



## 23º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e *Offshore*

Rio de Janeiro, 25 a 29 de Outubro de 2010

### Alternativas de Projeto para Terminais Hidroviários da Região Amazônica

Édison de Oliveira Vianna Júnior – Ministério dos Transportes

Luciano Moreira de Sousa Filho – Ministério dos Transportes

Evailton Arantes de Oliveira – Ministério dos Transportes

#### Resumo:

A preservação da floresta é imperativa e tem sido motivo de esforços do governo brasileiro. Dentre estes, destaca-se a construção de 94 portos na região amazônica, diminuindo a demanda pela abertura de rodovias, levando às populações ribeirinhas transporte confortável e seguro e garantindo o abastecimento e o escoamento de produtos da floresta, além da integração com demais países da região. Neste trabalho, é realizada uma análise dos dois principais tipos de projeto de portos fluviais para essa região, que estão sendo implantados no contexto dos marcos regulatórios modernos e que contam com estados, municípios e o apoio da iniciativa privada, para a expansão da oferta dos serviços de navegação interior na região. Tal marco regulatório está vigente desde a promulgação da Lei 11.518/2007 que criou as Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte (IP4) e as Estações de Transbordo de Cargas (ETC), utilizadas para navegação interior de caráter público e privado, respectivamente.

#### 1 – Introdução

A floresta amazônica possui aproximadamente 5,5 milhões de km<sup>2</sup>, com 60% dessa área no Brasil, e os 40% restantes distribuídos entre a Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. A área dessa floresta no território brasileiro é denominada Amazônia Legal e abrange os estados do Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Maranhão (sua parte oeste), Pará, Rondônia, Roraima, Acre e Tocantins. Cerca de 20 milhões de habitantes vivem na Amazônia Legal.

O presente artigo técnico trata de tema de grande relevância para a região amazônica, em função da necessidade de infraestrutura que ofereça melhores condições para o transporte hidroviário, pois dele dependem seus habitantes e o desenvolvimento regional. É analisado o marco institucional e como se propõe melhorar as condições atuais e a oferta dos serviços. A navegação interior representa cerca de 30 milhões de toneladas no Brasil, sendo que 90% na região amazônica. São abordados aqui os aspectos tecnológicos dos portos como ponto central.

Os projetos dos portos fluviais amazônicos, além da necessidade de incorporar solução para operação em locais com elevada variação de nível d'água, entre os períodos de

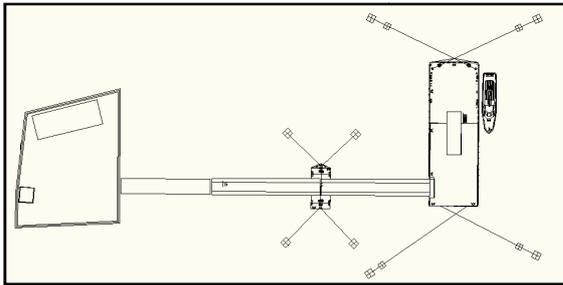
cheia e vazante, devem também produzir o mínimo impacto ambiental. Nesse aspecto, por acompanharem a variação do nível d'água e não oferecerem obstáculos à descarga fluvial, o que poderia resultar em assoreamento ou outras transformações no relevo da margem e do leito do rio, o cais flutuante tem apresentado grande vantagem, em relação aos demais projetos portuários fluviais, na Amazônia. Historicamente, o porto de Manaus foi construído com essa técnica no início do século XX, e a Portobras construiu outros cinco nos anos oitenta, que estão sendo reformados agora.

#### 1.1 – O Acesso ao Cais Flutuante

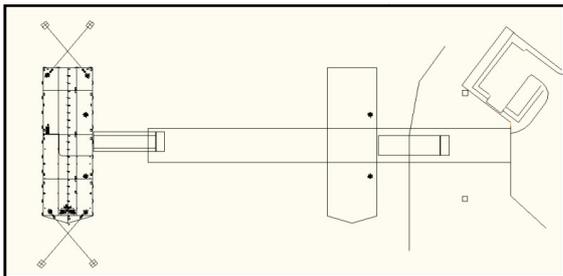
As duas principais soluções de projeto para a estrutura de acesso ao cais flutuante de um terminal hidroviário, que lhe proporcione operacionalidade contínua, em locais com elevada variação de nível d'água, considerando diferentes premissas de características físicas do local de implantação, foram selecionadas por meio de pesquisa de casos reais de projetos de terminais hidroviários da região amazônica.

A primeira solução de projeto é ilustrada na Figura 1, que foi adotada nos terminais hidroviários dos municípios de Novo Airão e Coari, no estado do Amazonas. Essa alternativa de projeto apresenta uma ponte de acesso com

dois ou mais vãos, que podem chegar até 45 metros de comprimento cada, sendo o primeiro fixo e os demais, móveis.



**Figura 1** – Primeira solução de projeto: arranjo geral do terminal hidroviário de Novo Airão



**Figura 2** – Segunda solução de projeto: arranjo geral do terminal hidroviário do município de Benjamin Constant

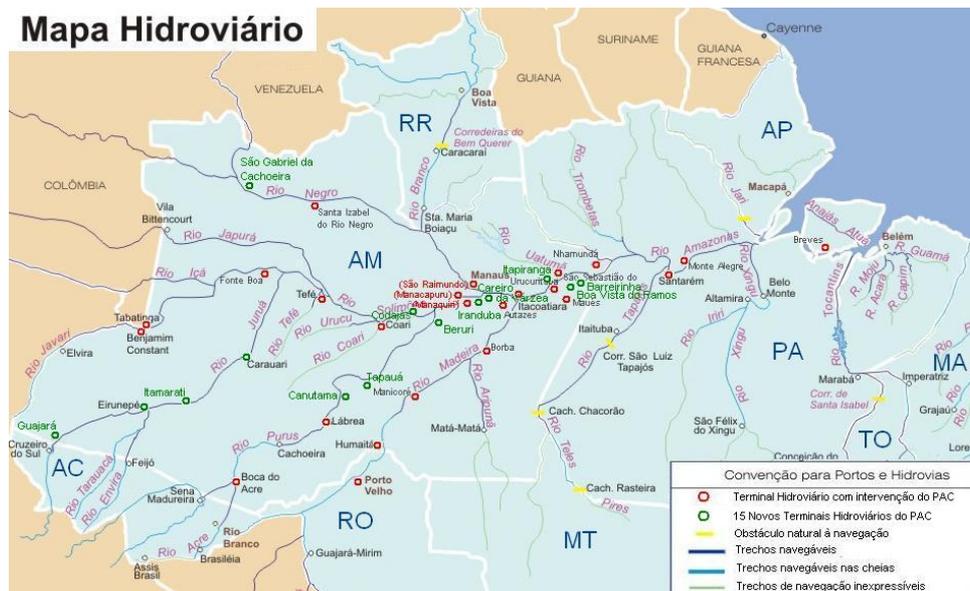
A segunda solução de projeto, ilustrada na Figura 2, possui menor custo em relação à anterior e adota uma ponte de acesso com um único vão com comprimento até 30 metros. Percebe-se que nessa solução o apoio na margem do rio é do tipo móvel, dotado de rótula, ou seja, possui a capacidade de desli-

zar sobre uma rampa de concreto, tanto no sentido longitudinal, quanto no transversal e, ainda, a liberdade de realizar movimentos de rotação, também chamado de *charriot*.



