificação
3	Conexões	ANSI B1. 20.1 ANSI B16. 9 ANSI B16. 11	<ul style="list-style-type: none"> • diâmetro; • classe de pressão ou espessura; • tipo e marca do fabricante. • diâmetro nas extremidades; • circularidade; • distância centro-face; • chanfro, encaixe para solda ou rosca; • espessura; • angularidade das curvas forjadas; • estado da superfície quanto a amassamentos, corrosão e trincas.

Item	Material	Norma de Fabricação	Identificação
4	Válvulas	NBR- 11712 NBR- 11713 NBR- 11714 API 5 API 595	<ul style="list-style-type: none"> • características dos internos e sistema de vedação; • flanges; • características e distância entre extremidades; • diâmetro interno e nominal; • dreno, suspiro e alívio do corpo; • classe de pressão; • revestimento externo. • verificação quanto à corrosão, amassamento, empenamento da haste e aspecto geral do acionador; e devem ser realizados na obra, logo após o recebimento, os testes hidrostáticos do corpo e da sede para todas as válvulas de bloqueio • conforme procedimento do fabricante.
5	Juntas de Vedação	NBR- 5893 API 605 API 601	<ul style="list-style-type: none"> • material; • tipo de junta (espiralada ou corrugada); • material de enchimento; • diâmetros; • classe de pressão; • padrão dimensional de fabricação.
6	Parafusos e porcas	API 605 ANSI B1.1 ANSI B1.20.1 ANSI B16.5	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de parafuso; • dimensões. • parafusos devidamente protegidos, livres de amassamentos, trincas e corrosão.

Fonte: NBR--12712 (2002); N-464 (2004)

As inspeções dos materiais devem ser por amostragem conforme as normas NBR- 5425, NBR- 5426 e NBR- 5427.

A ênfase dada aos materiais aplicados nas construções reside na nocividade do gás e também no fato de o gasoduto estar enterrado, o que encarece e dificulta possíveis resserviços, em decorrência dos defeitos oriundos de fabricação, ou mesmo devido ao transporte e ao armazenamento.

3.2.3.2 Abertura de vala

Trata-se do método destrutivo para escavar o solo manual ou mecanicamente, formando um buraco a céu aberto para a passagem do duto.

A vala deve possuir largura e profundidade suficientes para proporcionar o manuseio e a execução dos serviços.

A diretriz N-464 dispõe que em áreas já ocupadas, ou com potencial para o desenvolvimento de plantações mecanizadas, em áreas urbanas, industriais ou com potencial de ocupação, a cota de enterramento do duto, medida a partir da superfície natural do terreno até a geratriz superior da tubulação, deve ser necessariamente de 1,5m.

A diretriz N-464 da Petrobras exige que se instale tela de segurança com fita de aviso e recomenda a colocação de placa de concreto sobre o duto para protegê-lo segundo dispõem as notas 1, 2, 3 da Figura 9.

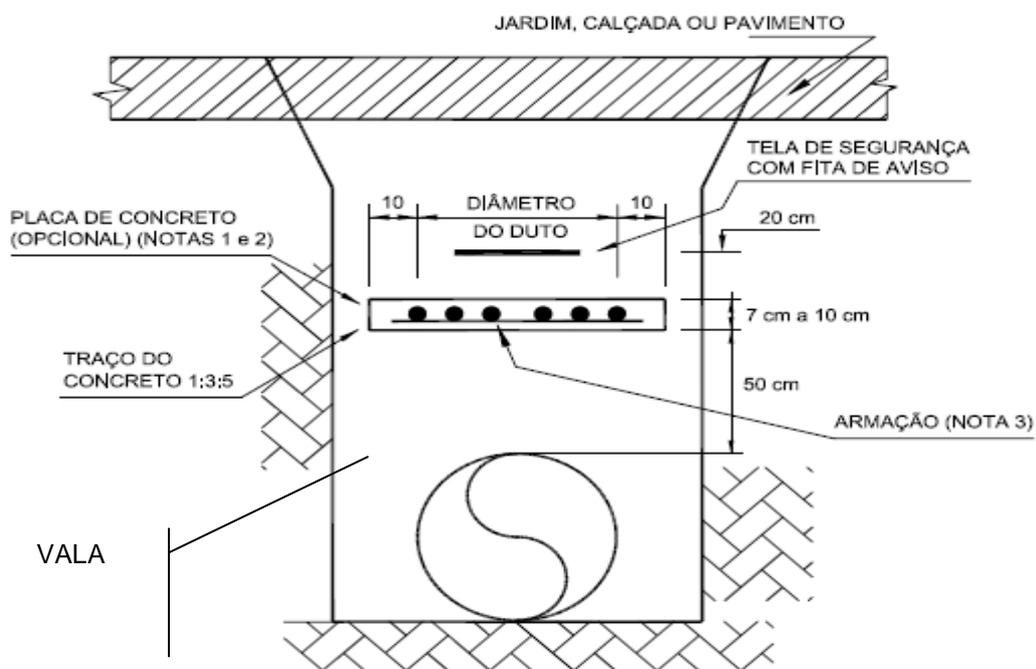


Figura 9 - Disposição do duto na vala

Fonte: PETROBRAS N-464

Nos dutos instalados em áreas rurais ou, quando necessário, colocam-se marcos de sinalização vertical sobre a diretriz do gasoduto para melhor protegê-lo.

3.2.3.3 Furo direcional

O Furo direcional é considerado Método Não Destrutivo - MND para instalação de tubos no subsolo devido ao seu menor impacto ambiental,

quando comparado à abertura de vala. Consiste em perfurar o solo com máquinas operatrizes utilizando a energia mecânica e hidráulica. Esse princípio é similar ao adotado para furar os reservatórios de petróleo e de gás, consoante se observa na Figura 10.



Figura 10 - Máquina usada para efetuar o furo direcional

Fonte: ARRUDA (2007)

A broca rotativa faz o furo piloto e depois são passados diversos alargadores até obter o diâmetro do furo que possibilite a introdução do duto.

O MND requer que se faça com mais exatidão a sondagem do solo onde a diretriz do gasoduto irá passar, com o propósito de determinar as possíveis interferências com as tubulações e cabos das concessionárias de distribuição de água e energia elétrica, antes da definição do caminho real e mais seguro a ser percorrido pelo duto.

Uma das maneiras bastante aplicadas para a execução da sondagem é a da verificação nos cadastros dos desenhos existentes das concessionárias, sobre a localização das redes de água e de energia elétrica. A inspeção via instrumentos, a exemplo do *Pipeline Current Mapper* – PCM, que usa o princípio da indução de corrente elétrica como meio de localização do tubo, associado ao ecobatímetro digital também são importantes na localização das interferências.

A sondagem manual e instrumental são indispensáveis para verificar a composição do solo e quando existem muitas interferências. Elas possibilitarão a escolha dos equipamentos e materiais mais satisfatórios para construção econômica, pois diminuirão a incerteza quanto à implementação dos métodos de construção destrutivos e não destrutivos.

A NBR- 12712 determina que deva haver no mínimo, 0,30 m de afastamento entre qualquer gasoduto enterrado e outras instalações subterrâneas não integrantes do gasoduto.

Arruda (2007) recomenda que, se tratando de furo direcional, este afastamento deve ser de no mínimo 1,00 m, para garantir que durante o alargamento do furo não haja qualquer dano às instalações existentes.

