

## 4 O SISTEMA DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO INTERIOR

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao falar em um sistema de transporte, podem ser levadas em conta algumas considerações iniciais. A começar com a definição de “sistema”, que segundo GOMES *et alli* (2002) é o “conjunto de elementos (partes ou subsistemas) que interagem, trocando informações e controles, que se destina a uma finalidade específica”. Com relação ao sentido lato de “sistema”, os autores dividem um sistema em cinco elementos que são assim definidos:

- a) ***meio ambiente*** – variáveis independentes, que estão fora do controle do sistema, condiciona seu funcionamento e é constituído por fatores externos e outros sistemas;
- b) ***Entradas ou insumos (recursos)*** – variáveis dependentes. São informações, capital, recursos, inputs, mão-de-obra, energia, matéria-prima etc.;
- c) ***Saídas (resultados ou produtos)*** – variáveis resultantes, output. Buscam atender ao propósito; são constituídas de respostas desejadas (que devem ser maximizadas) e por respostas indesejadas que devem ser minimizadas;
- d) ***Processos, subsistemas e modelos, que são o que agrega valor*** – processos são núcleo do sistema, pois transformam entrada em saída. Estão sob controle do sistema; e têm o estado final que é determinado pelo estado inicial;
- e) ***Controle e realimentação – feedback***. Permitem melhorar o rendimento e quantificar os resultados, bem como manter-se informado sobre o desempenho.

Classicamente, autores como MORLOK (1978) e KHISTY (1990), ainda numa visão tecnicista, quando adaptam esses elementos apresentados para um sistema de transporte mencionam e preocupam-se tão somente com “entradas” principalmente naquilo que tange a “recursos” salientando como principais elementos as vias, os veículos e os terminais. E com isso, praticamente, esquece-se os demais elementos. Esta tese tem a incumbência de também de salientar os outros elementos e a sua interação com o meio ambiente (no sentido lato (e também restrito, por ser includente)) para um sistema de transporte, e em particular o transporte hidroviário.

Dessa maneira, esses elementos supracitados podem ser assim compreendidos para um sistema de transporte hidroviário:

**a) Meio Ambiente**

Este elemento compreende tudo aquilo que é externo e está na interface com o sistema de transporte e isto pode ser representado pelos ecossistemas, pelas populações, vegetação, características regionais, geografia, clima, atividades econômicas (agropecuária, indústrias, pesca, extração mineral, etc.), outros modais de transportes etc.

**b) Entradas**

Este elemento compreende os recursos que são transformados para que haja o serviço “transporte” e são representados pelas cargas a serem transportadas (*commodities*), a energia para funcionar o sistema como um todo, a mão-de-obra necessária para o funcionamento eficiente do sistema, o capital investido, recursos financeiros, as vias navegáveis, os veículos e os terminais de cargas.

**c) Saídas**

Este elemento é representado pelo resultado do sistema, ou seja, o serviço de transporte, a entrega da carga no destino com economicidade, segurança, eficácia, qualidade e com agregação de valores.

**d) Processos**

Os processos aqui são representados pelo deslocamento, a transferência da carga, a realização física do transporte.

**e) Controle**

Neste elemento está tudo aquilo que serve para controlar, melhorar, quantificar, relatar os rendimentos dos outros elementos do sistema. Os integrantes desse elemento são a radiofonia, telefonia, cartas náuticas, GPS, internet, etc.

Tomando como base que todo sistema tem uma finalidade específica, segundo PORTOBRÁS (1989) apud SANTANA (2002) traz que, no plano internacional, a navegação interior, que compreende a navegação fluvial e lacustre, se desenvolve obedecendo basicamente a duas linhas mestras:

- Atendimento a uma necessidade específica de transporte
- Integração a um sistema maior de planejamento

O primeiro caso é verificado em grande parte da rede navegável européia, principalmente em regiões nos países com acesso aos mares do Norte, Negro e Mediterrâneo (Holanda, Bélgica, Alemanha e França) Aproveitando o terreno plano e a elevada densidade demográfica, naturalmente surgiram as hidrovias e as ligações de bacias por meio de canais artificiais,

constituindo a navegação, nos anos mais recentes, a maneira mais segura e barata de intercâmbio das mercadorias de grande peso específico e volumes elevados.

