

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE – EFOMM**



**Evolução das informações ambientais marítimas  
aplicáveis a navios mercantes**

Por: Geísa Helena Anastácio da Silva

**Orientador  
Prof. Marco Aurélio  
Rio de Janeiro**

2011

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA HIDROMETEOROLOGIA NA  
NAVEGAÇÃO**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante.

Por: Geísa Helena Anastácio da Silva

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**  
**CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**1.1 AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

### **1.1.1 AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meus familiares, em especial a minha mãe e meu irmão, meu namorado e amigos que me deram todo o suporte para vencer mais esta barreira. Gostaria também de agradecer meu orientador, todos os responsáveis pela biblioteca do CIAGA e a todos que indiretamente me ajudaram a concluir mais esta etapa.

## DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha mãe, Lúcia Helena Anastácio da Silva e em homenagem a meu pai, João Batista da Silva, além do meu irmão, Geilson Henrique Anastácio da Silva e meu namorado, Lucas Albuquerque de Góis e todos meus familiares que sempre me ajudaram e me incentivaram a alcançar meus objetivos. Além disso, dedico também a minha grande amiga, Raquel Belém, que sempre me encorajou a seguir meus objetivos. Em especial, a todas as minhas amigas e irmãs do camarote Y-304, que caminharam comigo esse três anos de EFOMM e fizeram com que todos os dias fossem especiais e divertidos.

## RESUMO

A monografia a seguir relata a importância do estudo da Hidrometeorologia para a navegação de cabotagem e longo curso com uma ênfase no ciclo Hidrológico. Será comentado sobre a análise dos rios, regime fluvial, dando ênfase à necessidade de aprimorarmos e explorarmos os nossos rios. Além disso, será falado sobre os principais aspectos hidrológicos como a importância da disponibilidade hídrica para determinados calados das embarcações mercantes, previsão de níveis e planejamento e as operações de obras hidráulicas para a navegação, destacando a eclusa. E por fim, serão relatados alguns projetos que estão sendo elaboradas pelo governo brasileiro com a finalidade de se melhorar as análises na área da Hidrometeorologia para as embarcações como incentivo à navegação fluvial.

Palavras-chave: Hidrometeorologia, rios, navegação fluvial, Hidrologia.

## **ABSTRACT**

The following work intends to show the importance of studying for Hydrometeorology and long coastal navigation course with an emphasis on the hydrological cycle. Will comment on the analysis of rivers, river system, emphasizing the need to enhance and explore our rivers. It will also be talking about the main hydrological aspects as the importance of water availability for certain types of merchant vessels, forecasting and planning levels and operations of hydraulic works for navigation, with emphasis on the lock. Finally, some projects will be reported that are being developed by the Brazilian government in order to improve analysis of Hydrometeorology in the area as an incentive for vessels for inland waterways.

Keywords: Hydrometeorology, rivers, river navigation, Hydrology.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO _____	9
1. De Rio a Hidrovia _____	10
1.1.Hidrologia _____	11
1.1.1. Hidrologia Científica _____	11
1.1.2. Elementos da Hidrometeorologia _____	12
2. O transporte Hidroviário interior no mundo e no Brasil _____	13
2.1.O transporte hidroviário interior no mundo _____	13
2.2.O transporte hidroviário interior no Brasil _____	14
2.3.Hidrologia no desenvolvimento dos recursos hídricos _____	15
2.3.1. Disponibilidade Hídrica para calado _____	15
2.3.2. Previsão de níveis e planejamento _____	20
2.3.3. Operação de obras hidráulicas para a navegação _____	25
3. Alguns projetos de Hidrometeorologia no Brasil _____	39
3.1. Laboratório de Hidrometeorologia _____	39
3.2. Laboratório de Obras Hidráulicas _____	41
3.3. Laboratório de Meteorologia Marítima _____	43
3.4. Laboratório de Hidráulica experimental e Recursos Hídricos _____	43
3.5. Estimativas de chuvas por satélites _____	44
3.6. Projeto de Gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do Rio São Francisco _____	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	54



## INTRODUÇÃO

A meteorologia faz parte de um conjunto de ciências atmosféricas. Faz parte deste conjunto a climatologia, a física atmosférica, que visa às aplicações da física na atmosfera, e a química atmosférica, que estuda os efeitos das reações químicas decorrentes na atmosfera. Ela associada à Hidrologia, torna-se a Hidrometeorologia, responsável por estudar o comportamento das chuvas numa determinada região. Ao se fundir com a oceanografia, torna-se a meteorologia marítima, que visa o estudo da relação dos oceanos com a atmosfera.