3.2.3.4 Curvamento de tubos

Durante a construção ao usar o MD e o MND, o gasoduto é forçado a trilhar as curvas descritas no projeto executivo em busca de seu destino. Ocorre que esses desvios possuem limitações. As limitações são impostas pelo raio de curvatura dos tubos e pela manutenção de suas propriedades mecânicas e dimensionais.

Nas obras de campo são aplicados os curvamentos naturais e os curvamentos a frio. O raio mínimo de curvatura natural obedece ao limite elástico de cada tubo. No curvamento a frio o tubo sofre deformação plástica.

O curvamento natural é aplicado somente para gasodutos enterrados, sejam eles por vala aberta ou furo direcional. No procedimento executivo de furo direcional é indispensável que o raio de cada furo seja maior que o raio mínimo de curvatura da tubulação a passar por ele, para que o duto não fique emperrado nas paredes do furo direcional.

O raio mínimo de curvatura natural sofre influência do módulo de elasticidade, da tensão de escoamento, da variação da temperatura, da pressão de projeto, do diâmetro e da espessura do duto. Ele pode ser calculado pela Equação 4.

$$R = [(E_c \times D/2)] / [(0,9S_y) - (0,7PD/2e + E_c \times \alpha \times \Delta\theta)] \quad (4)$$

Fonte: N-464 (2004); NBR-12712 (2002)

sendo que:

R - raio mínimo de curvatura de natural (mm).

E_c - módulo de elasticidade do material (MPa)

S_y - tensão mínima de escoamento especificada (MPa)

D - diâmetro externo do duto (mm)

e - espessura nominal da parede do duto (mm)

P - pressão de projeto do gasoduto (MPa)

α - Coeficiente de dilatação térmica linear do material de fabricação do tubo ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$\Delta\theta$ - diferença entre a temperatura de operação do duto e a temperatura ambiente durante a montagem ($^{\circ}\text{C}$)

O curvamento a frio é feito por meio de uma prensa hidráulica chamada curvadeira, que deforma o tubo por meio de sucessivos impactos controlados. Essa atividade é uma das que mais provoca perda de material, devido depender bastante da experiência do operador da prensa, do inspetor de dutos e do estado de conservação e funcionalidade do ferramental alocado.

Após o curvamento, faz-se a inspeção na tubulação visando identificar os defeitos como a ovalização, enrugamento, redução da espessura da parede do tubo e as avarias em seu revestimento.

Para o controle da qualidade do curvamento é verificado o diâmetro interno do duto mediante a passagem da placa calibradora, e também é medida a espessura da parede da tubulação, tendo como parâmetros a Equação 5 e a Tabela 3.

$$D_p = [(0,98 \times D_e - 2e (1 + K))] \quad (5)$$

Fonte: N-464 (2004); NBR-12712 (2002)

em que:

Dp - diâmetro externo da placa (polegada);

De - diâmetro externo do tubo (polegada);

e - espessura nominal da parede do tubo ou da conexão, o que for maior em (polegada)

K - tolerância da espessura, conforme Tabela 14

Tabela 3 - Tolerância da espessura de parede - K

Diâmetro Nominal do Duto	Processo de Fabricação	Grau do Aço (API 5L)	
		B	X42 a X70
<2"	Com ou sem costura	0,20	0,15
2" a 18"	Com ou sem costura	0,15	0,15
> 20"	Com costura	0,18	0,20
> 20"	Sem costura	0,20	0,18

Fonte: NBR--12712 (2002)

3.2.3.5 Soldagem

A soldagem é a união de dois ou mais materiais por meio de um agente físico-químico. Na soldagem de gasodutos de distribuição predomina a ação do arco elétrico como agente físico responsável pela fusão dos materiais de base e do metal de adição. A fusão estimula o reordenamento dos elementos químicos dos materiais que compõem o cordão de solda, conferindo-lhe propriedades tão boas ou melhores que as existentes no metal de base.

As facilidades de operação no canteiro de obra, assim como durante a construção do duto em campo, associado à boa qualidade e moderado custo tornaram o processo de soldagem por eletrodo revestido e Tungstênio Inerte Gás, ou simplesmente TIG, os mais aplicados na construção de gasodutos.

No processo por eletrodo revestido o arco elétrico é formado pela passagem da corrente elétrica entre a vareta do eletrodo revestido consumível, denominado metal de adição, e o metal de base, que são os tubos a serem unidos. O revestimento do eletrodo tem o papel de manter o arco, proteger a solda e ainda proporcionar melhorias das propriedades mecânicas das juntas soldadas.

No processo TIG o arco elétrico é formado pela passagem da corrente elétrica entre o eletrodo de tungstênio não consumível e a peça, juntamente

com a vareta de eletrodo sem revestimento. A proteção do cordão de solda é efetuada pelo gás inerte argônio ou por uma mistura de argônio mais hélio. É mais caro, contudo confere melhor qualidade à soldagem, por isso é consideravelmente aplicado para o primeiro passe da soldagem.

Os tipos mais usados de juntas soldadas são as de topo e as de encaixe ou soquete. As soldas de topo são aplicadas para tubos com diâmetro maior ou igual a 2". Nestes casos, devido à espessura da parede dos tubos ser maior, é necessário chanfrá-la, para aumentar a área de soldagem e proporcionar melhor resistência mecânica. Nas soldas de encaixe os tubos e seus acessórios como as válvulas, as luvas e os nipes são encaixados sobrepostamente, e a solda é executada em ângulo.

3.2.3.6 Inspeção por ensaios não destrutivos

Os Ensaios Não Destrutivos - END mais aplicados para verificar a qualidade das juntas soldadas são o Visual de Soldagem - VS, o Líquido Penetrante - LP, a Partícula Magnética - PM, o Ultrassom - US e a Radiografia - RX. Eles são executados apenas por inspetores devidamente habilitados. A diretriz N-464 e a NBR--12712 referenciam a norma API 1104 quando o assunto é soldagem e seus testes.

VS é uma inspeção que se utiliza da visão e de aparelhos óticos simples, como as lentes de aumento e os espelhos, para detectar as imperfeições superficiais e indicar os possíveis locais de defeitos externo dos processos de soldagem. Por ser o exame preliminar, é realizado em 100% das soldas, de sorte a sinalizar para o inspetor onde os demais ensaios precisam ser realizados, quando as normas não exigem a aplicação da inspeção em 100% das uniões soldadas.

LP é a inspeção que tem como princípio a atração por capilaridade que as discontinuidades superficiais como as trincas e as mordeduras exercem sobre os líquidos. Para isso a superfície deve estar limpa e em equilíbrio. Aplica-se então o líquido removedor de sujeiras, em seguida aplica-se o LP e mais tarde, aplica-se o líquido revelador dos defeitos. O LP é muito usado em cada cordão de solda, sobretudo na soldagem da raiz da junta.

PM fundamenta-se na atração magnética existente nos materiais que contêm o ferro como seu constituinte. As discontinuidades e os defeitos superficiais e os subsuperficiais que ocorrerem na solda estimulam a fuga magnética local. Essa fuga é registrada pelo aparelho de medição e evidenciada pelo inspetor.

RX é o ensaio efetuado através da emissão de radiação por uma fonte e a absorção parcial desses raios por parte da peça. Os raios X e o gama são os mais usados. As diferenças de propriedades físico-químicas dos materiais que compõem os equipamentos e seus defeitos fazem com que os raios emitidos sejam absorvidos também de modo diferentes e possam ser transformados em imagem. Isso proporciona localizar os defeitos internos nas soldas como as trincas, as inclusões de escórias, as bolhas, as porosidades, as fusões incompletas e as duplas laminações.