O segundo caso pode ser exemplificado pelo vale do Tennessee, nos Estados Unidos, onde todo o sistema foi alvo de um planejamento integrado, no qual o transporte foi considerado como elemento fundamental para o desenvolvimento da região. Como muitos outros programas desenvolvidos no período da recessão americana, o projeto Tennessee teve o objetivo de prover infra-estrutura adequada para o desenvolvimento das áreas carentes, além de ser uma forma de gerar empregos na quantidade desejada. No Tennessee, dentro de um planejamento de longo prazo, foram sendo construídas as obras básicas da hidrovia juntamente com as de geração de energia elétrica, ao mesmo tempo em que era posta em prática uma maior parte da carga do sistema hidroviário.

Confrontando a realidade brasileira, principalmente com os sistemas de navegação interior americano e europeu, verifica-se que o atendimento a uma necessidade específica de transporte ocorre em regiões nas quais a hidrovia é praticamente o único modo viável de transporte, seja por suas características econômicas ou físicas. Como exemplo, pode ser citado o transporte fluvial na Amazônia.

A viabilização da navegação fluvial integrada a um sistema maior de planejamento e desenvolvimento regional é essencial para a maturação das hidrovias brasileiras, como é o caso, entre outros rios, do Araguaia, Tocantins, São Francisco, Madeira, Paraná, Paraguai, etc.

## 4.2 CONCEITO DE NAVEGABILIDADE

Segundo ALMEIDA & BRIGHETTI (1980), o conceito de “rio navegável” só tem sentido exato quando definido o tipo e dimensões da embarcação que deve trafegar. Adotando um conceito de navegabilidade intimamente ligado ao aspecto econômico do transporte, tendo-se, porém, em conta que a economicidade da navegação pode variar dentro de grandes limites em função da região considerada. Assim, por exemplo, em uma certa região desprovida de outros meios de transporte pode ser econômico utilizar embarcações com uma certa capacidade de carga (em parte ou todo o ano), enquanto que em outras, com meios de transporte

concorrentes, só será econômico utilizar embarcações com maior capacidade de carga. Então se pode aqui definir dois conceitos básicos:

- Rio navegável – é aquele que permite o tráfego de embarcações;
- Rio comercialmente navegável – é aquele que permite o tráfego de embarcações com economicidade.

O conceito de navegabilidade é, portanto, relativo e deve ser sempre encarado com as devidas reservas.

Normalmente, porém os rios oferecem “embarços” à navegação franca sendo que, mesmo nos grandes rios do mundo, em certos trechos há dificuldades de tráfego.

Os embarços que os cursos d’água naturais apresentam podem ser classificados em:

- Deficiências de profundidade, devido a existência de obstáculos rochosos ou resistentes no leito do rio, alargamentos muito pronunciados, corredeiras etc. As deficiências de profundidade podem também decorrer da redução da vazão nas épocas de estiagem;
- Deficiências em “planta”, largura inferior ao mínimo necessário à passagem segura das embarcações e curvas muito pronunciadas que impeçam a evolução normal das mesmas;
- Outras deficiências, entre as quais a velocidade elevada ou direção inconveniente da corrente líquida, canais divagantes que dificultem a fixação do canal de navegação, “más passagens” no desenvolvimento da rota de navegação (passagem brusca do talvegue do rio de uma margem para a outra) etc.

Navegação com estas deficiências correspondem, segundo CORTEZ (1982), à primeira de duas fases distintas no desenvolvimento da história da navegação interior, ou seja, esta fase é aquela realizada em cursos d’águas em estado primitivo, com os riscos e limitações inerentes. Uma segunda fase seria aquela em que a navegação é moderna, com terminais devidamente equipados, embarcações-tipo e hidrovias preparadas pelo homem, que oferecem tráfego seguro e constante.