O marítimo que desconsiderar a meteorologia hoje como um possível problema para a navegação está muito equivocado. Cada vez mais, a necessidade de conhecimento sobre essa área vem sendo exigida, principalmente, daqueles que navegam no longo curso e na cabotagem.

O Brasil é um gigante que encanta e provoca admiração a séculos. Isso sempre acontece quando observamos a diversidade deste país em quase todos os seus aspectos.

Os rios brasileiros formam alguma das maiores bacias hidrográficas do planeta. A maior delas é sem dúvida a Bacia Amazônica. São nada menos que sete milhões de quilômetros quadrados, mais da metade dos quais em território brasileiro. A partir destas informações demonstrarei a importância da hidrovia na vida marítima e os projetos que incentivam cada vez mais o crescimento desta exploração em nossa Marinha Marcante.

# CAPÍTULO I

## Hidrometeorologia

### 1. De Rio a Hidrovia

A história mostra que nossos rios sempre foram muito utilizados para transportar pessoas e bens. As razões são óbvias. Geralmente não se precisa muito para um pequeno deslocamento numa embarcação de pequeno porte. O mesmo não acontece quando se precisa deslocar, com segurança e rapidez, um comboio com 200 metros de comprimento transportando mais de 19 mil toneladas de carga. Gigantes como esses irão cruzar a hidrovia Tocantins-Araguaia, transportando as eclusas de Tucuruí, e chegando até o porto de Vila do Conde, no município de Barcarena (PA) para desembarcar milhares de toneladas de soja ou de minério.

Muitos dos nossos rios são navegáveis naturais, necessitando de poucas intervenções para o seu pleno aproveitamento. A utilização desses caminhos por gerações de ribeirinhos comprova este fato. Todavia, o crescimento do fluxo de pessoas, embarcações e mercadorias exigiu a intervenção do engenho humano. Atualmente, para fazer com que um curso d'água se torne uma hidrovia para exploração comercial, é exigido um trabalho longo e especializado. Vários estudos precisam ser feitos para comprovar a viabilidade do empreendimento em vários aspectos. A hidrovia precisa comprovar que é viável economicamente, ou seja, que o potencial da região atendida, dentro de um contexto global, justifica um investimento aplicado. Neste caso, a pesquisa é bastante complexa e envolvem muitas variáveis econômicas, políticas, sócias e até históricas. A viabilidade técnica vai mostrar se é possível, na prática, implantar a hidrovia. Isto depende, entre tantos fatores, das características do rio, da tecnologia disponível e da logística que precisa ser aplicada. Não menos importante é fazer um levantamento minucioso dos impactos sociais e ambientais que a hidrovia pode causar.

#### 1.1. Hidrologia

### 1.1.1. Hidrologia Científica (Hidrometeorologia)

A Hidrometeorologia é o ramo das ciências atmosféricas (meteorologia) e da hidrologia que estuda a transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera. A Hidrometeorologia também investiga a presença de água na atmosfera em suas diferentes fases.

Entre os seus objetivos de estudos encontram-se o ciclo da água, a dinâmica dos processos úmidos, as circulações atmosféricas associadas às precipitações de água, a modelagem numérica dos fenômenos hidrometeorológicos, a análise objetiva dos campos de precipitação medidos por pluviômetros e diferentes radares, os projetos de redes de medição em Hidrometeorologia e sistemas de medição e instrumentação em mesoescala e microescala, as estratégias teóricas, estatísticas e numéricas de previsão de precipitações (chuva, neve, granizo, etc.), as simulações computacionais de chuva acoplada aos modelos de vazão de água em superfície, os problemas urbanos de enchentes e inundações, a previsão de chuvas a curto e curtíssimo prazo ("*nowcasting*"), o acoplamento de modelos atmosféricos de precipitação, da camada limite planetária e das superfícies vegetadas e urbanas, o balanço hídrico e a hidrologia de superfície, as técnicas de análise dos campos de refletividade de radares meteorológicos.

Tem como áreas afins a microfísica de nuvens (quentes e frias) e a microfísica de precipitação, a meteorologia de latitudes médias e a meteorologia tropical, a dinâmica da camada limite planetária (CLP), os sistemas de medição meteorológicos (hidrometeorológicos), a calibração instrumental e verificação de qualidade de medidas de redes de medição (mesoescala, microescala, escala sinóptica etc.), a eletricidade atmosférica, a formação de tempestades e sistemas precipitantes, a meteorologia sinóptica e de mesoescala.

