

## UTILIZAÇÃO DE DUTOS PARA O TRANSPORTE DE CARGAS ENCAPSULADAS

**Aurélio Soares Lamare Murta**

PET/COPPE

UFRJ

### RESUMO

Com a saturação do sistema rodoviário e o tráfego crescente no transporte de cargas e passageiros, muitas das estradas brasileiras já se encontram permanentemente congestionadas. Pesquisas estão sendo desenvolvidas a fim de se aumentar a capacidade da infra-estrutura existente e ao mesmo tempo, tem-se dado importância ao estudo de novos sistemas de transporte. O modo de transporte dutoviário já é experimentado em vários países há muitos anos, e no que diz respeito a cargas líquidas ou pastosas, este meio sempre apresentou maior rendimento e segurança do que os demais concorrentes. Uma nova idéia seria a de usar cápsulas para transportar cargas sólidas por meio de dutos, impulsionadas por motores elétricos pneumáticos ou conjuntos motobombas elétricos. Neste contexto, o transporte por meio de dutos encapsulados contribuiria desobstruindo estradas e vias urbanas, que como já foi dito, permanecem congestionadas a maior parte do tempo.

### ABSTRACT

With the saturation of the road system and the growing traffic in the transport of loads and passengers, many of the Brazilian highways already meet permanently congested, what still worsens more the situation. Researches are being developed in order to increase the capacity of the existent infrastructure and at the same time, has been giving himself importance to the study of new transport systems. The pipeline transport way is already tried at several countries there are many years, and in what concerns loads liquid or pasty, this half always presented larger income and safety than the other contestants. A new idea would be the one of using capsules to transport solid loads through pipelines, impelled by pneumatic electric motors or groups electric machine. In this context, the transport through capsule pipeline would contribute unblocking highways and urban roads, that as it was already said, they stay congested most of the time.

### 1. INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário atual está chegando à saturação com o tráfego crescente no transporte de cargas e passageiros. Muitas das estradas brasileiras já se encontram permanentemente congestionadas, o que piora ainda mais a situação. Neste contexto, pesquisas estão sendo desenvolvidas a fim de se aumentar a capacidade da infra-estrutura existente e ao mesmo tempo, tem-se dado importância ao estudo de novos sistemas de transporte.

Hoje, com uma combinação de vários modos de transporte de passageiros, as pessoas conseguem se locomover com facilidade. Por outro lado, transporte de cargas é feito principalmente por longo trechos de rodovias, onde os caminhões predominam. O transporte por caminhão oferece mais flexibilidade, mas não necessariamente a um custo baixo, se comparado aos trens, por exemplo.

Um outro problema incide na mistura de transporte de cargas e transporte de passageiros na mesma via, o que tem apresentado problemas referentes à segurança destes passageiros que utilizam a mesma via para deslocamentos.

A utilização de dutos para o transporte de alguns tipos de cargas, antes transportadas por caminhões, tem mostrado eficiência e segurança nestes deslocamentos. Este modo de transporte já é experimentado em vários países há muitos anos, e no que diz respeito a cargas líquidas ou pastosas, este meio sempre apresentou maior rendimento e segurança do que os demais concorrentes.

Uma nova idéia seria a de usar cápsulas para transportar cargas sólidas por meio de dutos, impulsionadas por motores elétricos pneumáticos ou conjuntos motobombas elétricos. A idéia de se inserir a cápsula neste contexto pode ser explicada pelo fato de algumas cargas não poderem ser misturadas com o fluido transportador ou mesmo, não poderem estar em contato direto com as paredes da tubulação, devido ao desgaste provocado pelo atrito entre estas partes.

## 2. DEFINIÇÃO E VANTAGENS DO DUTO ENCAPSULADO

O duto encapsulado é uma nova tecnologia em dutos que pode transportar cargas como carvão e outros minerais, resíduos sólidos incluindo resíduos perigosos, grãos e outros produtos agrícolas, correspondências e encomendas, e muitos outros produtos.