### 4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS NAVEGÁVEIS

As vias navegáveis podem ser classificadas segundo alguns aspectos, bem como pela artificialidade da via, quanto pelas dimensões e a capacidade de carga das embarcações.

#### 4.3.1 Quanto à artificialidade da via

Segundo BRIGHETTI (2001a), as vias navegáveis quanto à artificialidade da via podem ser classificadas em duas classes:

- Vias navegáveis naturais – são aquelas que podem garantir profundidades adequadas a navegação mesmo durante a estiagem;
- Vias navegáveis artificiais – são aquelas que para alcançar a situação de navegabilidade, requerem obras de melhoramentos. Essas podem ser melhoramentos gerais, regularização do leito, obras de estabilização e proteção das margens, dragagens e canalização. (Ver Tabela 6.5)

#### 4.3.2 Quanto às dimensões e a capacidade de carga das embarcações

As vias navegáveis ou hidrovias são associadas em classes distintas, que levam em consideração a capacidade das vias em permitir tráfego em função das dimensões (boca, calado, comprimento e tirante de ar) e da capacidade de carga das embarcações. Esta classificação é variável em várias partes do mundo, basicamente variam por tipos de embarcações ou por particularidades de cada órgão classificador.

Na Europa, os países padronizaram a classificação das hidrovias por meio da *Commission Européenne des Ministres des Transport* (CEMT) ou ECMT (da sigla em inglês). A Tabela 4.1 mostra essa classificação para os comboios de empurra. Como exemplo internacional de classificação de hidrovias pode-se citar a da associação *Permanent International Association of Navigation Congresses* (PIANC) que tem uma classificação semelhante a da CEMT, somente sendo diferente em alguns pontos, conforme mostra a Tabela 4.2.

Nos Estados Unidos, a classificação é de responsabilidade de *U.S Army Corps of Engineers* e segue as recomendações do PIANC.

No Brasil, segundo SANTANA (2002), a extinta PORTOBRÁS com o trabalho *Rede Hidroviária Brasileira* em 1988 estudou e classificou as principais vias navegáveis de todas as bacias hidrográficas brasileiras, que deu base para o Plano Nacional das Vias Navegáveis Interiores – PNVNI de 1989. Esse trabalho não traz a palavra “classes” e sim a palavra “gabaritos” das hidrovias e tem uma classificação inversa a dos europeus, ou seja, quanto maior é o número do gabarito, menor é a capacidade da via, conforme está representado na Tabela 4.3. A definição dos gabaritos de navegação teve por objetivo estabelecer requisitos para as futuras obras, tanto para a melhoria das condições de navegabilidade, quanto para as obras de outros usos das águas ou que tenham interferência na via, garantindo-se padrões que permitam navegação de comboios compatíveis com os fluxos de carga.

Tabela 4.1 – Classificação das hidrovias europeias segundo a CEMT (EMCT)

Classe	Características Gerais dos Comboios					Tirante de ar H (m)
	Arranjo Chatas	L(m)	B(m)	d(m)	T(t)	
I	-	-	-	-	-	4,0
II	-	-	-	-	-	4,0-5,0
III	-	118-132	8,2-9,0	1,6-2,0	1.000-1.200	4,0-5,0
IV	1x1	85	9,5	2,50-2,80	1.250-1.450	5,25 ou 7,0
V a	1x1	95-110	11,4	2,50-4,50	1.600-3.000	5,25 ou 7,0 ou 9,10
V b	2x1	172-185	11,4	2,50-4,50	3.200-6.000	
VI a	1x2	95-110	22,8	2,50-4,50	3.200-6000	7,0 ou 9,10
VI b	2x2	185-195	22,8	2,50-4,50	6.400-12000	7,0 ou 9,10
VI c	3x2	270-280	22,8	2,50-4,50	9.600-18.000	9,10
	2x3	195-200	33-34,2	2,50-4,50	9.600-18.000	9,10
VII	3x3	285	33-34,2	2,50-4,50	14.500-27.000	9,10

Fonte: EMCT (2003) L= largura, B = Boca, d= calado, T = capacidade de carga, H= tirante de ar = altura mínima de baixo das pontes