US baseia-se na teoria da emissão de sons e sua reflexão nas peças e discontinuidades. As diferenças de propriedades físico-químicas dos materiais que compõem os equipamentos e seus defeitos fazem com que os sons emitidos sejam refletidos também de modo diferentes e possam ser transformados em imagem gráfica, que proporciona localizar defeitos como a falta de fusão, a inclusão de escórias, o excesso de penetração, a falta de penetração, a porosidade e a mordedura. É mais prático de ser aplicado que o RX, porém requer bastante conhecimento do inspetor na interpretação das avarias.

A classe de locação é determinante para se projetar o gasoduto, pois influencia no cálculo da espessura da parede do duto, no estabelecimento da Pressão de Teste - PT hidrostático e nos percentuais das inspeções a serem realizados nas juntas soldadas.

A classe de locação varia segundo o desenvolvimento habitacional momentâneo e futuro da região de construção do duto. O raio de abrangência de cada classe é de 200m. A norma NBR-12712 caracteriza as classes de locação conforme se observa no Quadro 13, tida como referência nas amostras das inspeções descritas pela Tabela 4.

Quadro 13 - Classe de locação dos empreendimentos

Classe	Características
1	≤10 edificações unifilares destinadas à ocupação humana
2	>10 e ≤ 46 edificações unifilares destinadas à ocupação humana
3	> 46 edificações unifilares destinadas à ocupação humana
	Regiões onde o gasoduto se encontre a menos de 90m de: edificações que sejam ocupadas por 20 ou mais pessoas para uso normal com as igrejas, cinemas e escolas
	Locais que concentre 20 ou mais pessoas em uso eventual tais como clube de recreação, campo de futebol e praça pública
4	Região onde predomine edificações com quatro ou mais andares, incluindo o térreo, destinado à ocupação humana

Fonte: NBR-12712 (2002)

Tabela 4 - Determinação do percentual de inspeção

Classe	Percentual
1	10% das juntas soldadas
2	15% das juntas soldadas
3	40% das juntas soldadas
4	75% das juntas soldadas

Fonte: NBR-12712 (2002)

Nos trechos críticos dos gasodutos, a exemplo dos cruzamentos sob as rodovias e as ferrovias, as travessias de rios navegáveis e nas estações de compressão, a norma exige que se faça no mínimo 90% das inspeções das juntas soldadas. Nas interligações entre trechos de dutos é obrigatório inspecionar 100% das juntas soldadas. Esse percentual é estabelecido como padrão de inspeção para toda e qualquer junta soldada nos gasodutos da distribuidora de gás da Bahia.

3.2.3.7 Revestimento externo

O concreto e o polietileno são usados como revestimento. Cada um possui uma função. Os tubos usados na construção de dutos enterrados são revestidos na fábrica com polietileno elastômero. Para executar a soldagem é retirada parte do revestimento da extremidade do tubo. Depois o revestimento é recomposto na própria obra. O polietileno elastômero aplicado é impermeável e serve para impedir o contato do tubo com o solo e fornece-lhe maior proteção sobre-espessura contra a abrasão e impacto, além de inibir a corrosão. O revestimento com concreto, mais conhecido como tubo camisa, é utilizado juntamente com o polietileno, conferindo maior impermeabilidade, maior massa

e melhor resistência mecânica, requerida especialmente quando o gasoduto atravessa o rio, o mar ou cruzará uma rodovia ou ferrovia.

Ambos os tipos de revestimentos precisam ser detidamente inspecionados para que se cumpram fielmente as suas funções. Nos tubos com revestimento anticorrosivos, faz-se a inspeção visual e também com o instrumento denominado Holliday Detector. O Holliday Detector possui um emissor de corrente elétrica e um receptor. Ao enviar a corrente no trecho de duto a inspecionar, se espera que esta corrente seja recebida pelo receptor. Quando isso não ocorre integralmente, considerando a resistência do meio, é porque houve fuga de corrente no percurso inspecionado por causa da falha do isolamento do revestimento do tubo. Então nesse local o revestimento precisa ser refeito.

3.2.3.8 Abaixamento, cobertura, recomposição e sinalização

Ao se construir e instalar um duto subterrâneo abre-se as valas no MD e se efetua as escavações no MND. Depois de abaixado o gasoduto no solo, é obrigatório que se faça a cobertura e a recomposição do pavimento ou vegetação por onde o gasoduto passou. O propósito é deixar a paisagem local com as mesmas características originais antes da execução da obra. Depois, por medida de segurança, a diretriz do gasoduto é sinalizada.

3.2.3.9 Teste hidrostático

O Teste Hidrostático - TH é o ensaio de referência para avaliar a integridade do gasoduto por ser a última etapa da construção. Pequenos descuidos desde o recebimento de materiais até a cobertura da tubulação pode desdobrar-se em reprovação no TH, atrasando o prazo de conclusão da obra e, conseqüentemente, do fornecimento de gás aos consumidores. Sabe-se que todo e qualquer resserviço requer mais disponibilidade de tempo, mais recursos financeiros e materiais, contrapondo-se a um dos princípios da ecoeficiência, que é fazer mais, com menos emprego de insumos.

A limpeza do duto antecede o TH. Ela é executada com água tratada, pressurizada e com um Pig de Limpeza - PL. O PL é um aparelho cilíndrico esponjado com diâmetro levemente menor que o diâmetro do duto. O PL é

pressurizado e forçado a varrer a extensão do gasoduto, expulsando os materiais sólidos e purgando o ar da tubulação.

O Pig Instrumentado - PI faz a leitura das possíveis imperfeições dos tubos, como as mossas, os amassamentos, e as ovalizações. Ele também pode medir a espessura da parede do duto. Se o resultado da análise estiver satisfatório, o TH é prosseguido.

O TH avalia a resistência mecânica do duto e sua estanqueidade. A checagem da integridade estrutural e o alívio das pressões são atributos do ensaio de resistência mecânica, enquanto que a verificação da existência de vazamentos é função da inspeção de estanqueidade.

A efetividade do TH pressupõe o real controle das variáveis físicas do processo. A pressão, a temperatura, o tempo e o volume de água usado precisam ser devidamente gerenciados. A pressão da água é verificada no trecho mais elevado da tubulação. As temperaturas ambientes, do duto e do solo são monitoradas para se fazer as compensações de pressão e não incorrer em erro na avaliação do teste.

A diretriz N-464 admite 0,2% como variação máxima do volume de água injetado por conta da elasticidade volumétrica do gasoduto e compressão do próprio fluido. As pressões do TH variam em função da pressão máxima de operação e da classe de locação do duto.

Como medida de segurança, os projetistas selecionam a classe 4 para o ensaio de TH. O raio de abrangência de cada classe é de 200m. Observa-se na Tabela 5 as pressões de testes em função da classe de locação.

Tabela 5 - Pressão Teste (PT)

Classe de Locação	Espessura	Pressão Máxima Operação (PMO)		
		TH-Resistência Mecânica		TH-Estanqueidade
		PT-Mínima	PT - Máxima	Tensão de estanqueidade - TE
1		1,10PMO	1,10P	0.7PT
2		1,25PMO	1,25P	
3 e 4		1,40PMO	1,50P	

Fonte: N-464 (2004)

A PT máxima para realização do TH de resistência mecânica depende da experiência do projetista. Os coeficientes adotados são os mais utilizados nos planos de execução de TH.

