

## 6.

### Métodos de Transporte

De modo geral, o transporte de fluidos que, na temperatura ambiente, encontram-se na forma gasosa sempre foi e será bem mais caro e perigoso. Nesta forma, eles ocupam um volume muito grande em relação a sua massa, comparativamente ao volume da mesma massa em sua forma líquida. Um dos melhores exemplos disso é o gás natural.

O gás natural é uma fonte de energia largamente utilizada ao redor do mundo. De modo geral, ele está diretamente ligado a reservatórios de petróleo, sendo um dos componentes das reservas petrolíferas. Mas, em plataforma no alto-mar, pode ser necessária a queima do mesmo, ao invés de ser enviado, como o petróleo, para a terra. Isso se deve a dificuldade de transportá-lo para terra.

O melhor método de transportar o gás natural é através de dutos. Entretanto, quando as distâncias são muito grandes, como o transporte intercontinental através de um oceano, existe a alternativa de se liquefazer o gás, reduzindo assim o seu volume de tal forma que se torna economicamente viável utilizar navios ou caminhões. O transporte de dióxido de carbono por dutos será abordado com mais detalhes no item 7.

#### 6.1.

##### Transporte Rodoviário

O transporte de qualquer gás por rodovias sempre terá uma eficiência muito baixa. Devido às dificuldades em liquefazer o gás para que sua quantidade seja ao menos economicamente viável, mesmo que pequena, os problemas inerentes ao transporte rodoviário (trânsito, acidentes, etc..) fazem com que esse transporte seja muito pouco atrativo. A pequena quantidade transportada só pode atender às pequenas indústrias ou processos com quantidades pequenas de CO<sub>2</sub>.

## 6.2.

### Transporte Marítimo

O uso de navios para o transporte de gases liquefeitos tem diversos obstáculos a serem cumpridos. Do ponto de vista econômico, por exemplo, o custo alto de passar o fluido do estado gasoso para o líquido já é usualmente algo bastante proibitivo, devido à quantidade necessária. Após a transformação, tem-se o custo dos navios em si. Como há uma necessidade de manter o fluido nas condições de pressão e/ou temperatura diferentes da atmosfera, esses veículos possuem um alto custo de construção, manutenção e operação.

Existem 3 tipos de navios para o transporte de gases liquefeitos: Os de pressão, os de baixa temperatura e os semi-refrigerados, como visto no IPCC 2005[18]. Os de pressão funcionam mantendo a pressão em seus tanques alta para que o líquido não chegue a sua pressão de vapor. A maioria das pequenas embarcações de gases liquefeitos é deste tipo. Os refrigerados mantêm a temperatura baixa o suficiente para que não se atinja a temperatura de mudança de fase a pressão ambiente. Os navios de GNL são usualmente deste tipo, como demonstrado na Figura 29.



**Figura 29 - Os dois tipos de navio de transporte de LGN: de Esfera e de Membrana**

O uso de navios para o transporte de fluidos gasosos nas condições atmosféricas requer diversos cuidados gerais e específicos ao fluido transportado. Há diversos estudos de análise de risco para o transporte de GNL (Gás Natural Liquefeito). O GNL, por exemplo, é transportado a aproximadamente  $-160^{\circ}\text{C}$  e a

pressão atmosférica, de acordo com (Vanema, E. et al. – 2008)[45]. A Figura 30 apresenta uma simplificação de um navio de GNL.