Tabela 4.2 – Classificação das hidrovias segundo a PIANC

Classe	Características Gerais dos Comboios					Tirante de ar H (m)
	Arranjo Chatas	L(m)	B(m)	d(m)	T(t)	
I	-	-	-	-	-	4,0
II	-	-	-	-	-	4,5
III	-	-	-	-	-	5,0
IV	1x1	85	9,50	2,50	1.240	5,25
V a	1x1	95-105	11,40	2,80	1.850	7,0
V b	2x1	172-185	11,40	2,80	3.700	
VI a	2x2	185-195	22,80	4,50	8.000-12.000	9,10
VI b	3x2 2x3	270 195	22,80 34,20	4,50 4,50	12.000-18000 12.000-18.000	

Fonte: PIANC apud CEMT (2003)

L= largura, B = Boca, d= calado, T = capacidade de carga, H= tirante de ar = altura mínima debaixo das pontes

Tabela 4.3 – Gabaritos das Hidrovias Brasileiras

Gabarito	Características	Tirante de ar (m)	Vão Livre (m)	Profundidade (m)		D (m)
				75%tempo	25%tempo	
I	“Especial” para rios onde a navegação marítima tenha acesso	Em função da maior altura do mastro da embarcação marítima	Em função da embarcação marítima	-	-	-
II	Para rios de grande potencial de navegação - comboio-tipo com 32 m de boca	15	1 vão de 128 m ou 4*B 2 vãos de 70 m ou 2,2 *B	>2,50	2,0-1,50	4,50
III	Para rios de potencial médio de transporte – comboio-tipo de 16 m de boca	10	1 vão de 64 m ou 4*B 2 vãos de 36 m ou 2,2*B	>2,00	1,50-1,20	3,50
IV	Rios de menor potencial – embarcações de 11 m de boca	7	1 vão de 44 m ou 4*B 2 vãos de 25m ou 2,2*B	>1,50	1,20-0,80	2,50
V	“reduzido” – rios interrompidos, ou onde a navegação tenha possibilidade remota	-	-	-	-	-

Fonte: PORTOBRÁS (1988)/ PNVNI(1989)

D= calado

Tais gabaritos tornaram-se inadequados com as experiências de navegação e a necessidade de obras hidroviárias. Mesmo a elaboração da norma da NBR 13246 – Planejamento Portuário – Aspectos Náuticos da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas publicada em fevereiro de 1995 mostrou falhas no momento da normalização por debruçar apenas sobre aspectos portuários, que são semelhantes aos hidroviários interiores, porém diferentes, segundo as Notas Técnicas 002/2002 e 004/2002 do então Departamento de Hidrovias Interiores – DHI que trazem as normas para a execução de projetos de pontes rodoviárias sobre o rio Madeira e versa sobre largura de canal de navegação.

Tais Notas Técnicas exemplificam que as considerações da referida norma da ABNT não são realísticas para a navegação interior, tal como a velocidade das embarcações, que são diferentes. Nos canais de acesso portuário a velocidade das embarcações é reduzida e



diferente daquela desenvolvida nos canais hidroviários interiores, que é a velocidade de cruzeiro.

Com isso, as referidas Notas Técnicas trazem a importância da aplicação da metodologia de gabarito apresentada pela norma “Approach Chanells – Preliminary Guidelines” elaborada pelo PIANC e pela International Association of Ports and Harbours -IAPH, com colaboração da International Maritime Pilots Association IMPA e da International Association of Lighthouse Authorities – IALA, publicada em abril de 1995. Ou seja, a norma do PIANC, além da contribuição das autoridades portuárias (IAPH), teve a colaboração de aquaviários (IMPA) e de sinalizadores náuticos (IALA).