A Figura 11 demonstra com mais clareza a execução do TH. Partindo do tempo e pressão inicial, eleva-se a pressão lentamente, em torno de 1 kgf/cm² por minuto até atingir 50% da PT, permanecendo nesta por 24 horas. Depois se aumenta a pressão até 95% da PT. Avalia-se a estabilização da pressão por 30 minutos. Estando estabilizada, cronometra-se mais 4 horas para execução do Teste de Resistência - TR. Caso a pressão altere $\pm 0,5\%$, é permitida a injeção ou purga de água. Sendo aprovado no TR, reduz a pressão para 70% da PT para efetuar o teste de estanqueidade, permanecendo nela por 24 horas. Não é admitida a variação da pressão, além dos limites de compensação da alteração de temperatura no teste de estanqueidade.

Para não incorrer em equívoco por causa da variação da temperatura, a execução do TH deve ser implementada em um dia em que a temperatura seja considerável estável. Outro aspecto que induz ao erro de interpretação durante o TH é iniciá-lo em horário do dia em que a temperatura esteja muito quente, a exemplo da tarde, porque ao chegar à madrugada, a temperatura cai, diminuindo a pressão do TH. Como durante esse período pode ter ocorrido vazamento, a variação da temperatura para menos, dificulta determinar a origem do problema. Por isso é preferível começar o TH na madrugada, quando a temperatura é menor.

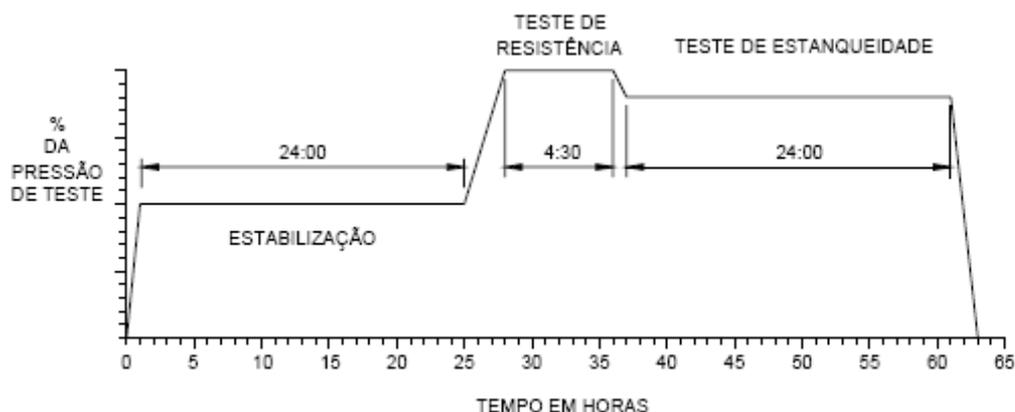


Figura 11 – Etapas do TH

Fonte: N-464 (2004)

3.2.3.10 Desenho conforme construído

A concessionária de distribuição de gás ao realizar a licitação para contratar a empresa executante da obra de construção do duto lhe fornece o Projeto Básico - PB do gasoduto, para efeito estimativo dos custos de fabricação. Para a determinação dos gastos reais e planejamento, a construtora desenvolve o Projeto Executivo - PE em decorrência do PB.

Durante a construção geralmente ocorrem mudanças no PE. O PE associado às alterações durante a construção resulta no desenho conforme construído, *as-built*.

O *as-built* deve ser cadastrado no Sistema Internacional de Georreferenciamento – GIS, a fim de ser visualizado com detalhes tecnológicos *on-line* de modo a possibilitar o rastreamento de cada trecho do duto.

Os detalhes tecnológicos do gasoduto são: as plantas com vistas superiores e de perfil, o diâmetro, o material, a espessura e o revestimento, a classificação do solo e a disposição da sinalização.

O somatório das pendências de cada etapa da construção do gasoduto dá origem ao indicador de não-conformidade. As pendências são mais fáceis de serem mensuradas em função dos gastos financeiros aplicados para a restauração do defeito, pois como o valor do contrato de execução da obra é conhecido, o resultado da ecoeficiência pode ser calculado em percentagem. A planilha de custo fornecida pela própria construtora no ato de sua participação no processo licitatório é uma excelente referência para se computar os valores advindos dos retrabalhos.

CAPÍTULO 4 – ESTUDOS DE CASO

Estes estudos de casos visam analisar a aplicação dos indicadores de ecoeficiência obtidos a partir da revisão de literatura em três empresas responsáveis pela construção de gasodutos de distribuição de GN.

4.1 SELEÇÃO DOS CONTRATOS

A distribuidora de gás da Bahia iniciou sua operação em 1994, herdando da Petrobras parte dos gasodutos de distribuição que havia no estado. Desde então, a companhia começou o processo de ampliação de sua malha de dutos para atender a eminente demanda.

No final do ano de 2008, a Companhia de gás da Bahia detinha em torno de 500 quilômetros de gasodutos, especialmente entre os municípios de Salvador, Simões Filho, Camaçari, Dias Dávila, Pojuca, Catu, Alagoinhas, Feira de Santana e Candeias. O somatório do Produto Interno Bruto - PIB desses municípios no ano de 2005 foi de R\$ 43.483.747,14, enquanto que o valor aumentou para R\$ 44.115.766,22 em 2006 e para R\$ 48.915.163,74 em 2007. A evolução do PIB no período foi de 12,5%. Outro dado significativo é que esses locais detêm aproximadamente 45% de toda a riqueza computada no estado da Bahia. Os dados de 2008 não foram computados porque eles não estavam disponíveis no momento da consulta (IBGE, 2010).

É notória a relação entre o crescimento ou decréscimo do PIB com a demanda energética. Isso se reflete também no mercado de gás, com menor ou maior intensidade porque neste caso há mais facilidade de se encontrar combustíveis substitutos. Especialistas informam que para um crescimento econômico de 1%, a oferta de energia precisa aumentar 1,2% (BAHIA, 2007).

A vigência dos contratos ocorreu entre os anos de 2005 e 2008. Nesse período foi evidenciada a contratação de 9 empresas. Elas prestavam serviço predominantemente no Brasil e na América do Sul. Os escopos dos contratos são de construção e montagem de gasodutos e de estações de distribuição em

polietileno e em aço, nas áreas rurais, urbanas e industriais do estado da Bahia, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 - Características dos contratos

Empresas	Escopos	Materiais	DM	ED(m)	MND(m)	Área
A	CD	Aço	4"	9958,86	3348,86	Rural
B	CD	Polietileno	2"	27082,00	11610	Urbano
C	CD	Aço	6"	8356,65	5279,65	Urbano
D	CE	Aço	6"	ND	ND	Mista
E	CD	Aço	6"	16195,67	5000	Urbano
F	CD	Aço	6"	8780,00	3070,47	Mista
G	CE	Aço	6"	ND	ND	Mista
H	CD	Aço	5"	7890,00	280	Mista
I	CD	Aço	6"	7000,00	660	Mista

Fonte: Relatórios das construtoras (2009)

Entre os nove contratos analisados para executar os serviços de construção e montagem de dutos e de estações de distribuição de gás, a distribuidora de gás da Bahia ampliou sua malha de distribuição aproximadamente em 85 quilômetros de 2005 para 2008. Em relação aos 500 km de dutos existentes em 2008, o comprimento dos dutos foi estendido em torno de 20,5%, superior à evolução de 12,5 % do PIB da região.

Os escopos dos serviços das empresas vencedoras das licitações nestes exemplos variaram em construções de dutos (CD) e em construções das estações de distribuição de gás (CE).

Os materiais para as fabricações dos gasodutos e das estações de distribuição de GN são o aço e o polietileno.