Atualmente a Hidrometeorologia tem dado atenção especial às condições superficiais das áreas urbanizadas onde o impacto das tempestades severas tem provocado consideráveis perdas materiais e humanas.

### 1.1.2. Elementos de Hidrometeorologia

A hidrologia de uma região depende principalmente de seu clima e secundariamente de sua topografia e geologia. A topografia influencia a precipitação, a ocorrência de lagos, pântanos e a velocidade do escoamento superficial, que neste caso daremos uma ênfase maior à formação dos rios. A geologia, além de influenciar a topografia, define o local de armazenamento da água proveniente da precipitação, ou seja, na superfície (rios e lagos) ou no subsolo (escoamento subterrâneo ou confinado em aquíferos).

O clima de uma região é altamente dependente de sua posição geográfica em relação à superfície terrestre. Os fatores climáticos mais importantes são a precipitação e o seu modo de ocorrência, umidade, temperatura e ventos, os quais diretamente afetam a evaporação e a transpiração.

Estas análises são importantes, pois as intervenções num rio de curso livre podem ser relativamente pequenas. Às vezes, é suficiente balizar e sinalizar a via. Em casos mais específicos são feitos derrocamentos e dragagens, processos mais severos para manter a navegabilidade do rio. Mas para que se possa explorar comercialmente uma hidrovia é preciso construir portos, terminais, armazéns, e diversas outras instalações indispensáveis ao atendimento do transporte de cargas e de passageiros.

A situação se complica muito em rios com acidentes naturais. Alguns deles, como cachoeiras, corredeiras, grandes desníveis ou um traçado desfavorável, podendo inviabilizar a navegação. A construção de um barramento para regular o nível do rio, ou de um canal de navegação, para corrigir o seu curso, podem ser necessários nesses casos. Muitas vezes, barragens de grande porte são projetadas para o aproveitamento do potencial energético do rio. A binacional Itaipu, que fica entre o Brasil e o Paraguai; Tucuruí, no Pará; e Santo Antônio, no rio Madeira, são bons exemplos. Em casos como esses, é primordial que seja construído, simultaneamente, um sistema de eclusas que permita a continuidade do trânsito de embarcações pela hidrovia.

## CAPÍTULO 2

### O transporte Hidroviário interior no mundo e no Brasil

#### 2.1. O transporte hidroviário interior no mundo

Os americanos criaram uma vasta rede de hidrovias, de cerca de 40 mil quilômetros de linhas navegáveis- excluídos os Grandes Lagos. Está dividido nas hidrovias da costa Atlântica, do Golfo do México, do rio Mississipi, dos Grandes Lagos, do Rio São Lourenço e outras pequenas hidrovias da Costa do Pacífico, Alaska e Havaí, com destaques para os rios Mississipi, Tennessee, Missouri, Ohio, Arkansas e Illinois.

No curso superior do Mississipi, entre Minneapolis e a foz do Rio Missouri, comboios de 12 a 15 barcaças, com uma capacidade total de 20 mil toneladas, sobem o rio levando combustíveis provenientes do Texas e Louisiana e carvão procedente de Kentucky e Illinois. Na volta as barcaças trazem cereais, ferro e aço. O sistema de hidrovias americano transporta, por volta de 1200 empresas, mais e 1,5 bilhões de toneladas de carga por ano, sendo que o complexo Mississipi – Missouri – Ohio é a hidrovia de maior tráfego do mundo, por onde passam comboios de até 60 mil toneladas de carga. Nesse complexo, existe um canal ligando o rio Tennessee ao rio Tombigbee que foi construído para escoar reservas carboníferas do estado de Ohio, diminuindo a distância para o Golfo do México em 500 km.

A Europa tem 26 mil quilômetros de hidrovias, sendo 40% formadas por interligações e canais, como o que ligou o curso superior do Rio Danúbio ao Reno, pelo canal Reno – Main – Danúbio, permitindo a navegação entre esses rios, vencendo um divisor de águas de 243 metros de desnível e 170 quilômetros de extensão, interligando o porto de Roterdam, no Mar do Norte, ao Mar Negro, no leste europeu, num percurso de 3500 quilômetros, numa das mais ricas e produtivas regiões da Europa Ocidental. O Rio Main tem 41 eclusas, vencendo um desnível de 300 metros ao longo de seus 450 km, enquanto o rio Reno, em seu trecho médio, de 300 km, tem 27 eclusas.