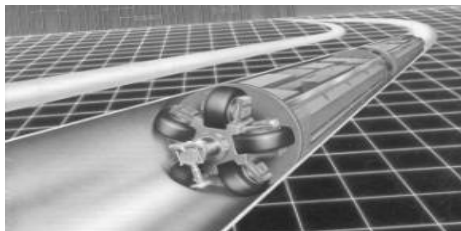
O duto é subterrâneo e ambientalmente amigável, seguro, confiável, energeticamente eficiente e resistente à intempéries, pois utiliza um duto subterrâneo para transporte da carga. Desta forma, não somente reduz o custo do frete, mas também o número de caminhões nas rodovias e ruas. Conseqüentemente será menor o número de congestionamentos nas rodovias e ruas, menores índices de acidentes causados por caminhões e trens de carga, e menor demanda para a infra-estrutura das rodovias e estradas, com conseqüente redução no custo de manutenção da mesma.

### 2.1. Tipos de Dutos encapsulados

Há três tipos gerais de dutos encapsulados: Pneumático Capsule Pipeline – PCP(duto encapsulado pneumático), Hydraulic Capsule Pipeline - HCP (duto encapsulado hidráulico), e Coal Log Pipeline – CLP(duto hidráulico de carvão).

- **Pneumatic Capsule Pipeline (PCP):** usa como veículo, cápsulas sobre rodas para levar a carga por meio de um duto cheio com ar. Este ar é usado para empurrar a cápsula dentro do duto.

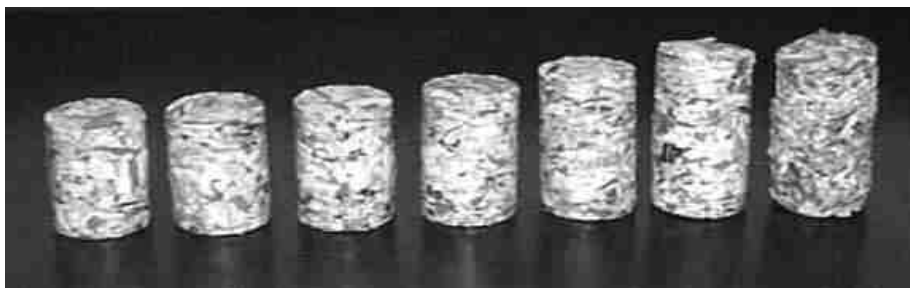
Para um PCP de 3 pés de diâmetro, cada cápsula pode levar 2 toneladas de carga, viajando a aproximadamente 25 mph sem necessidade de paradas. Elas se movem a aproximadamente a mesma velocidade média diária de um caminhão. Produtos de alto valor, como correspondências e encomendas, também podem ser transportados pelo PCP.



**Figura 1:** Duto encapsulado Pneumático – PCP

- **Hydraulic Capsule Pipeline(HCP):** usa cápsulas sem rodas para transportar cargas por meio de um duto cheio com água. A água é usada para flutuar e empurrar a cápsula dentro do duto.

HCP viaja de 6 a 10 pés por segundo dentro do duto, o qual o torna muito mais lento do que o PCP. No entanto, HCP pode transportar muito mais carga com o mesmo diâmetro. Ele também usa menos energia do que o PCP, o que o torna mais econômico. Conseqüentemente, o HCP é mais indicado para transportar materiais como grãos e outros produtos agrícolas, resíduos sólidos municipais e outros produtos de baixo valor.



**Figura 2:** Resíduos sólidos compactados

- **Coal Log Pipeline (CLP):** esta nova tecnologia é utilizada basicamente para o transporte de carvão usando dutos.

Trata-se de um tipo especial de HCP em que as cápsulas são na forma de um cilindro de carvão compactado, e que podem estar em contato direto com a água e o duto. No processo do CLP, o carvão da mina é compactado em cilindros com diâmetro de 5 a 10% menor do que o duto por meio do qual o carvão será transportado. Como usa água, a relação carvão/água no CLP, é de 3 a 4, dependendo do comprimento do duto. Por serem compactados em altíssimas pressões, os cilindros de carvão absorvem muito pouca água em seu trajeto e não se desmancham.

Por não precisar de receptáculo para o CLP, não há a necessidade de separar um duto para retornar cápsulas vazias, como é requer o HCP e PCP.