O diâmetro dos dutos e das estações oscilaram entre 2" e 12" polegadas. O diâmetro médio (DM) é a média aritmética dos gasodutos construídos no contrato.

A extensão dos dutos (ED) é o somatório das construções dos dutos independente do diâmetro. Como um dos propósitos desta dissertação é estimular a criação de indicadores para controlar a ecoeficiência das fabricações e montagens nas empresas contratadas para a execução de gasodutos, não foi mensurado o comprimento das estações de compressão, sendo utilizado o termo não disponível ND. A extensão dos dutos é medida em metro (m).

As dificuldades na execução do MND são proporcionais ao diâmetro, à extensão da tubulação e ao tipo de solo. Para compensar essas diferenças existentes em cada contrato, os resultados apresentados na Tabela 6 refletem a média ponderada, tendo como peso os respectivos diâmetros e os tipos de solos.

O método não destrutivo - MND não requer a abertura de uma vala ou enormes buracos no terreno para a instalação do duto. Neste caso são utilizados sofisticados equipamentos para executar um furo na camada do solo suficiente para possibilitar a passagem da tubulação. A unidade de medida é o metro (m).

Nos contratos pesquisados constatou-se que o custo médio do MND é superior ao método destrutivo - MD, oscilando entre 10 e 30%. No MD a vala é aberta no solo para a instalação do duto.

Os gasodutos podem ser construídos nas áreas predominantemente urbanas, rurais e industriais. A área mista é caracterizada por possuir no mínimo dois tipos de paisagem.

Do universo das 9 empresas, apenas 3 participaram dos estudos de casos, visando diminuir as incertezas quanto à coleta de dados. Sabe-se que compará-las é complicado devido às diversidades existentes e ainda não ter sido evidenciado o desenvolvimento de referencial para isso.

A avaliação foi executada coluna por coluna na Tabela 6, iniciando pelo escopo, seguindo pelo material, e pela área de trabalho. Os contratos selecionados devem possuir as seguintes características:

- a) O escopo seja para a construção de gasodutos, porque existe maior número de contratos com essas características;
- b) O material de fabricação do duto seja o aço, porque há apenas um contrato em que o material é o polietileno;
- c) Os contratos possuam área de construção mista para que haja dificuldades semelhantes da área urbana, como o maior trânsito e edificações, e as menores interferências da zona rural.

Verificando a coluna do escopo se constata que os contratos A, B, C, E, F, H e o I satisfazem os requisitos por serem para a construção de gasodutos. Os contratos D e G foram eliminados.

Dos contratos remanescentes, foram selecionados, quanto ao quesito materiais, os contratos A, C, E, F, H e o I.

Quanto à área de trabalho, foram escolhidos os contratos F, H e o I. Do total de 85.263,18 m de gasodutos construídos entre os anos de 2005 e 2008, 23.670,00 m foram analisados, o que representa em torno de 28%.

Os contratos F, H e I foram gerenciados com o apoio de um sistema informatizado conforme exigência da concessionária de distribuição de gás. O sistema informatizado usa um *software* que possibilita controlar e monitorar à distância, o andamento da obra a cada 48 horas, através da rede mundial de computadores. Nos contratos em apreço, o programa usado para supervisionar os serviços via rede mundial de computadores é denominado Gertubos. No Gertubos, é possível verificar via relatório matriz, chamado mapa de controle de juntas soldadas, o desenvolvimento, as inconsistências e as possíveis não-conformidades dos relatórios demonstrativos da evolução da rede de dutos.

4.2 ESCOLHA DOS INDICADORES

A revisão de literatura efetuada resultou na elaboração de 6 indicadores que podem ser utilizados como meio de controle da construção de gasodutos. Entretanto, os indicadores de ecoeficiência associados à geração de resíduo sólido, à manutenção e a não-conformidade foram os escolhidos devido às dificuldades encontradas para coletar os dados referentes aos indicadores de vazamento, de consumo de água e de consumo de energia, conforme demonstrado no Quadro 14.

Quadro 14 - Indicadores escolhidos para análise

Ecoeficiência dos resíduos	<i>Custo dos resíduos sólidos</i>
	<i>Custo da construção do duto</i>
Ecoeficiência da manutenção	<i>Homem/hora usados na manutenção</i>
	<i>Extensão do duto construído</i>
Ecoeficiência das não-conformidades	<i>Número de não conformidades</i>
	<i>Extensão do duto construído</i>

Fonte: Elaboração própria

A ecoeficiência da manutenção tem como unidade o Homem/hora – Hh por metro porque não foi obtido o seu custo financeiro.

A ecoeficiência das não-conformidades tem como unidade um por metro, também, porque não foi obtido o seu custo financeiro.

Como no cálculo dos resíduos o numerador e o denominador possuem a mesma unidade, o resultado será em percentagem. Os resíduos são compostos pelos materiais servíveis para a construção dos dutos, como os tubos cortados e os acessórios da tubulação que foram extraviados ou perdidos pela construtora. Detalhar cada um desses materiais é complexo, por isso se optou por estimar a ecoeficiência dos resíduos mediante a disponibilidade dos custos dos elementos componentes da equação.

4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS INDICADORES

As análises das aplicações dos indicadores foram efetuadas tendo como parâmetro o resultado descritivo, pois ainda não se tem dados significativos para avaliá-los de modo relativo ou normativo.

4.3.1 Ecoeficiência dos resíduos

A ecoeficiência dos resíduos de materiais é calculada pela divisão do indicador de custos dos materiais danificados ou extraviados fornecidos pela distribuidora de gás pelo valor do contrato de execução da obra.

O controle dos custos dos materiais fornecidos pelo cliente é feito com o Boletim de Aplicação de Materiais – BAM. O BAM é o indicativo de que a construtora tem como princípio controlar seus insumos, evitando transtornos quanto ao fornecimento de peças, que repercutirá no avanço físico da obra e na preservação do meio ambiente, pois diminuirá o desperdício.

Nos contratos em estudo, a companhia distribuidora de gás fornece os materiais para a construção dos dutos. No final da obra, a empresa responsável pela fabricação dos gasodutos deve prestar conta daquilo que estava sobre sua custódia, mediante a apresentação do BAM.

A diferença entre os materiais recebidos e os aplicados deve ser igual aos componentes devolvidos para o almoxarifado, a fim de a contratada não diminuir o lucro, ou elevar seu prejuízo. Em geral, isso não acontece. A perda

de componentes usados nos empreendimentos compromete o cumprimento do prazo de conclusão da obra, devido às companhias adotarem a política de estoque mínimo, o que dificulta substituir os materiais.

A relação entre o valor do contrato e as perdas econômicas decorridas da má gestão dos materiais demonstra a importância de se efetuar o balanço de aplicação das peças e componentes mensalmente. A Tabela 7 ilustra o fato aludido.

Tabela 7 - Ecoeficiência dos resíduos

Contrato F	Contrato H	Contrato I
1,3%	0,6%	2,5%

Fonte: Relatórios das construtoras (2008)

Para diminuir as incertezas quanto aos dados colhidos, os resultados da ecoeficiência sofreram tratamento estatístico - TE, tendo como referenciais os conceitos e a equação do manual de metrologia desenvolvido por Albertazzi (1996).

Na Tabela 8 constata-se o tratamento estatístico dos contratos F, H e I.