**Figura 3** – Segunda solução de projeto: Terminal hidroviário do município de Nhamundá

Para a escolha da melhor solução construtiva de terminal hidroviário, o projetista deve ater-se às seguintes características locais: topográficas, batimétricas, hidrológicas, fluviais, sociais, econômicas e ambientais, que serão analisadas e apresentadas por meio de uma análise de viabilidade técnica e econômica.



**Figura 4** – Mapa hidroviário da região amazônica

## 1.2 – A Coleta de Dados e a Pesquisa

Este artigo é resultado de extenso trabalho de coleta de dados e pesquisa, onde foram reunidas todas as informações sobre a maioria dos portos fluviais do estado do Amazonas, cujas soluções de projeto foram analisadas. E então, elaborados desenhos esquemáticos de arranjo geral e perfis longitudinais, em situações extremas de vazante e cheia, dos cais flutuantes e das estruturas de acesso de todos os terminais hidroviários dos 62 municípios do estado do Amazonas.

Os principais terminais hidroviários do estado do Amazonas são apresentados no mapa da Figura 4.

## 1.3 – O Estudo do Melhor Projeto

A variação do nível d'água nos rios da bacia hidrográfica do Amazonas, entre as estações de vazante e cheia, pode chegar a 15 metros e inviabiliza a elaboração de projetos convencionais para os seus terminais hidroviários, obrigando aos projetistas a utilização de soluções diferentes das adotadas para a maioria dos portos da costa marítima brasileira. O emprego de cais flutuantes para atracação e acostagem de embarcações e de estruturas de acesso de passageiros e cargas ajustáveis à variação do nível d'água possibilita diferentes posicionamentos ao terminal hidroviário, entre as estações de vazante e cheia, que é fundamental para a garantia de sua operação ininterrupta.

Considerando que o cais flutuante e sua estrutura de acesso podem possuir diferentes formas e dimensões, a alternativa de projeto a ser escolhida para o terminal hidroviário deve atender às necessidades sócio-econômicas de cada região e às características físicas do seu local de implantação e, ainda, deve obter a melhor solução técnica com o menor custo possível de execução.

As características do local de construção de um terminal hidroviário que influenciam na concepção de seu projeto são: declividade do talude da margem do rio; distância entre o primeiro ponto de apoio em terra firme e o canal navegável; direção e velocidade das correntes; posição relativa entre as curvas de nível na margem do rio e as isóbatas na região de fundeio do cais flutuante; e cotas máximas e mínimas do nível d'água, em condições extremas de cheia e vazante.

Qual a melhor alternativa de projeto para a estrutura de acesso ao cais flutuante de um terminal hidroviário que lhe proporcione operacionalidade contínua, em locais com elevada variação de nível d'água, considerando

diferentes premissas de características sócio-econômicas e físicas do local de implantação?

Como as declividades das estruturas de acesso entre o retroporto e os cais flutuantes de terminais hidroviários atingem valores muito elevados em situações de vazante, alternativas para o trânsito de pedestres com necessidades especiais também foram estudadas, considerando a máxima rampa aceitável de acordo com a norma brasileira, de 10%.

## 2 – As Soluções de Projeto para o Acesso ao Cais Flutuante

Neste artigo, são apresentadas ilustrações da análise dos possíveis fatores físicos do local de implantação de um terminal hidroviário.

Nas Figuras 5 e 6, nota-se que o posicionamento do cais flutuante deve depender da locação e da orientação do canal navegável, de tal forma que seu principal costado de atracação deve tangenciá-lo, possibilitando maior profundidade às embarcações de maior calado nele atracadas. As figuras dos portos dos municípios de Novo Airão e Eirunepé, abaixo, apresentam os posicionamentos de seus cais flutuantes, em relação às isóbatas, no local de sua instalação. Essa é uma condição fundamental para manter o porto em operação na maior parte do tempo.

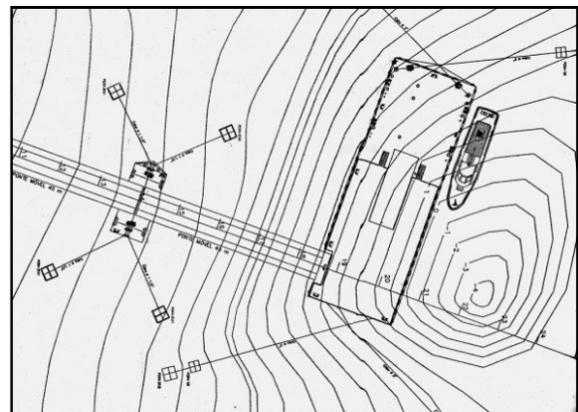


Figura 5 – Terminal hidroviário do município de Novo Airão

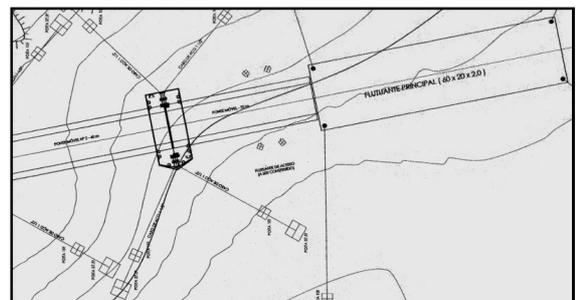
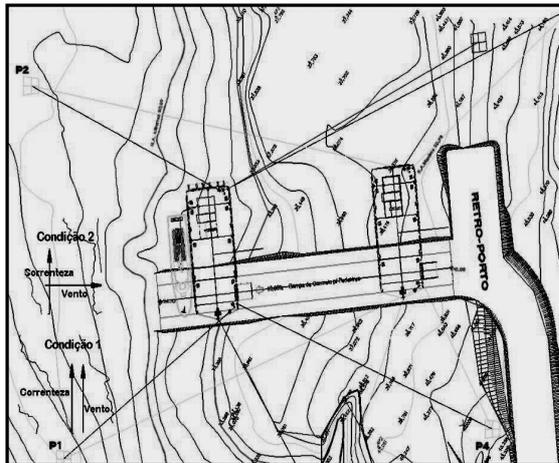


Figura 6 – Terminal hidroviário do município de Eirunepé

A Figura 7 possibilita as seguintes observações:

a) a suave declividade da margem e sua proximidade ao canal navegável permitem a adoção de uma solução de projeto com rampa de concreto, perpendicular à calha do rio, e ponte de acesso deslizante, para possibilitar o ajuste do conjunto formado por todas as estruturas portuárias à variação do nível d'água; e

b) o posicionamento das estruturas adotado pelo projeto, mantendo perpendiculares entre si os eixos longitudinais do cais flutuante e da rampa de acesso, somente é possível quando as curvas de nível da margem do rio e as isóbatas de seu leito são aproximadamente paralelas.