Segundo essas normas do PIANC, a largura de um canal de navegação de duas mãos é dada pela fórmula:

$$W = 2W_{bm} + 2\Sigma W_f + W_{br} + W_{bg} + W_p \text{ onde,}$$

$W$  = largura do canal de navegação no fundo do rio

$W_{bm}$  = representa a manobrabilidade da embarcação, adotada como pobre e igual a **1,8 B**;

$W_{br}$  = (“**bank clearance – red**”) – folga lateral, do lado vermelho do canal, aqui adotada como para velocidade moderada, estrutura e canal interior. Igual a **1,0 B**;

$W_{bg}$  = (“**bank clearance – green**”) – folga lateral, do lado verde do canal, aqui adotada como para velocidade moderada, estrutura e canal interior. Igual a **1,0 B**;

$W_p$  = (“**passing distance**”) – distância adicional para tráfego em duas mãos, aqui adotada para velocidade moderada da embarcação, moderada densidade de tráfego (condição ainda não existente) e canal interior. Igual a **1,6 B**;

$W_f$  = larguras adicionais de canais, em função dos seguintes fatores, aqui adotados para canal interior:

- a) moderada velocidade de embarcação – **0,0 B**;
- b) moderados ventos de través, para moderadas velocidades de embarcação – **0,4 B**;
- c) desprezível corrente fluvial de través – **0,0 B**;
- d) corrente longitudinal fluvial moderada, para moderada velocidade de embarcação – **0,1 B**;
- e) ondas curtas – **0,0 B**;

f) auxílio à navegação classificado como médio, para visibilidade infreqüentemente pobre – **0,2 B**;

g) material do fundo, considerando que as profundidades são maiores do que 1,5 (um e meio) vezes o calado da embarcação-tipo – **0,0 B**;

h) profundidade do canal, considerando que as profundidades são maiores do que 1,5 (um e meio) vezes o calado da embarcação-tipo – **0,0 B**;

i) alto risco das cargas que são transportadas na hidrovia, considerando, principalmente, a existência de transportes de gás liquefeito de petróleo – GLP – **0,8 B**.

Aplicando a fórmula acima para mãos duplas, tem-se: **W = 10,2 B**

E para mãos singelas, segundo a norma do PIANC tem-se:

$$W = W_{bm} + \Sigma W_f + W_{br} + W_{bg} \text{ onde:}$$

$W$  = largura do canal de navegação no fundo do rio

$W_{bm}$  = representa a manobrabilidade da embarcação, adotada como pobre e igual a **1,8 B**;

$W_{br}$  = (“**bank clearance – red**”) – folga lateral, do lado vermelho do canal, aqui adotada como para velocidade moderada, estrutura e canal interior. Igual a **1,0 B**;

$W_{bg}$  = (“**bank clearance – green**”) – folga lateral, do lado verde do canal, aqui adotada como para velocidade moderada, estrutura e canal interior. Igual a **1,0 B**;

$W_f$  = larguras adicionais de canais, em função dos seguintes fatores, aqui adotados para canal interior:

a) moderada velocidade de embarcação – **0,0 B**;

b) moderados ventos de través, para moderadas velocidades de embarcação – **0,4 B**;

c) desprezível corrente fluvial de través – **0,0 B**;

d) corrente longitudinal fluvial moderada, para moderada velocidade de embarcação – **0,1 B**;

e) ondas curtas – **0,0 B**;

f) auxílio à navegação classificado como médio, para visibilidade infreqüentemente pobre – **0,2 B**;

g) material do fundo, considerando que as profundidades são maiores do que 1,5 (um e meio) vezes o calado da embarcação-tipo – **0,0 B**;

h) profundidade do canal, considerando que as profundidades são maiores do que 1,5 (um e meio) vezes o calado da embarcação-tipo – **0,0 B**;

i) alto risco das cargas que são transportadas na hidrovia, con-siderando, principalmente, a existência de transportes de gás liquefeito de petróleo – GLP – **0,8 B**.

Então para mãos singelas, tem-se: **W = 5,2 B**

#### 4.4 REDE HIDROVIÁRIA BRASILEIRA

Na década de 80 e 90 do século XX, oficialmente Brasil possuía cerca de 40.000 km de hidrovias fisicamente aproveitáveis para a navegação, potencial equivalente ao norte-americano, e bastante superior ao europeu, somente sendo inferior ao somatório dos países pertencentes da antiga União Soviética, quando esta ainda se encontrava unificada, conforme relatado por SANTANA (2002). A Tabela 4.4 mostra estas extensões hidroviárias.