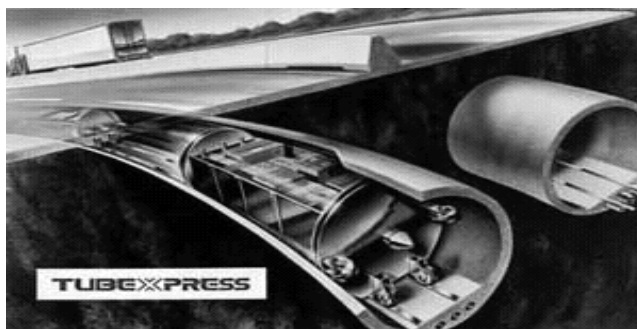
O CLP tem o melhor custo efetivo entre os tipos de dutos encapsulados, no entanto, seu uso é limitado a carvão, alguns outros minerais, e resíduos sólidos de materiais, os quais, como o carvão podem ser compactados, serem resistentes à água, e formar cilindros resistentes.



**Figura 3:** Carvão compactado e preparado para o transporte no CLP

## 2.2. Cruzamento com rodovias, ferrovias e rios

As tubulações cruzam rodovias, ferrovias e rios por meio de túneis subterrâneos, usando modernas tecnologias de perfuração direcional e micro-túneis. Recentes avanços da tecnologia de perfuração direcional permite a penetração de um duto, abaixo do subsolo, por mais de uma milha de distância ao longo do caminho. Isto permite que novos dutos sejam construídos cruzando rodovias, ferrovias e rios, sem perturbação(interrupção) para estas estradas e cursos d' água.



**Figura 4:** Segmento de duto subterrâneo ao longo da rodovia

## 2.3. Segurança dos Dutos Encapsulados

Segurança é a principal vantagem para o transporte subterrâneo de cargas. Como mostram as estatísticas abaixo, os dutos são, de longe, o meio de transporte de carga mais seguro.

Por instância, a cada ano nos Estados Unidos, enquanto morrem mais de 500 pessoas em acidentes ferroviários, em todos os tipos de dutos combinados morrem menos de 30 pessoas. No caso dos dutos encapsulados este número é bem menor, uma vez que este meio não transporta cargas inflamáveis ou explosivas.

Nos Estados Unidos, dutos de todos os tipos, transportam mais carga(líquidos, gases e sólidos) a cada ano, medidos em ton-milha, do que cargas transportadas por caminhões e trens juntos.



**Figura 5:** Comparação sobre a segurança dos Transportes

### 3. HISTÓRICO DO TRANSPORTE CARGAS POR DUTOS ENCAPSULADOS

O transporte de cargas encapsuladas por tubulações não é um conceito novo. Dutos de diâmetro pequenos impulsionados por bombas pneumáticas foram usados desde antes de Segunda Guerra Mundial para movimentar prioritariamente documentos. Após de Segunda Guerra Mundial, foram desenvolvidos dutos de grandes diâmetros para transportar pedra calcária e lixo no Japão e Rússia.

Os sistemas de dutos encapsulados para transporte de carga têm muitas características desejáveis. Dentre as quais:

- Os dutos são, em sua maioria, subterrâneos, o que acarreta impactos ambientais reduzidos.
- Estes sistemas podem ser completamente automatizados e não interferem com movimento de pessoas.
- Como o sistema é totalmente fechado, permite que sua operação ocorra sem interferências climáticas.

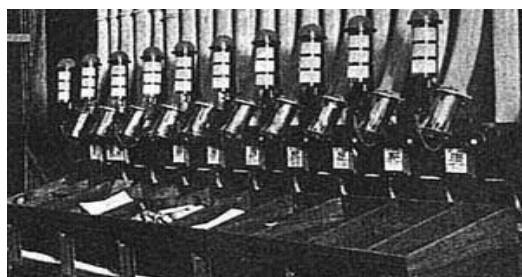
### 4. APLICAÇÕES HISTÓRICAS

Alguns dutos de pequeno diâmetro foram usados para transportar telegramas e mensagens de telégrafo na Europa Ocidental e Norte da América por volta de 1850.

Durante as décadas de 60 e 70, dutos de grande diâmetro foram desenvolvidos utilizando a tecnologia dos sistemas pneumáticos proporcionando maiores velocidades e maior produtividade para o transporte de cargas.