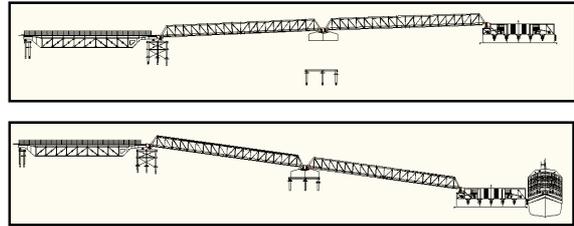
**Figura 7** – Hipóteses de carregamento de vento e correnteza sobre as estruturas portuárias (solução com rampa de concreto)

Para elaboração deste artigo, foram realizadas a análise, a classificação, a justificativa, a fundamentação teórica, a comparação e a exposição das principais soluções de projeto para as estruturas de acesso aos cais flutuantes, submetidos variações de nível d'água até 15 metros, entre as estações de cheia e vazante, de tal forma que lhes seja garantida operacionalidade contínua, mediante o estudo das possíveis combinações entre os diversos fatores físicos dos locais de implantação de terminais hidroviários.

Para exemplificar a primeira solução de projeto para o acesso aos cais flutuantes, são apresentadas a seguir as Figuras 8 e 9, que retratam o terminal hidroviário do município de Novo Airão, cuja obra de implantação encontra-se em execução. Essa alternativa de projeto, cujo arranjo geral encontra-se na Figura 1, apresenta uma ponte de acesso com três vãos, que podem chegar até 45 metros cada, sendo o primeiro fixo e os demais, móveis.

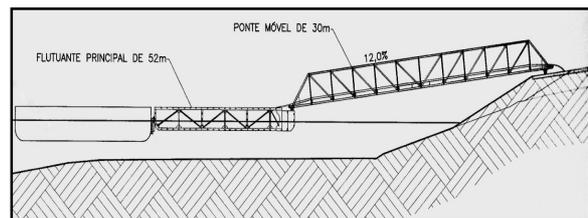
Como um bom projeto é aquele que garante à sua obra de implantação a melhor solução técnica e o menor custo de execução, não

se pode esquecer que a solução ilustrada nas figuras abaixo é muito eficiente tecnicamente, mas seu custo de implantação é o mais elevado, em relação ao da segunda solução.



**Figuras 8 e 9** – Perfis longitudinais do terminal hidroviário de Novo Airão, nas estações de cheia e vazante

Na segunda solução, de menor custo em relação à primeira, o projeto adota uma ponte de acesso com um único vão com comprimento até 30 metros, conforme Figuras 2 e 10. O primeiro apoio, na margem do rio, é do tipo móvel dotado de rótula, ou seja, possui a capacidade de deslizar sobre uma rampa de concreto, tanto no sentido longitudinal, quanto no transversal e, ainda, a liberdade de realizar movimentos de rotação.



**Figura 10** – Perfil longitudinal de uma ponte de acesso apoiada por roletes sobre rampa de concreto armado, na vazante

Os custos médios para construção de terminais hidroviários na região amazônica são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1**

Solução de Projeto	Tipo 1 (R\$)	Tipo 2 (R\$)
Canteiro de obras; transporte fluvial de materiais; instalações externas de água, esgoto e iluminação; fábrica de gelo e câmara frigorífica; paisagismo; poço artesiano; gerador; pararaios; cancela manual; etc	2 milhões	2 milhões
Obras de terraplanagem e de contenção das margens	3 milhões	3 milhões
Prédios do terminal de passageiros, armazém e guarita	1 milhão	1 milhão
Pontes de Acesso e Obras Navais	12 milhões	6 milhões

Custo Médio Total	18 milhões	12 milhões
-------------------	------------	------------

### 3 – O Ajuste das Estruturas Navais e de Acesso às Diferentes Posições do Nível d'Água

Não há como abordar o tema deste trabalho sem mencionar outros aspectos que o cercam, como a operação dos sistemas de fundeio, que, entre outras finalidades, é indispensável para o ajuste das estruturas navais e de acesso às diferentes posições do nível d'água entre os períodos de cheia e vazante. O sistema de fundeio é composto por poitas de concreto armado interligadas por linhas de ancoragem a molinetes ou guinchos instalados sobre os flutuantes. Esses equipamentos podem ser operados por motores elétricos ou manualmente, para ajuste das estruturas navais à variação do nível d'água, sempre que necessário. As linhas de ancoragem podem ser compostas por amarras e/ou cabos de aço.

Entre as obras complementares que possibilitam essas constantes adaptações das estruturas navais de acostagem, estão a rampa de concreto e a contenção dos taludes das margens. A estabilização das encostas pode ser realizada por meio de muros de arrimo ou geocélulas. No terminal hidroviário de Novo Airão, preferiu-se executar muros de arrimo para contenção do aterro do retroporto. Para exemplificar esses aspectos e reforçar sua importância, no contexto deste artigo, algumas considerações sobre os mesmos são abordadas.

O maior desafio do projetista é conceber uma estrutura de acesso com mobilidade suficiente para acompanhar as diferentes posi-

ções assumidas pelo cais flutuante, entre os períodos de cota máxima e mínima do nível d'água, mantendo uma rampa máxima de 12%. Com esse objetivo, os apoios das estruturas de acesso devem possuir articulações e outros mecanismos que facilitem seus movimentos e permitam o seu acompanhamento das aos deslocamentos do cais flutuante.

Esses ajustes somente são possíveis com auxílio dos molinetes ou guinchos do sistema de fundeio, instalados sobre o cais flutuante e, conforme o caso, sobre outros flutuantes, que também fazem parte do complexo portuário, denominados flutuantes de acesso ou intermediários.

Os sistemas de fundeio servem tanto para ancoragem e ajustes de posicionamento do cais flutuante, quanto para o deslocamento de sua estrutura de acesso. A operação do porto deve ser realizada de acordo com o manual de operação, que deve informar, seqüencialmente, os procedimentos executivos do ajuste das linhas de ancoragem. O projetista deve apresentar, juntamente com o projeto, o manual de operação e o de manutenção do terminal hidroviário, em linguagem de fácil compreensão para possibilitar seu uso pelos futuros gestores e operadores que deverão treinar os profissionais para realização dessas fainas.

Como o cais flutuante necessita de eficiente sistema de fundeio e ancoragem, que lhe garanta um correto posicionamento e lhe permita ajustes, em função das variações do nível d'água, o dimensionamento desse sistema deve levar em consideração os esforços provenientes de vento, correnteza, pedestres, veículos, operações portuárias de atracação e demais cargas, conforme a finalidade de cada terminal.