Tabela 8 - TE da ecoeficiência dos resíduos

I	MI	n	t(95%)	s	Re	E _{max} ±	RM
1,3							
0,6	1,5	3,0	4,3	1,0	4,1	2,4	3,9%
2,5							

Fonte: Relatórios das construtoras (2008)

sendo que:

I – Indicações dos contratos

MI – Médias das indicações

n – Número de contratos analisados

t – Coeficiente de Student com 95% de probabilidade de a distribuição normal estar dentro da faixa de valores

σ – Desvio padrão amostral

Re – Repetitividade = $t \times \sigma$

Ea – Erro aleatório = Re/\sqrt{n}

Es – Erro sistemático = considerado zero devido ao número de contratos analisados ser pequeno, o que dificulta estabelecer uma curva de tendência confiável

Eg - Erro grosseiro = considerado zero

E_{max} – Erro máximo = E_a+E_s+E_g

RM – Resultado da medição = MI ± E_{max} (ALBERTAZZI, 1996)

O RM de 3,9% para a ecoeficiência na geração de resíduos indica um valor bem maior do que as indicações individuais de cada contrato, porém menor aos 10% identificados no estudo de Badanhan. Isso evidencia a importância do tratamento estatístico executado na tentativa de criar um valor percentual de perdas de materiais, de não-conformidades e de gastos com a manutenção, considerado aceitável pela concessionária de distribuição de GN, objetivando sistematizar as melhores práticas de construção.

4.5.2 Ecoeficiência das não-conformidades

A ecoeficiência das não-conformidades - NC resulta da divisão do indicador de não-conformidade pela extensão do gasoduto. Os indicadores de não-conformidades do contrato F, H e I, foram respectivamente 8, 1, 23. Dividindo cada um deles pelo respectivo comprimento do gasoduto, obtém os valores descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Ecoeficiência das não-conformidades

Contrato F	Contrato H	Contrato I
0,09NC/m	0,01NC/m	0,32NC/m

Fonte: Relatórios das construtoras (2009)

Para estimular a resolução das pendências, a distribuidora de gás retém parte da receita da empresa executante do serviço, referente à estimativa dos custos para solucionar as anomalias, e estabelece um prazo para saná-las. Findo o prazo firmado sem a resolução dos reparos, a distribuidora de gás da Bahia efetua os reparos necessários, de modo a

preservar a segurança do fornecimento do energético e repassa os custos para as construtoras.

O RM da ecoeficiência estimado foi de 0,5NC/m, conforme se observa na Tabela 10. Significa dizer que em um duto de 100m, há 50 NC. Salienta-se também que não foi mensurada a gravidade e os custos das pendências, portanto elas podem ser de fácil, ou de complexa resolução.

Tabela 10 - TE Ecoeficiência das não-conformidades

I	MI	N	t(95%)	s	Re	E _{max±}	RM
0,09							
0,01	0,1	3,0	4,3	0,2	0,7	0,4	0,5NC/m
0,32							

Fonte: Elaboração própria

As pendências variaram desde a simples falta de assinatura nos relatórios por esquecimento dos responsáveis técnicos até a inexecução de um ensaio, a exemplo do teste hidrostático, muito importante para garantir a estanqueidade, ou a inexistência de vazamento do gasoduto.

4.5.3 Ecoeficiência da manutenção

O custo elevado com a manutenção de um duto requer uma análise mais cuidadosa porque pode ser reflexo de inúmeros fatores. Ele pode ser resultado da falha de projeto, da ineficiência da fiscalização no ato da construção, dos defeitos dos materiais de fabricação, do fluido transportado fora de especificação, de erro operacional e de retrabalho da própria manutenção.

Os reparos da rede de gasodutos da distribuidora de gás da Bahia entre os anos de 2005 e 2008 foram executados por uma empresa terceirizada, o que dificultou mensurar seus custos. Procurou-se então outro indicador. Trata-se da quantidade de homens usados por hora na manutenção dos dutos. Os indicadores das horas gastas com a manutenção dos gasodutos fabricados pelas construtoras F, H e I, são 138,39 – 150,94 – 553,24Hh, respectivamente. A estimativa da ecoeficiência na manutenção baseia-se na relação entre o indicador de horas gastas com a manutenção e a extensão do gasoduto, como pode ser visto na Tabela 11.

Os tipos de defeitos que necessitam de reparo da manutenção abrangem: avaria no sistema de proteção catódica, pintura ineficiente, sujeira nos filtros, erosão na diretriz do duto, recalque do pavimento sobre o gasoduto, corrosão, pequenos vazamentos e sinalização insuficiente.

Tabela 11 - Ecoeficiência da manutenção

Contrato F	Contrato H	Contrato I
1,6 Hh/m	1,9 Hh/m	7,9 Hh/m

Fonte: Relatórios das empresas de manutenção (2009)

Analisando a Tabela 9 e comparando-a com a Tabela 11, percebe-se que os resultados das indicações podem estar relacionados. Se for considerado, exemplificando, o ano de 2007 como término dos três contratos, e que obtiveram os dados para calcular a ecoeficiência no final do ano de 2009, as indicações da ecoeficiência das não-conformidades podem estar associados à ecoeficiência da manutenção, porque durante esse período há a possibilidade de ter ocorrido instabilidade do solo em que foi instalado o duto, provocando tensões indesejáveis não previstas no projeto, o que requer ajustes da manutenção. As tabelas indicam que quanto maior o NC dos contratos F e I, maior também será o Hh consumido na manutenção. Mas o contrato H destoa desta afirmação, requerendo mais estudo para se identificar a aderência entre as NC e as manutenções executadas.

Existe a iminência de decréscimo da ecoeficiência do contrato F em relação ao I. A Tabela 12 sintetiza este aspecto. Isso porque quanto maior o RM das medições efetuadas, maior também será o emprego de insumos e de energia.

Tabela 12 – TE da ecoeficiência da manutenção

I	MI	N	t(95%)	s	Re	E _{max} ±	RM
1,6							
1,9	3,8	3,0	4,3	3,6	15,3	8,8	12,6Hh/m
7,9							

Fonte: Elaboração própria

As grandes diferenças encontradas nas medições dos indicadores entre os contratos aumentam consideravelmente o RM, independente do tipo de ecoeficiência verificada. O contrato I para a ecoeficiência da geração de

resíduos, para a ecoeficiência das não-conformidades e para a ecoeficiência da manutenção, demonstra a tendência de que houve menos controle gerencial, quando comparado aos demais contratos, por isso as periodicidades das inspeções e os dados obtidos devem ser cuidadosamente avaliados durante a vida útil deste gasoduto.

Como os Resultados das Medições também podem variar negativamente, tendo a ecoeficiência da geração de resíduos, das não-conformidades e da manutenção o cálculo tendendo a zero, existe a necessidade de se pesquisar em maior número de contratos, a fim de diagnosticar a tendência do que está sendo medido, objetivando construir, e manter os gasodutos com o menor custo e com reduzida quantidade de insumos.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

Os conjuntos de indicadores selecionados possibilitaram a coleta e a análise dos dados que podem servir para balizar a ação do gestor do contrato quanto à tomada de decisão durante ou no final da obra. Mas, infelizmente, só foi possível avaliar os indicadores da geração de resíduo, da manutenção e das não-conformidades devido às dificuldades da coleta de dados.

Os indicadores selecionados para compor os estudos de casos demonstraram sua significância, porque poderão tornar o controle da obra mais objetivo, servindo de suporte para a administração da concessionária de distribuição de GN verificar a qualidade das construtoras e melhorar as fabricações de gasodutos, mediante a determinação contratual dos requisitos de ecoeficiência exigidos em cada empreendimento.