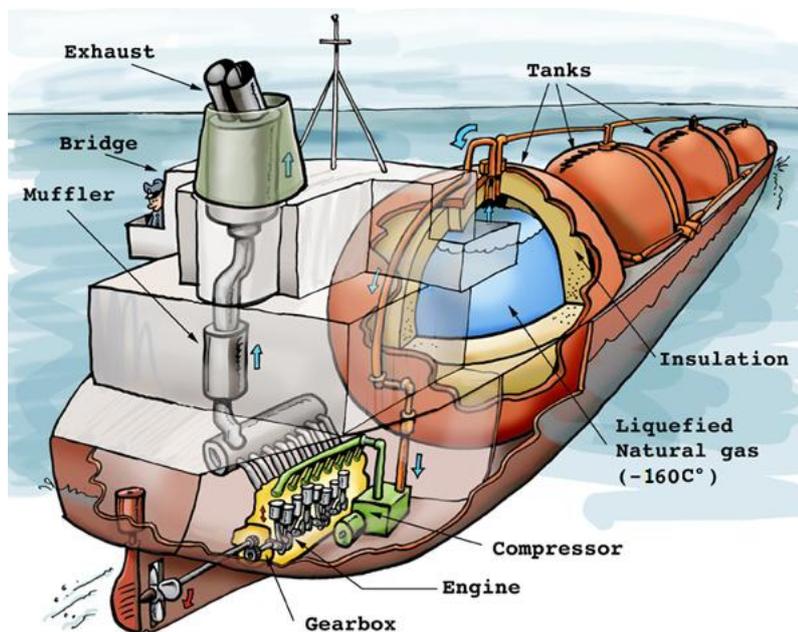


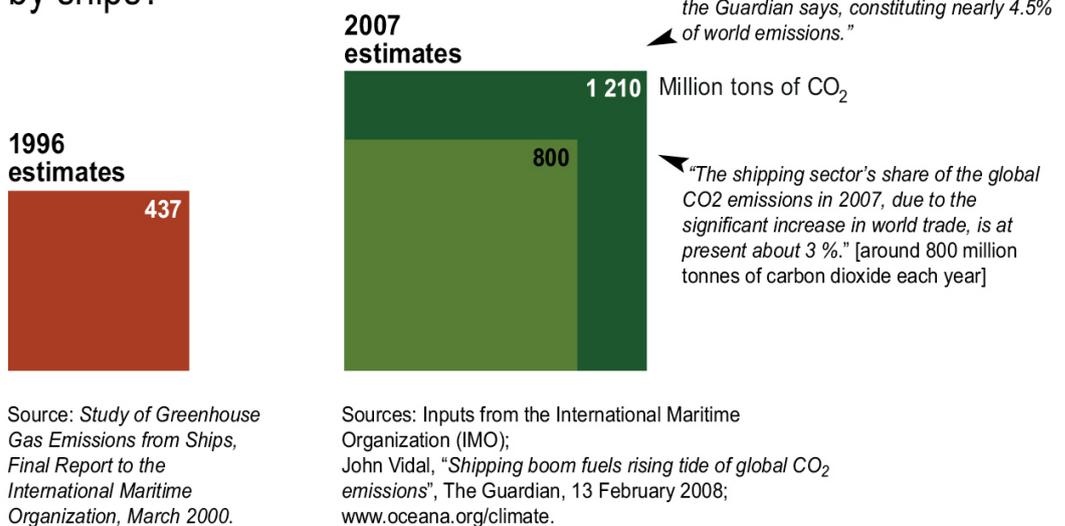
Figura 30 - Planta genérica de um navio transportador de GNL

Ao contrário de GNL, no entanto, não há temperatura em que, a pressão atmosférica, o dióxido de carbono esteja líquido, como visto na Figura 4. Isso dificulta muito o transporte do mesmo, já que, seguindo a mesma lógica, o ideal seria aumentar a pressão e manter a temperatura até atingir o ponto onde ele se encontra líquido. Entretanto, o transporte de material pressurizado possui sempre um risco maior. A 20°C, o CO<sub>2</sub> só se torna líquido acima de 58 bar.

O uso de navios para o transporte de CO<sub>2</sub> ainda está em fase experimental. Até 2005, só havia 4 pequenos navios para esse propósito no mundo. Eles são do tipo semi-refrigerado, que são utilizados para atender tanto as condições de temperatura e pressão diferentes do ambiente. De modo geral, esse tipo de navio mantém o gás liquefeito entre -54°C e 6 bar e -50°C e 7 bar. Este ponto se encontra muito perto da pressão de vapor a essa temperatura, o que causa pequenos vazamentos. A perda total de CO<sub>2</sub> do navio para a atmosfera é de uma taxa de 3 ou 4% por 1000 km, considerando também a exaustão do motor do navio, mas esse valor pode ser reduzindo utilizando técnicas de captura (IPCC 2005)[18].

Além da perda de CO<sub>2</sub> por emissões fugitivas (vazamentos e outras liberações involuntárias ou irregular), ainda há uma grande preocupação com o crescente aumento de CO<sub>2</sub> emitido por navios. A Figura 31 demonstra esse aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> devido ao *boom* do transporte marítimo.

## How much is emitted by ships?



**Figura 31 - Aumento das emissões de CO<sub>2</sub> pelo transporte marítimo**