**Figura 11** – Terminal hidroviário do município de Novo Airão



**Figura 12** – Fabricação de flutuante para apoio intermediário da ponte de acesso do terminal hidroviário do município de Novo Airão, em um estaleiro situado em Manaus



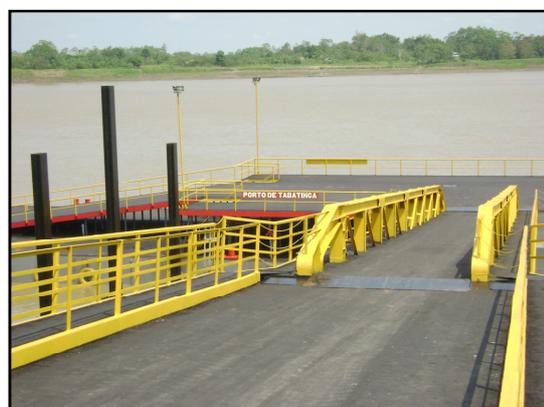
**Figura 13** – Fabricação das pontes de acesso móveis do terminal hidroviário do município de Novo Airão, em um estaleiro de Manaus



**Figura 14** – Obra de implantação do terminal hidroviário do município de Novo Airão, em 21/02/2010: montagem do primeiro vão da ponte de acesso, do tipo fixo, com 37 m de vão



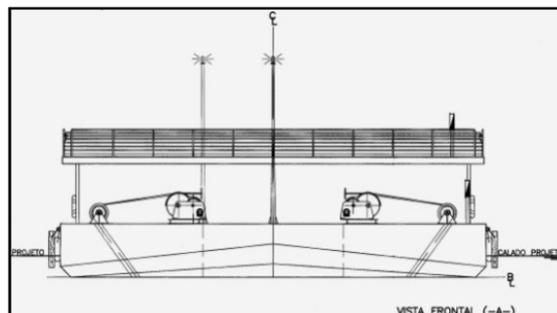
**Figuras 15** – Ponte de acesso do terminal hidroviário do município de Itacoatiara



**Figura 16** – Terminal hidroviário do município de Tabatinga

#### 4 – O Cais Flutuante

O cais flutuante, como solução adequada, pode ainda variar em formas e dimensões, dependendo da quantidade de passageiros e do fluxo e do tipo de cargas que necessita atender, podendo ainda possuir convés duplo, também conhecido pelo nome de tijupá. O cais flutuante também pode abrigar grupos geradores, câmaras frigoríficas, fábricas de gelo e outras instalações. Um sistema de combate a incêndio no cais flutuante, sempre que possível, também deve ser previsto pelo projeto, assim como a sinalização de segurança prevista pela NORMAM 2.



**Figura 17** – Vista frontal de um cais flutuante



**Figura 18** – Substituição do velho cais flutuante do porto de Coari por outro novo



**Figuras 19 e 20** – O cais flutuante do terminal hidroviário de Tabatinga

## 5 – O Planejamento da Obra de Implantação de um Terminal Hidroviário

O planejamento da obra é fundamental para o cumprimento de seu prazo de execução e deve envolver a programação prévia dos serviços que devem ser realizados nos períodos de vazante e dos que necessitam dos elevados níveis d'água dos períodos de cheia para sua execução. Por exemplo, a fabricação das poitas deve preferencialmente ser realizada no período de vazante, aproveitando o baixo nível d'água para execução de suas fôrmas, armaduras e concretagens na margem do rio. Seu transporte, lançamento e posicionamento, entretanto, devem ser executados no período de cheia, quando estão submersas e podem ser içadas por guinchos instalados sobre balsas, pois, além do empuxo atuante reduzir a

força necessária, sua menor distância à balsa elimina também a necessidade da lança de um guindaste para o seu içamento. Com esse artifício, evita-se a necessidade de mobilização de cábreas para o posicionamento das poitas, reduzindo o custo da obra. Para a montagem das pontes de acesso com mais de um vão, a correta utilização da variação do nível d'água também pode contribuir para a rapidez e para a redução de custo dessa operação.

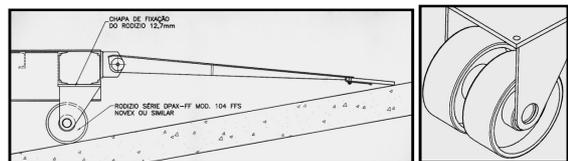


**Figura 21** – Execução das poitas do porto de Novo Airão, aproveitando o baixo nível d'água do rio Negro, na vazante

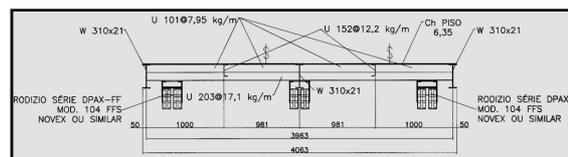
## 6 – Os Tipos de Apoio mais Comuns Projetados para as Pontes de Acesso

São os seguintes os tipos de apoio mais comuns projetados para as pontes de acesso:

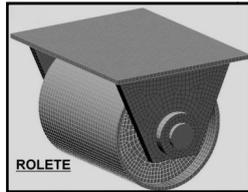
a) o apoio móvel com rótula facilita os deslocamentos horizontais e a rotação, impedindo apenas o deslocamento vertical (é realizado por meio de roletes ou rodízios e é indicado para as pontes de acesso quando são necessários o deslizamento e a rotação do apoio sobre uma rampa de concreto ou sobre uma estrutura metálica);



**Figuras 22 e 23** – Rodízios

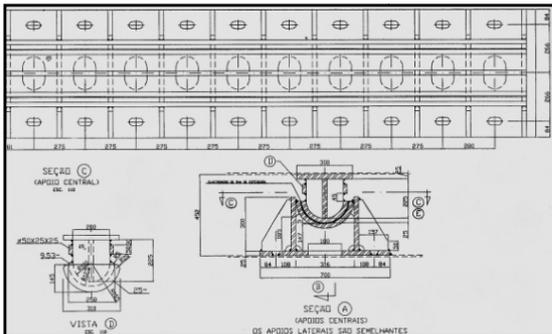
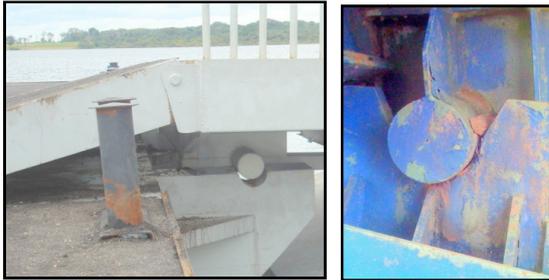


**Figura 24** – Seção transversal do apoio

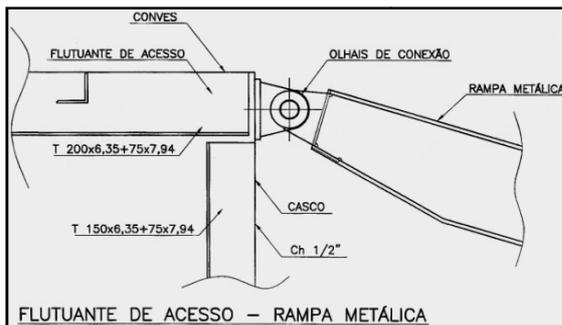


**Figura 25 – Rolete**

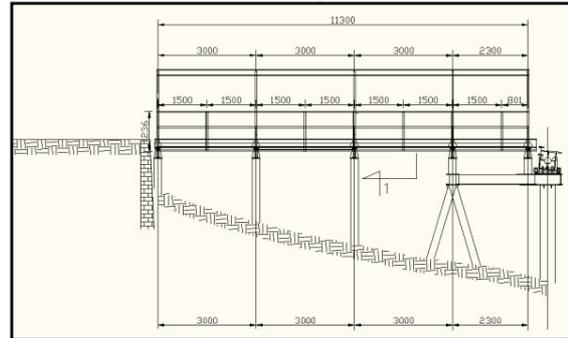
b) o apoio fixo com rótula impede os deslocamentos vertical e horizontal, mas permite e facilita a rotação em torno do apoio (é realizado por meio de mancais instalados em flutuantes, em berços metálicos ou em outros tipos de estrutura); e



**Figuras 26, 27 e 28 – Mancais**



**Figura 29 – Apoio de uma ponte metálica ao costado de um flutuante de acesso**



**Figura 30 – Primeiro vão de uma ponte de acesso sobre apoios simples**

c) o apoio simples impede apenas o deslocamento vertical, podendo ocorrer deslocamentos horizontais e giros em torno do apoio, mas, como não há rótulas nem roletes ou rodízios, esses movimentos não são facilitados (é normalmente empregado no primeiro vão de uma ponte de acesso, quando o mesmo não necessita acompanhar a variação do nível d'água).