Moscú é chamada de “porto dos cinco mares”, por sua ligação, por hidrovias, aos mares Báltico, Branco, Cáspio, Azov e Negro.

A Suíça, pequena e central, em seu porto de Basiléia, no Rio Reno, a mais de 1000 quilômetros do mar, tem movimento de carga superior ao de nossa navegação interior.

Na Holanda, apesar do seu tamanho, há uma rede de 5000 km e cerca de 7000 barcaças, levam pelo rio Reno e vários canais, mercadorias pela Europa Central e até o Mar Negro.

## **2.2. O transporte hidroviário interior no Brasil**

O Brasil, com uma vasta natureza, possui uma das mais vastas redes hidrográficas do mundo, não só pela extensão como pela vazão dos rios que a integram. A nossa rede hidrográfica é de cerca de 42 mil quilômetros, dos quais, 27 mil são navegáveis, e desses, apenas 15 mil são realmente navegados, sendo que a Bacia Amazônica, por si só, abrange, cerca da metade das vias navegáveis do território brasileiro. Desse modo, a extensão de nossas vias fluviais é maior que a extensão de nossa fronteira marítima, de 7,5 mil quilômetros.

Infelizmente, essa vasta e significativa rede hidrográfica sofre as consequências de algumas dificuldades de ordem geográfica e citaremos como exemplo a necessidade de uma longa distância para a hidrovía interior.

A hidrovía interior precisa de distância longa a percorrer com a carga para sobrepujar o alto custo dos transbordos e, assim, se tornar rentável. E, da mesma forma, não é adequada quando há urgência no transporte de carga.

Essas dificuldades, embora também afetem as ferrovias e rodovias, pelo menos no que tange à transposição de obstáculos parecem ser as responsáveis pela pouca prioridade atribuída às hidrovias no nosso país. Atualmente, verificamos que o modal fluvial tem uma menor importância no sistema de transporte no Brasil, apesar da grande extensão navegável das nossas bacias e da certeza de que as hidrovias devem desempenhar o papel dos grandes eixos de transporte, deixando as funções capilares às rodovias e ferrovias. É o caso natural da Amazônia: por ter elevados índices pluviométricos e configuração de planície, a rede de drenagem é densa e volumosa, o que cria dificuldades para a implantação de vias terrestres, exigindo a realização de numerosas obras de arte no seu caminho e demonstrando que, naquela região, a solução é a hidrovía. Não é por acaso que, por lá, a rua é o rio.