Tabela 4.4 – Transporte Hidroviário Interior no Mundo – Extensões Navegáveis

<b>Região</b>	<b>Extensão (km)</b>	<b>(%)</b>
<b>Mundo</b>	190.000	100
<b>EUA</b>	40.000	21
<b>Ex-URSS</b>	45.000	24
<b>EUROPA</b>	26.500	14
<b>BRASIL</b>	40.000	21
<b>OUTROS</b>	38.500	20

Fonte: Anuário Estatístico dos Transportes (1990) apud Santana (2002)

E naquela época citada, os dados oficiais eram baseados na classificação do Plano Nacional de Viação (PNV) aprovado pela Lei 5.917/73 onde a extensão hidroviária brasileira foi avaliada em 39.904 km. Depois foram sendo acrescidas por novas medições, conforme previa a referida lei, onde a cada cinco anos deveria ser atualizada e modificada a extensão hidroviária. Porém só e somente em 1979 pela Lei 6.630 atualizou tais medições da extensão

hidroviária brasileira, porém a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT - (hoje em liquidação) nas décadas de 1980 e 1990 avaliava a extensão hidroviária por ordem de grandeza, conforme a Tabela 4.5

Tabela 4.5 – Bacias Hidrográficas Brasileiras e as Extensões Hidroviárias

<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Extensão Navegável (km)</b>
<b>Amazônica</b>	20.000
<b>Tocantins/Araguaia</b>	3.000
<b>Nordeste</b>	3.500
<b>São Francisco</b>	3.000
<b>Leste</b>	2.000
<b>Paraná</b>	4.500
<b>Paraguai</b>	2.500
<b>Uruguai</b>	500
<b>Sudeste</b>	1.000
<b>Total</b>	40.000

Fonte: GEIPOT (1990)

Hoje esta classificação pode ser demonstrada e detalhada conforme a Tabela 4.6, onde se percebe que o total de extensão da malha hidroviária brasileira é maior do que 40.000 km.

Tabela 4.6 – Rede Hidroviária Brasileira - Detalhada

Bacia	Estados	Extensão Aproximada (km)			Rios
		Navegáveis	Potenciais	Total	
Amazônica	AM, PA, AC, RR, AP	18.300	723,5	19.023,5	Amazonas, Solimões, Negro, Branco, Madeira, Purus, Juruá, Tapajós, Teles Pires, Guaporé.
Nordeste	MA, PI	1.740	2.975	4.715	Meariam, Pindaré, Itapecuru, Paranaíba, Balsas.
Tocantins/Araguaia	TO, MA, GO	2.200	1.300	3.500	Tocantins, Araguaia, das Mortes
São Francisco	MG, BA, PE, SE	1.400	2.700	4.100	São Francisco, Grande, Corrente.
Leste	MG, ES, RJ	-	1.094	1.094	Doce, Paraíba do Sul, Jequetinhonha.
Paraná	SP, PR, SC	1.900	2.900	4.800	Paraná, Tietê, Paranaíba, Grande, Ivaí, Ivinhema,
Paraguai	MT, MS, PR	1.280	1.815	3.095	Paraguai, Cuiabá, Miranda, São Lourenço, Taquariejauro.
Sudeste	RS	600	700	1.300	Jacuí, Taquari, Lagoa dos Patos, Lagoa Mirim.
Uruguai	RS, SC	-	1.200	1.200	Uruguai, Ibicuí
<b>Total</b>		<b>27.420</b>	<b>15.407,5</b>	<b>42.827,5</b>	

Fonte: Ministério dos Transportes (2005)

Pode haver desencontro de informações sobre a extensão hidroviária brasileira entre vários órgãos governamentais, porém, isso se dá por considerações diversas sobre períodos de navegação, sazonalidade das águas, estirões navegáveis, porém não se pode negar que a extensão navegável brasileira é de significativa dimensão, em termos mundiais.