## 7 – Primeira Solução de Projeto para Acesso ao Cais Flutuante

Para emprego da primeira solução de projeto de acesso a um cais flutuante, a ponte deve possuir mais de um vão.

A maioria dos projetistas considera que a solução de acesso ao cais flutuante com emprego de uma ponte metálica com um único vão chega ao seu limite de viabilidade quando o seu comprimento necessita superar os 30 metros, quaisquer que sejam os tipos de seus apoios. Quando a distância da margem ao canal navegável obriga o emprego de estruturas com vãos superiores a 30 metros de comprimento, as pontes metálicas necessitam ser subdivididas em mais de um vão.

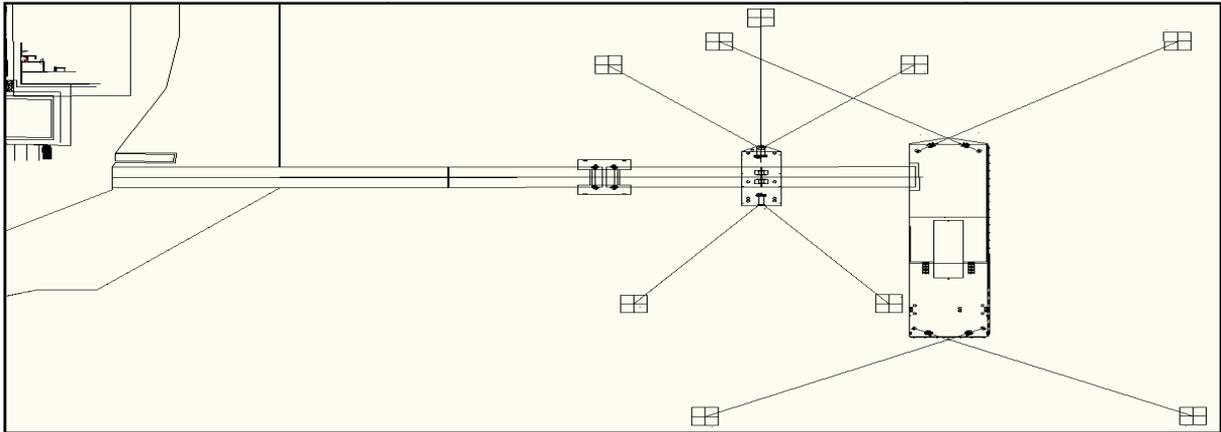
Uma ponte de acesso com um único vão e com primeiro apoio na margem do rio do tipo fixo com rótula não é uma solução viável, pois o valor máximo da inclinação da pista de rolamento para permitir o tráfego de veículos é de 12%. Como na região amazônica a variação do nível d'água pode chegar a 15 metros, esse valor limite seria sempre ultrapassado nos períodos de vazante, caso a ponte de acesso possuísse apenas um único vão com comprimento até 30 metros. A solução com ponte de acesso deslizante sobre rampa de concreto também sofre a mesma limitação, quando a declividade natural da margem do rio ultrapassa 12%.

Sendo assim, quando a estrutura de acesso necessita possuir mais de 30 metros de extensão ou há necessidade de redução de sua inclinação, a primeira solução de projeto deve ser adotada. Vale salientar que esta alternativa

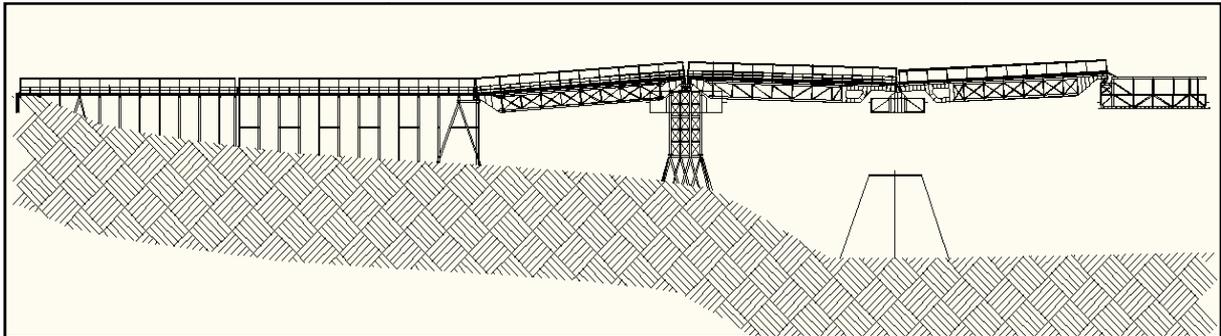
com mais de um vão somente é adotada, quando não há outra solução possível, em função de seu elevado custo. Somente grande movimentação de passageiros e cargas justifica a construção de um porto em um local cujas condições físicas só admitem a primeira solução de projeto. Quando não há uma movimentação que a justifique, é preferível que o

local de construção seja alterado para outro mais favorável.

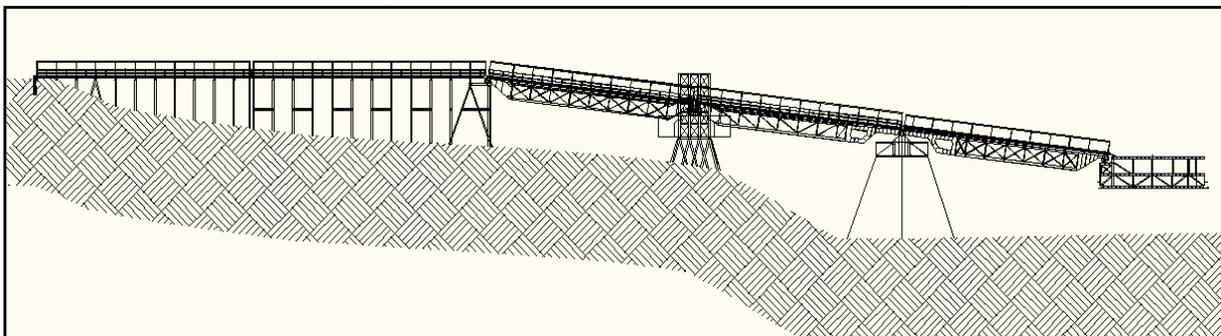
Nas Figuras 31 a 33, observa-se o arranjo geral e os perfis longitudinais, em situações extremas de cheia e vazante do terminal hidroviário de Coari, no estado do Amazonas.