Em relação aos critérios de criação dos indicadores proposto pelo WBCSD (2000), os indicadores que conduzem à ecoeficiência: Custo do número de vazamento, Custo do consumo de água, Custo do consumo de energia, Custo dos resíduos sólidos, Custo com a manutenção, Custo das não-conformidades, associados ao Custo da construção do duto ou a Extensão do duto resultados da pesquisa desta dissertação, satisfazem os critérios do WBCSD pois propiciam dados aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento do desempenho organizacional, atendendo à especificidade inerente ao negócio, além de eles poderem ser definidos, mensuráveis e transparentes.

O atendimento dos indicadores que conduzem à ecoeficiência quanto à significância na proteção do ambiente, saúde humana e quanto ao estabelecimento de padrões para controlar a evolução do desempenho ambiental são parciais porque não contemplam objetivamente a emissão de gases poluentes como o NO_x, o SO_x, o CO₂ e os particulados gerados pelos veículos automotores e máquinas estacionárias, em função das dificuldades encontradas para mensurar realmente seus resultados na obra. Essa deficiência na mensuração atenua-se quando a concessionária de distribuição de gás passa a exigir das construtoras os certificados de inspeção dos gases poluentes gerados pelos equipamentos que possuem motores de combustão interna, emitidos pelos Organismos de Inspeção Acreditados pelo INMETRO.

Se há dificuldade em mesurar a quantidade de gases poluentes gerados, ao exigir os certificados de inspeção quanto à emissão de gases poluentes dos equipamentos, tem-se a informação instantânea de que as indicações colhidas estão conforme os índices do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

A concessionária licitante pode determinar nos contratos os percentuais admissíveis de perdas de materiais a partir do momento que dispõe de, exemplificado, um rol de dados referentes ao índice de perdas ocorridas nas diversas obras, estabelecendo também ações corretivas instantâneas para evitar maiores prejuízos. Ao extraviar parte de um tubo a consequência pode ser irrelevante, mas danificar vários tubos e seus acessórios compromete a construtora e a distribuidora de gás, pois a quantidade de materiais comprados tende a ser aquele realmente estabelecido e dimensionado pelo projeto.

A política de estoque mínimo adotada por boa parte das companhias faz com que o desaparecimento de uma válvula de 16", comprometa naturalmente o prazo de entrega da construção, considerando o curto espaço de tempo disponível para uma nova aquisição e seu elevado custo de compra. O processo de adquirir sobressalente torna-se ainda mais lento para as empresas de economia mista, visto que elas necessitam licitá-lo.

O volume e o tipo de não-conformidade encontrados despertam a fiscalização quanto às oportunidades de melhorias e quanto às possíveis falhas mecânicas que não de vir. Se o fiscal percebe o potencial de aumento da quantidade de pendência, ação imediata precisa ser tomada, porque isso poderá repercutir no futuro custo de manutenção, como de fato houve a iminência.

Criar um banco de dados entre as Distribuidoras de GN passa pela análise dos seus aspectos positivos e negativos. As melhores práticas, *benchmarking*, devem ser aprendidas e divulgadas entre as companhias. A metodologia e os vastos indicadores criados pela Comgás podem servir de norte para as demais concessionárias.

O conjunto dos indicadores de gestão ambiental proposto pela Comgás satisfaz os critérios do WBCSD (2000) quanto à significância na proteção do ambiente e da saúde humana em busca da melhoria da qualidade de vida, proporciona os dados aos órgãos gerenciais objetivando o aperfeiçoamento do desempenho organizacional, atende à especificidade inerente a cada negócio,

possibilita o estabelecimento de padrões para controlar a evolução do desempenho ambiental e pode ser definido, mensurável e transparente.

A criação, a consolidação e a homologação dos indicadores pelas concessionárias de distribuição de GN são importantes ferramentas visando a ecoeficiência, porque quando eles estiverem associação direta com o impacto ambiental da obra, poderão servir como parâmetros dos Órgãos Ambientais para a concessão e a renovação das Licenças Ambientais.

As não-conformidades ou as pendências constatadas nos estudos de casos desta dissertação foram reforçadas pela pesquisa efetuada por Badanhan e podem estar relacionadas com a pouca consciência e o incipiente conhecimento politécnico dos engenheiros e demais profissionais atuantes no segmento de construção. Cabe, portanto, às instituições de ensino aprimorar mais ainda sua grade curricular almejando difundir a prática e os benefícios proporcionados pelo exercício da ecoeficiência em seus alunos.

Quando os dados dos indicadores estão em ordem de grandeza percentual como no estudo de Badanhan facilita sua comparação universal e, portanto, essa unidade sempre que possível deverá ser utilizada como referência.

A multidisciplinaridade da banca examinadora desta dissertação propiciou subsídios indispensáveis para melhoria do desenvolvimento do tema e dos resultados obtidos mediante as solicitações das propostas quanto à didática, a formatação, a visão política, a função da ciência e da tecnologia e quanto às boas práticas da engenharia.

Existem ainda poucos estudos sobre a adoção de indicadores como meio de controle das obras de construção e montagem, e assim há oportunidades para novos estudos em complemento ao que foi demonstrado nesta dissertação. Cabe aos estudantes e aos desbravadores abrir o caminho para a pavimentação da “estrada” do Brasil rumo à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ALBERTAZZI, Armando. **Metrologia**: parte I. Santa Catarina: Laboratório de metrologia da Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. São Paulo: Nova Fronteira, 2002.

AMARAL, Sergio. **Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório sustentabilidade ambiental, social e econômica**: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira . 2003. 250p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

AMORA, Soares. **Dicionário da língua portuguesa**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

ANDRADE, Carlos. **Avaliação do desempenho de sistemas metroferroviários sob a ótica da qualidade dos serviços prestados aos usuários**: aplicação no Metrô do Rio de Janeiro. 2009. 168p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

ARRUDA, Paulo. Furo direcional. In: CURSO de furo direcional. Salvador: BAHIA GÁS, 2007. p.1-38.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR- 12712**. Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível. Rio de Janeiro, 2002. 78.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR- 14462**. Sistemas de distribuição de gás combustível. Rio de Janeiro, 2000. 14.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TUBOS POLIOLEFÍNICOS. **ABPE/E 001**: Tubos de polietileno. São Paulo, 1998. 32.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO - ABEGAS. **Gasodutos em operação**. Disponível em: <http://www.abegas.org.br/info_mapagasoduto.php>. Acesso em: 20 ago. 2010.

BADANHAN, Fernando. **Indicadores e padrões de qualidade ambiental na construção de dutovias para o transporte de gás natural**. 2001. 222 f.. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, 2001.

BAHIA. Governo do Estado da Bahia. Lei – 7.314/98, de 19 de maio de 1998. Dispõe sobre a outorga de permissão e concessão para exploração do serviço de transporte hidroviário intermunicipal de passageiros e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. Bahia, Ba, 20 de maio 1998.

BAHIA. Secretaria de Energia, Transportes e Comunicações. Decreto Estadual - 4.401/91, de 12 de março de 1991. Dispõe sobre a concessão à Companhia de gás da Bahia (BahiaGás) o explorar com exclusividade os serviços de gás canalizado no Estado da Bahia e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. Bahia, Ba, 23 de maio 1991.

BAHIAGÁS. **Diretrizes para construção de gasodutos**. Gerência de obras. Salvador, 2007.

BLANCHARD, A. ; SIMARD, C. Experience with optimization software for distribution system planning, **IEEE**, Canada, v.11, n.4, p.1891-1897, 1996.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução-16, de 17 de junho de 2008. Resolução ANP nº 16. Estabelece a especificação do gás natural nacional ou importado a ser comercializado no país. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 de jun. 2008. p. 1-12.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. 372p.