A chegada do telégrafo aumentou enormemente a comunicação a distância entre cidades, fazendo com que as mensagens fossem transportadas eletronicamente em grandes velocidades. Porém, as mensagens transcritas ainda tinham que ser movidas fisicamente no interior das cidades e entre estas e outras. Deste modo dutos encapsulados pneumáticos de pequeno diâmetro serviram bem a esta tarefa.

Iniciando-se na Inglaterra, a primeira implementação prática da tecnologia de PCP estava entre os escritórios Centrais da Companhia de Telégrafo e seus escritórios à Bolsa de valores na Cidade de Londres, em 1853. A figura a seguir mostra a configuração deste primeiro PCP.

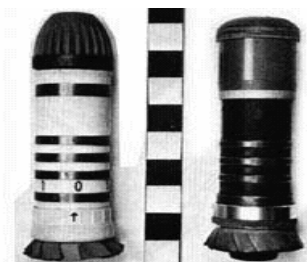


**Figura 6:** Primeiro duto encapsulado pneumático

Mais tarde o sistema veio a interligar outros pontos, inclusive para fora da cidade de Londres. No seu auge, a rede de Londres fazia uso de 57 milhas de dutos. O sistema era, atraentemente usado, porque permitia manipulação de mensagens mais rapidamente do que se fossem telegrafadas de escritórios locais para matriz e também porque não havia erros de tradução.

A operação dos dutos encapsulados consistia na colocação das mensagens em cápsulas, cada cápsula comportava cerca de 20 a 30 mensagens. Estas cápsulas consistiam de um cilindro de aço, coberto com mangas de feltro que agiam como saias(espaçadores) dentro do tubo. Um bloco de feltro grosso era posicionado na frente da cápsula para agir como um pára-choque na sua chegada.

No entanto, tais sistemas não eram comuns somente em cidades britânicas. Em 1865 foram construídos dois tubos para a troca de mensagens entre estações de Telégrafo Centrais em Berlim. No seu auge, Berlim possuiu 27 linhas de tubos totalizando 254 km conectando Agências Postais.



**Figura 7:** Cápsulas para o transporte de encomendas

Acima podem ser observadas duas das cápsulas utilizadas em Paris no seu sistema de tubulações pneumáticas, sendo o mais moderno o da esquerda.

Paris chegou a ter mais de 200 milhas de tubos pneumáticos, conhecidas como Pneumatique, ou colloquially interligando escritórios de telégrafos. O sistema foi aberto a uso público em 1879 como um sistema postal rápido e alternativo.

No início do século 20, os PCPs parecem ter se tornado uma das formas mais populares de tecnologia para transferência dinheiro no interior de lojas, e para menores utilizações em hotéis e outras tipos de negócio.

A maioria dos principais supermercados de Reino Unido, edifícios comerciais e bancos com filiais, por exemplo, usam tais sistemas para a movimentação de valores.

A seguir observa-se a utilização do PCP para a transferência de papéis e valores entre escritórios.



**Figura 8:** PCP utilizado comercialmente

A utilização deste sistema de transporte pode ser vista freqüentemente onde artigos físicos de pequeno porte precisam ser transferidos regularmente entre certos locais fixos. Como exemplo cita-se a necessidade de se transportar amostras médicas no interior de hospitais; amostras industriais para serem testadas em outros locais da indústria; movimento de pequenas peças de reposição para aeronaves dentro de um aeroporto; vários documentos dentro de escritórios; e dinheiro.

## **5. EFICIÊNCIA ECONÔMICA**

Certos custos econômicos geralmente não são considerados no custo monetário. Por exemplo, a poluição (atmosférica, visual, barulho, etc) causada nas estradas pelos veículos de transporte raramente é paga completamente pelo usuário de estrada.

Muitos governos estão avançando lentamente no sentido de assumir maiores responsabilidades sobre estes custos externos.

Pode-se relacionar estes custos externos, aos altos preços pagos pelos usuários pelos modos de transporte mais utilizados; que talvez não seria praticado em novas tecnologias como a aqui apresentada.

A exemplo disto pode-se ver que, nesta tecnologia, a poluição sonora é mínima, a poluição atmosférica só existe em locais onde a energia é gerada e podem ser cortadas: intrusão visual e níveis de vibração visto que em sua grande maioria, os dutos encapsulados são subterrâneos ou embutidos na estrutura dos edifícios.