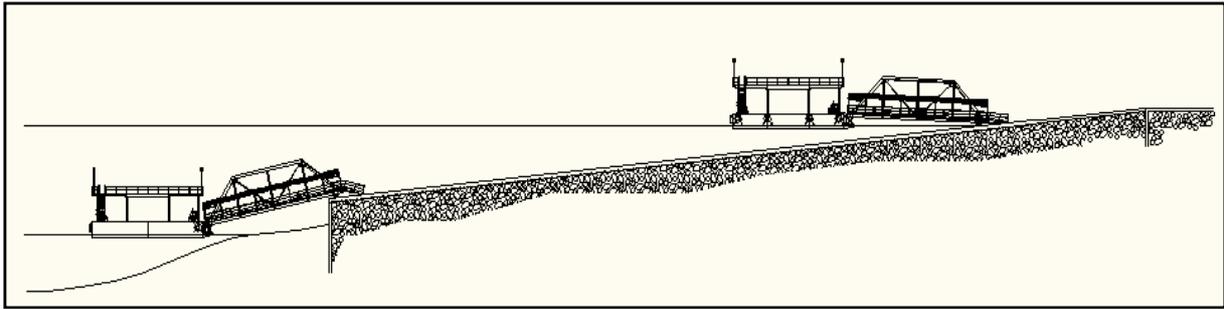
**Figura 31** – Terminal hidroviário de Coari: arranjo geral



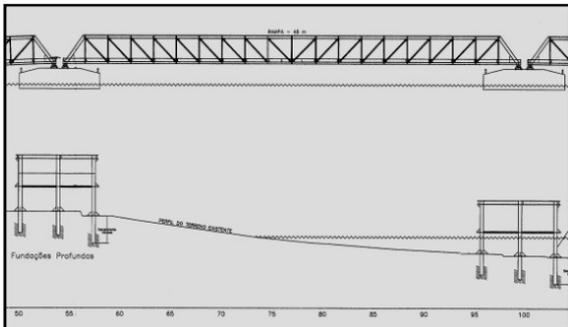
**Figura 32** – Terminal hidroviário de Coari: perfil longitudinal no período de cheia



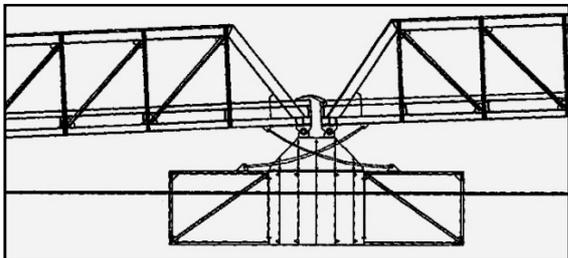
**Figuras 33** – Terminal hidroviário de Coari: perfil longitudinal no período de vazante



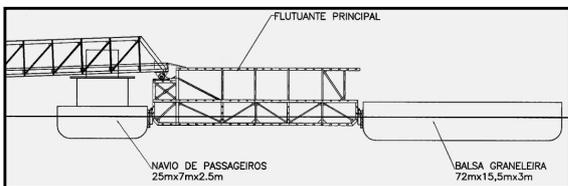
**Figura 34** – Segunda alternativa de projeto: perfil longitudinal, representando simultaneamente as situações extremas de vazante e cheia, do terminal hidroviário do município de Benjamin Constant



**Figura 35** – Situação no período de cheia (os berços metálicos têm como objetivo o apoio dos flutuantes intermediários na vazante)



**Figura 36** – Apoio de uma ponte de acesso sobre um flutuante intermediário, por meio de rótulas



**Figura 37** – O apoio de uma ponte de acesso sobre o tijupá de um cais flutuante possui a vantagem de reduzir a inclinação de sua pista de rolamento, em períodos de vazante.

## 8 – Segunda Solução de Projeto para Acesso ao Cais Flutuante

O segundo tipo de acesso ao cais flutuante caracteriza-se pela utilização de uma ponte móvel, apoiada sobre rodízios ou roletes, que deslizam sobre uma rampa de concreto arma-

do, construída sobre o talude da margem do rio (Figuras 2, 7 e 34).

Para a aplicação desta segunda alternativa de projeto, a margem do rio, onde se pretende construir o terminal hidroviário, deve possuir talude com inclinação natural máxima até 12%. Essa condição também pode ser obtida por meio de terraplanagem, desde que taludes íngremes nas adjacências da obra não sejam criados, obrigando a execução de obras de contenção de grande envergadura.

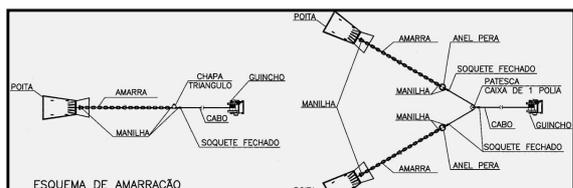
Como esta solução de projeto exige que a projeção do eixo longitudinal da rampa de concreto, no plano horizontal, forme, aproximadamente, um ângulo reto com o canal navegável do rio e com a linha d'água de sua margem, pode-se concluir que a referida rampa adotará para si, integralmente, a mesma inclinação da margem do rio, caso seu talude não seja alterado por meio de terraplanagem. Uma alternativa para atenuar a declividade desse talude, quando superior a 12%, é a execução da rampa de concreto com seu eixo longitudinal formando um ângulo diferente de 90° com a margem do rio, mas, nesse caso, estudos complementares devem ser realizados para verificar se o posicionamento do canal navegável e outras condições locais permitem essa solução.

## 9 – Sistemas de Ancoragem

Os sistemas de fundeio têm como finalidade a ancoragem dos flutuantes, os ajustes de seu posicionamento e o deslocamento de sua estrutura de acesso, permitindo ao porto sua constante adequação às variações do nível d'água.

Na Figura 38, é possível observar dois tipos de linha de ancoragem:

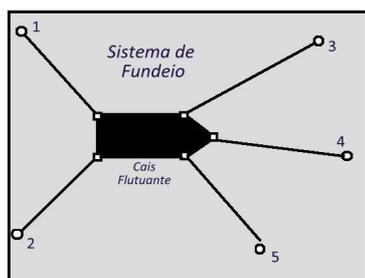
- a) com uma poita; e
- b) com duas poitas.



**Figura 38** – Tipos de linha de ancoragem de um sistema de fundeio

As duas linhas, ilustradas na Figura 38, são mistas, com o trecho mais profundo constituído por amarra e o trecho seguinte, por cabo de aço. A divisão de uma poita em duas menores tem como vantagem a redução de seu peso, objetivando facilitar sua fabricação, seu transporte e seu lançamento.