BRASIL. ELETROBRÁS/PROCEL. **Dispõe sobre eficiência energética de instalações e equipamentos**. Universidade Federal de Itajubá. São Paulo, 2001.

BRASIL. Lei nº 11.909, de 04 de março de 2009. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte, tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural, altera a Lei nº 9.478 e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 05 mar. 2009.

BRASIL. Lei nº 8.031, de 12 de abril de 1990. Estabele o Programa Nacional de Desestatização. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 13 abr. 1990.

BRASIL. Lei nº 9478, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 07 ago. 1997.

BR-PETROBRAS. **Gás natural veicular**. Disponível em: <<http://www.br.com.br>>. Acesso em: 11 ago. 2009.

BROW, Lester. **Eco-Economia: construindo uma economia para a terra**. Salvador. Universidade da Mata Atlântica- UMA, 2003.

CAMACHO, Fernando Tavares. **Regulação da indústria de gás natural no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

CARDOSO, Luiz Cláudio. **Logística do petróleo: transporte e armazenamento**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

CATARINO, Anderson. **Indicadores de desempenho ambiental como instrumento de gestão e controle nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos de exploração e produção de petróleo nas áreas offshore**. 2003. 404p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 2003.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Ecoeficiência**. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-rbe-ecoeficiencia.asp>>. Acesso em: 5 jul. 2010.

COMGÁS. **Relatório anual 2009**. Disponível em: <<http://www.comgas.com.br>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

DANIELETTO, José Roberto. **Manual de tubulações de polietileno e polipropileno: característica, dimensionamentos e instalação**. São Paulo: Linha Aberta, 2007.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE ENGENHEIROS MECANICOS. **ASME B 31.8**. Dispõe sobre os sistemas de tubulação para transmissão e distribuição de gás. [S.l]: [s.n.],1995.

FRANK, Fábio. Tubos de gás em PEAD: características e propriedades. In. GÁS INFO BRASIL, 1., 2007, Salvador. **Anais...** Salvador, 2007. p.1-50

FREIRE, José. **Engenharia de dutos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências dos Materiais, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE - FND. **Indicador nacional da qualidade**. Disponível em: < <http://www.fnq.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2010.

GALLARDO, Amarilis Lucia. **Análise das práticas de gestão ambiental da construção da pista descendente da rodovia dos imigrantes**. 2004. 285 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo – USP, 2004.

GOMES, Jaíra *et al.* Eco-eficiência na produção de cera de carnaúba: **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46,n.2, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032008000200006&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 ago. 2010.

GOSWAMI, S. K. Distribution system planning using branch exchange technique, **IEEE**, v. 12, n. 2, India, p.718-723, 1997.

GOVERNO DA BAHIA. Gás natural: caminho para o desenvolvimento. **A Tarde**, Salvador, 29 jan. 2007. Caderno especial, p. 2-10.

GRANJEIRO, J. Wilson. **Direito administrativo moderno**. 8. ed. Brasília: Vestcon, 2004.

IBOVESPA. Cotação do dólar. **Site Uol economia**. Disponível em <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/>> Acesso em: 24 out. 2009.

JONNAVITHULA, S. Minimum cost analysis of feeder routing in distribution system planning, **IEEE**, Canadá, v. 11, n. 4, p. 1935-1939, 1996.

KIPERSTOK, Asher *et al.* **Prevenção da poluição**. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial-SENAI, 2002.

LEAL, José. Ecoeficiência: Marco de análises de indicadores experiências. In: DIVISION de desarrollo sostenible y asentamientos humanos. Santiago do Chile. Medio ambiente y desarrollo... Chile: Nações Unidas, 2005. p.1-105.

LEYEN, Bianca. **Eco-eficiência na exploração e produção de petróleo e gás em regiões de florestas tropicais úmidas: o caso da Petrobras na Amazônia.** 2008. 202p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE, 2008.

LOSS, Giovani Ribeiro. **Regulação setorial do gás natural.** Belo Horizonte: Fórum, 2007.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **NR-04: Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho.** Brasília, 1978. 31.p.

_____. **NR-07: Programa de controle médico de saúde ocupacional.** Brasília, 1994. 233.p

_____. **NR-09: Programa de prevenção de riscos ambientais.** Brasília, 1994. 263.p.

_____. **NR-18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** Brasília, 1994. 673.p.

MODENESI, Paulo. **Soldagem I.** Departamento de Engenharia Metalúrgica. Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações,** Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2002.

MORRIS, Charles. Novo catecismo. **AE Investimentos,** São Paulo, ano 7, n.24, p.15-17, fev. 2009.

O SITE DO GÁS NATURAL – GASNET. **Gasbol.** Disponível em: <http://www.gasnet.com.br/gasnet_br/gasoduto/Gasbol.ASP>. Acesso em: 2 ago. 2009.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONOMICO - OCDE. Key environmental. In: ENVIRONMENT Directorate. França, 2008. p.1-36.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO – ONIP. **Gasene**. Disponível em: <http://www.onip.org.br/arquivos/GASENE_ONIP.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2009.

PERICO, Ana Carolina Silveira. **Estudo dos custos energéticos na implantação de sistemas de transporte e distribuição de gás natural**. 2007. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. Universidade Federal de Itajubá, 2007.

PETROBRAS. **N-464, rev H**. Construção, montagem e condicionamento de duto terrestre. Rio de Janeiro, 2004. 72.p.

PHILBIN, Tom. **As 100 maiores invenções da história: uma classificação cronológica**. Rio de Janeiro: Difel, 2006. p. 23-30.

RENNO, Marcelo et al. Ciclo de vida de um empreendimento de duto. In: FREIRE, José (Org.). **Engenharia de dutos**. Rio de Janeiro: ABCM, 2009. p. 1.1.

ROCHA, George Souto. Economia e mercado do gás natural. Salvador: UFBA, 2005. p.1-37.

SALGADO, Vivia Gulo. **Indicadores de ecoeficiência e o transporte de gás natural**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

SCHMIDHEINY, Stephan: A eco-eficiência. In: PREFÁCIO de relatório, 2000. Lisboa. Portugal: WBCSD, 2001. p.1-36.

SILVA, Alessandra Pereira *et al.* **Ecotoxicologia e avaliação de risco do gás natural**. Salvador: Centro de Recursos Ambientais (CRA), 2006.

TEIXEIRA, Marcelo. **Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos**. 2005. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Bahia/ MEPLIM, 2005. 132p.

TELLES, Pedro. **Materiais para equipamentos de processos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

_____. **Tubulações industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da engenharia do petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

TOLMASQUIM, Mauricio Tolmasquim; SZKLO, Alexandre Salem. **A matriz energética brasileira na virada do milênio**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

TOMAZ, Luciane. **Custo de transporte do gás**. [favor nos enviar o custo de transporte do gás]. Seguem as informações: R\$ 2,08/MMBTU no Nordeste; e R\$ 1,04/MMBTU no Sudeste < luciane.tomaz@petrobras.com.br > em 09 out. 2009.

TRANSPORTADORA BRASILEIRA DO GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL – TBG. **Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.tbg.com.br>>. Acesso em: 3 jan. 2009.

WORLD Business Council for Sustainable Development – WBCSD e o conselho empresarial para o desenvolvimento sustentável-BCSD: a eco-eficiência. In: RELATÓRIO, 2000. Lisboa. Portugal: WBCSD, 2001. p.1-36.

XIMENES, Sérgio. **Dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. São Paulo: Ediouro, 2001. 275 p.