## **6. UTILIZAÇÕES NO BRASIL**

No Brasil, já se observa modestamente alguma utilização pontual da tecnologia de dutos encapsulados em alguns prédios públicos, rodovias pedagiadas e hospitais para efetuar o transporte de papéis e valores entre os diversos andares.

No entanto, aplicações úteis poderiam ser estudadas para o transporte de soja dos diversos centros produtores até os portos de escoamento da produção ou até os terminais ferroviários, evitando-se deste modo os intermináveis congestionamentos de rodovias na época da colheita. Modernos estudos realizados no *CAPSULE PIPELINE RESEARCH CENTER*, da Universidade de *Missouri-Columbia* nos EUA, demonstram que capacidade de transporte de cada cápsula pneumática pode chegar a 2 toneladas de carga.

Outra aplicação interessante pode ser observada em outros países para o transporte de valores entre bancos ou entre centros comerciais que necessitam movimentar expressivas quantidades de valores. No Brasil, devido à insegurança e os altos índices de assaltos a veículos de transporte de valores, conhecidos como carros-fortes, e às perdas de vidas dos funcionários utilizados nesta atividade; as dutovias encapsuladas poderiam atenuar este problema, uma vez que não utiliza funcionários no decorrer do trajeto, a tubulação estará escondida por ser subterrânea e pelo fato de a tubulação ser totalmente monitorada na totalidade de sua linha de tubos. Deste modo, qualquer interferência ou tentativa de violação da tubulação será imediatamente detectada pelo sistema operacional deste modal.

Entre cidades que possuem intensa troca de encomendas como é o caso de Rio de Janeiro – São Paulo – Belo Horizonte, o transporte destas encomendas poderia ser realizado por meio de tubulações em substituição aos caminhões ou aviões, uma vez que a agilidade seria observada pelo fato de que as cápsulas possuem menor tamanho, o que facilita o agrupamento de menores lotes de encomendas suficientes para encher a cápsula, ao contrário do caminhão

ou avião, onde os lotes necessários para se atingir a carga total do veículo são muito grandes e demoram a serem agrupados fazendo com que o veículo fique esperando por várias horas. Em parques industriais ou Campus de Universidades onde identificam uma intensa troca de documentos, as tubulações encapsuladas seriam de grande utilidade para o transporte destes. Um exemplo desta necessidade pode ser visto na Universidade Federal do Rio de Janeiro em seu campus na Ilha do Fundão, onde a entrega das diversas encomendas e papéis é realizado ineficientemente por funcionários utilizando-se de veículos motorizados. O problema incide na questão de que estes veículos estão sendo ineficientes sob o ponto de vista de “eficiência energética” e que encomendas urgentes têm que esperar até que sejam formados lotes maiores para que o veículo possa ser liberado para as entregas.

## **8. CONCLUSÃO**

Do exposto, observa-se a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias para o transporte de cargas que possibilitem a diminuição do número de veículos nas ruas e estradas, que por sua vez já se encontram permanentemente congestionadas. Também, são necessárias tecnologias que diminuam a dependência do Brasil e do mundo dos derivados do petróleo; e ainda tecnologias que sejam menos intrusivas ao meio ambiente e que possuam operações mais seguras, sob o ponto de vista dos acidentes que envolvem pedestres e veículos.

A tecnologia de dutos encapsulados, aqui apresentada, consegue atender a varias destas necessidades da sociedade atual, e ainda com custos reduzidos. Pois consegue operar sem a interferência dos outros modos de transporte existentes, com rapidez e segurança para a população inserida em seu contexto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Capsule Pipelines History, (2004). Disponível: <http://www.capsu.org>
- Capsule Pipeline Research Center (CPRC), College of Engineering, University of Missouri-Columbia, (2003). Disponível: <http://www.missouri.edu/~cprc/>
- International Freight Pipeline Society, (2003). Disponível: <http://www.freightpipeline.org/news.htm>
- Murta, A.L.S, (2003) *Subsídios para o Desenvolvimento de Estudos de Impactos Ambientais para o Transporte Dutoviário*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia – IME.
- Zhao et al, (2002) *Characteristics of a Freight Pipeline Transportation System*, Department of Aerospace Engineering and Mechanics, University of Minnesota, Minneapolis, MN.