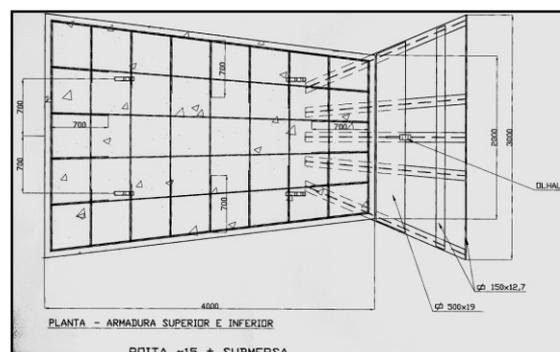
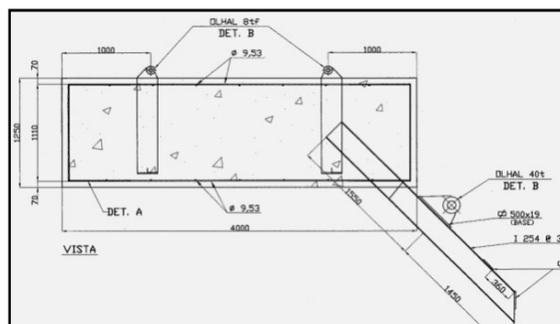
O projeto do sistema de ancoragem ou fundeio e a elaboração de sua memória de cálculo também são de responsabilidade do projetista. Suas poitas, submersas, dispostas na calha do rio, funcionam como âncoras, e os mortos (âncoras do seco), acima da superfície da água, nas suas margens, garantem a ancoragem do cais flutuante à terra firme.



**Figura 39** – Sistema de fundeio

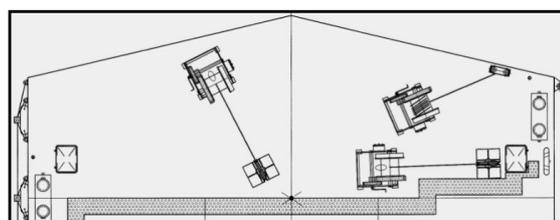
Os pesos das poitas e dos mortos são calculados pelo projetista para suportar os esforços atuantes e evitar que o cais flutuante seja deslocado de sua posição de projeto.

O peso de uma poita pode ser reduzido, mediante a instalação de uma unha metálica engastada em seu corpo de concreto armado. A unha é capaz enterrar-se no solo, oferecendo à poita maior capacidade ancoragem. Uma poita sem unha depende somente do peso próprio e do atrito com o leito do rio, que por sua vez varia de acordo com o tipo de solo existente, para realizar a ancoragem necessária. Já o modelo com unha pode ter seu peso reduzido, assim como seu custo, possuindo ainda maior facilidade de fabricação, transporte e lançamento. Durante a instalação de uma poita com unha, deve-se certificar que a mesma seja corretamente posicionada no leito do rio, em relação ao seu alinhamento, e que não vire ao contrário, durante seu lançamento, o que a tornaria ineficiente. Para uma vistoria subaquática final, recomenda-se o emprego de uma equipe especializada de mergulho.

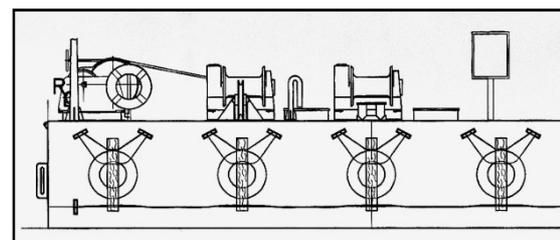


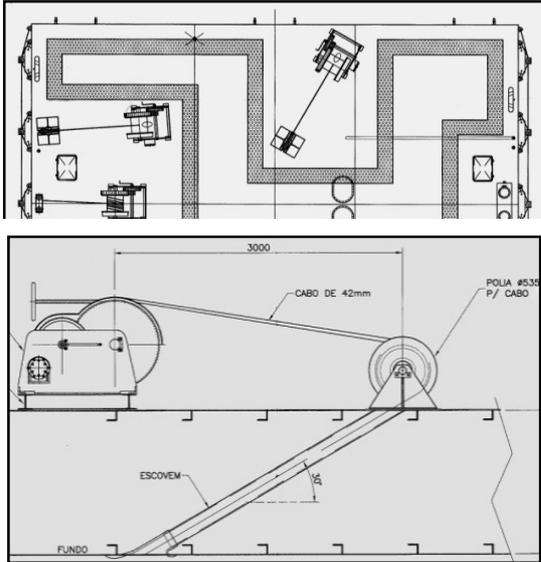
**Figuras 40 e 41** – Poita de concreto armado provida de unha metálica

As linhas de interligação entre as poitas e os mortos de concreto armado ao cais flutuante devem ser posicionadas e ajustadas, sempre que houver qualquer variação do nível d'água, pelos guinchos dispostos no convés do cais flutuante, com a finalidade de afrouxá-los ou retesá-los, conforme o caso, em atendimento ao manual de operação do terminal hidroviário. Os operadores desse sistema devem estar atentos para situações de emergência, que ocorrem quando há elevadas e repentinas variações de nível d'água, exigindo um imediato ajuste do sistema de fundeio.



**Figura 42** – Posicionamento dos guinchos na proa de um cais flutuante





**Figuras 43 a 45** – Posicionamento dos guinchos na popa de um cais flutuante

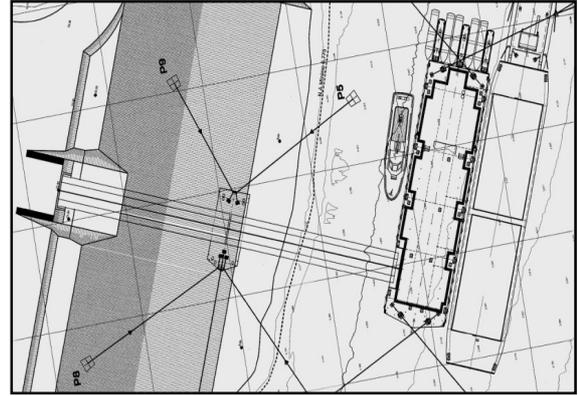
Os guinchos do sistema de ancoragem podem ser manuais ou elétricos, possuindo cada tipo vantagens e desvantagens. Por possuir procedimento de operação mais simples e necessitar de serviços de manutenção menos complexos, os guinchos manuais têm sido preferidos pelos projetistas, apesar de mais lentos e da necessidade de maior força braçal para sua operação, em relação aos elétricos.



**Figura 46** – Guincho e polia

São os seguintes os fatores que influenciam no dimensionamento do sistema de ancoragem de um cais flutuante:

- a) cotas máxima e mínima do nível d'água adotadas pelo projeto;
- b) ângulo de saída das linhas de ancoragem, conforme Figura 39, nas situações extremas de nível d'água máximo e mínimo;
- c) situações ambientais: primeira hipótese com vento e correnteza alinhados e segunda, perpendiculares entre si, conforme Figura 7; e
- d) esforços reativos devidos à atracação de barcos no porto flutuante, que dependem da embarcação-tipo adotada pelo projeto.



**Figura 47** – Linhas de ancoragem de um flutuante intermediário e de um cais flutuante, na primeira solução de projeto



**Figura 48** – Linhas de ancoragem de um cais flutuante, na segunda solução de projeto

Recentemente, velocidades de correntes superiores às aferidas na fase dos estudos preliminares de projeto de alguns portos da região amazônica causaram o arrasto de poitas, provocando sérios acidentes. O acúmulo de galhos e vegetação nas linhas de ancoragem e nos costados de flutuantes (balseiros) também tem provocado acidentes, quando essa sobrecarga ultrapassa os coeficientes de segurança adotados no dimensionamento do sistema de ancoragem. Quando ocorre uma ineficiência dessa natureza no fundeio do porto, as consequências são sempre muito graves, podendo resultar inclusive no colapso das estruturas de acesso sobre as quais atuam os esforços que deveriam ser assimilados pelo sistema de ancoragem.

A utilização do sistema misto de amarras e cabos de aço normalmente adotado pelos projetos também tem sido motivo de análise e estudo. A experiência vem comprovando que as amarras (correntes) possuem grande vantagem sobre os cabos de aço, em relação à sua vida útil mais longa e ao seu peso superior que auxilia na ancoragem do sistema. O seu

custo mais elevado, entretanto, ainda tem sido obstáculo ao projeto de sistemas sem utilização de cabos de aço. Sistemas de fundeio com emprego exclusivo de amarras obrigariam também a substituição de guinchos por molinetes.



**Figura 49** – Molinete elétrico do sistema de fundeio do porto de Manaus

### 9 – Obras de Contenção das Margens

As importantes e inevitáveis obras de contenção dos taludes das margens dos rios nas proximidades de um terminal hidroviário também devem ser projetadas para as situações extremas de nível d'água máximo e mínimo.

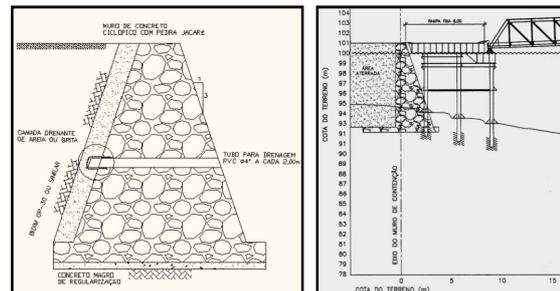


**Figura 50** – Erosões no porto de Manicoré



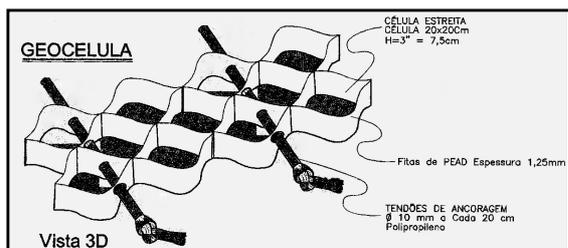
**Figura 51** – Erosões em Santo Antônio de Itá

Como exemplos de soluções para estabilização de taludes, podemos citar os tradicionais muros de arrimo, muito eficazes também para contenção de aterros, quando estes são necessários em grandes volumes, na área do retroporto; e o emprego de geocélulas, que representa uma alternativa com prazo de execução e custo menores, em relação às demais soluções, e ainda possui a propriedade de moldar-se à superfície do terreno, agindo como seu revestimento e acomodando-se, até certos limites, às suas deformações.



**Figuras 52, 53 e 54** – Muro de arrimo para contenção do aterro do retroporto do terminal hidroviário de Novo Airão

As geocélulas são estruturas tridimensionais abertas, constituídas de células interligadas, que confinam mecanicamente concretos ou materiais granulares, desempenhando funções em diversas aplicações nas obras de engenharia e geotecnia.



**Figura 55 – Geocélula**

A capacidade de confinamento, associada às características dos materiais com os quais podem ser preenchidas, permite que a geocélula possa ser utilizada em diversas estruturas e aplicações, tais como canalização de córregos e rios, proteção de margens, drenagem de águas pluviais, revestimento de taludes e superfícies no controle de erosão e suporte de carga.

As geocélulas constituem um excelente revestimento para proteção mecânica dos taludes de orlas fluviais. A geocélula é uma estrutura tridimensional de polietileno de alta densidade (PEAD), em forma de colméia, com painéis formados por um conjunto de células contíguas, com paredes verticais entre células compostas por lâminas de 1,25 mm de espessura e 75 mm de largura. Depois de expandidas e fixas ao terreno, as geocélulas devem ser preenchidas com concreto. Quando posicionada no solo, pronta para sua concretagem interna, cada célula mede nominalmente 200 mm x 225 mm, e cada painel de geocélula, 2,40 m x 6,00 m.

No primeiro semestre de 2010, a contenção do talude da margem de um rio com geocélulas nas proximidades de um terminal hidroviário cedeu. Como consequência, o aterro do retroporto sofreu um abatimento, resultando em avarias nas fundações e alvenarias dos prédios ali construídos.

Após análise *in loco* mais precisa, pôde-se concluir que o procedimento executivo da contenção não havia sido realizado com o devido rigor, em função da rápida elevação do nível d'água do rio, na época de sua execução.

Salienta-se, então, que, apesar da contenção de taludes com geocélulas apresentar normalmente resultados satisfatórios, sua execução exige cuidados especiais e qualificação adequada por parte dos seus executores.

## 10 – Conclusão

As hidrovias e os terminais fluviais integram e colaboram para o abastecimento dos municípios e países da região do Amazonas

de forma sustentável, descartando a necessidade de desmatamentos para a construção de estradas e ferrovias. Portanto, o transporte aquaviário é também fundamental para a preservação da floresta amazônica.

O maior desafio dos projetistas de terminais hidroviários dos rios da bacia hidrográfica do Amazonas foi encontrar soluções de projeto que resolvessem o problema da elevada variação do nível d'água entre as estações de vazante e cheia. Entretanto, a engenhosidade humana foi capaz de conceber as duas alternativas de projeto, apresentadas neste artigo, que garantem operação eficiente e ininterrupta para esses terminais.

## 11 – Bibliografia

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. *Obras e Gestão de Portos e Costas*. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. *Asce Manuals and Reports on Engineering Practice no. 2004. Inland Navigation: Locks, Dams and Channels*.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Norma NBR-7188: Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre*.

BIRAN, A. *Ship Hydrostatics and Stability*. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2003.

BUERMANN, T. M.; CLEARY, W. A.; COUCH, R. C.; GOLDMAN, J.L.; HALDLER, J. B.; KISS, R. K.; ROSEMAN, D. P.; STIANSEN, S. G.; ZELEN, C. *Principles of Naval Architecture - PNA, Volume I, Stability and Strength*. 2 rev. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers - SNAME, 1988.

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS DA MARINHA DO BRASIL. *NORMAM 02: Embarcações Empregadas na Navegação Interior*.

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS DA MARINHA DO BRASIL. *NORMAM 11: Obras, Dragagens, Pesquisa e Lavra de Minerais sob, sobre e às Margens das Águas sob a Jurisdição Brasileira*.

QUINN, A. D.; *Design and Construction of Ports and Marine Structures*. New York: McGraw-Hill, 1972.

TSINKER, P. G.; *Floating Ports: Design and Construction Practices*. New York: McGraw-Hill, 1986.



**Figura 55** – Terminal hidroviário do município de Novo Airão