## **2.3. Hidrologia no desenvolvimento dos recursos Hídricos**

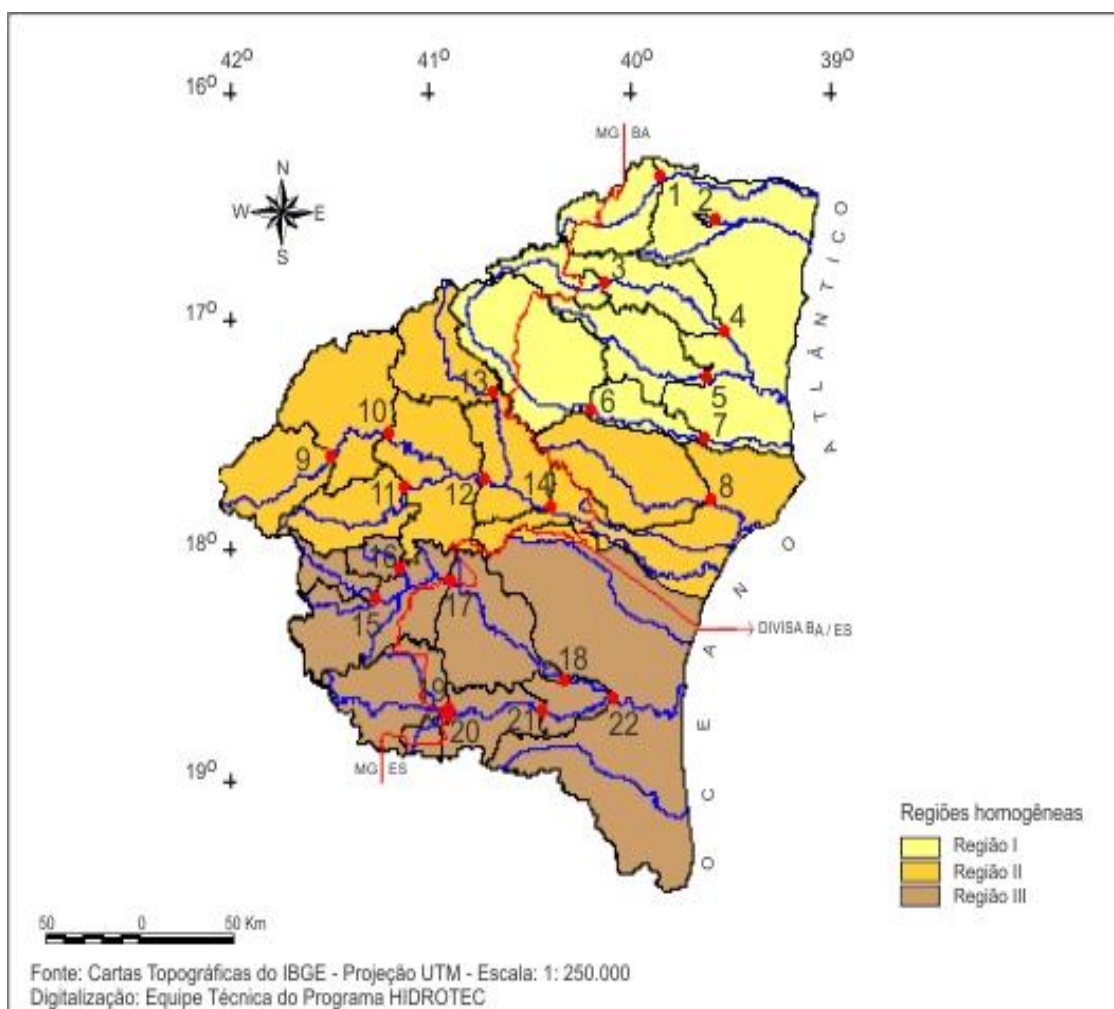
A navegação interior é ainda pequena, mas com grande potencial de transporte, principalmente nos rios Jacuí, Tietê/Paraná, São Francisco e na Amazônia. A navegação pode ter um peso significativo no desenvolvimento nacional. Os principais aspectos hidrológicos são: disponibilidade hídrica para calado, previsão de níveis e planejamento e operação de obras hidráulicas para navegação.

### **2.3.1. Disponibilidade Hídrica para calado**

A disponibilidade de água em rios, lagos e aquíferos depende de diversos aspectos relacionados, entre outros, ao clima, ao relevo e à geologia da região; e deve atender aos usos múltiplos na bacia, quais sejam: abastecimento para população, abastecimento de indústrias, conservação do ecossistema, criação de animais, diluição de águas residuais, calados para navegação, irrigação de áreas agrícolas, aquicultura, produção de energia através de hidrelétricas, recreação e turismo.

A definição de disponibilidade hídrica admite diferentes interpretações e está ligada às finalidades de planejamento e gerenciamento da bacia. No "Atlas Digital das Águas de Minas" admite-se que a disponibilidade hídrica de águas superficiais está relacionada às condições naturais da bacia considerando a ocorrência das interferências humanas.

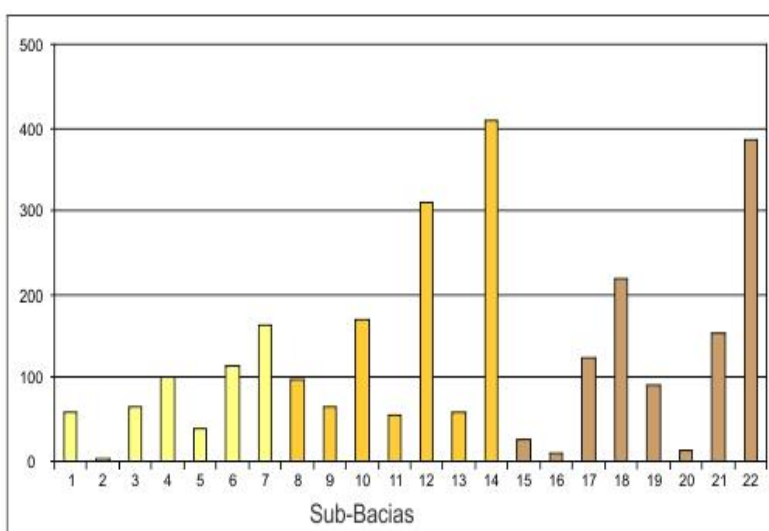
Na figura que se segue estão apresentadas as três regiões hidrologicamente homogêneas identificadas para a vazão média de longo período e a localização das sub-bacias estudadas.



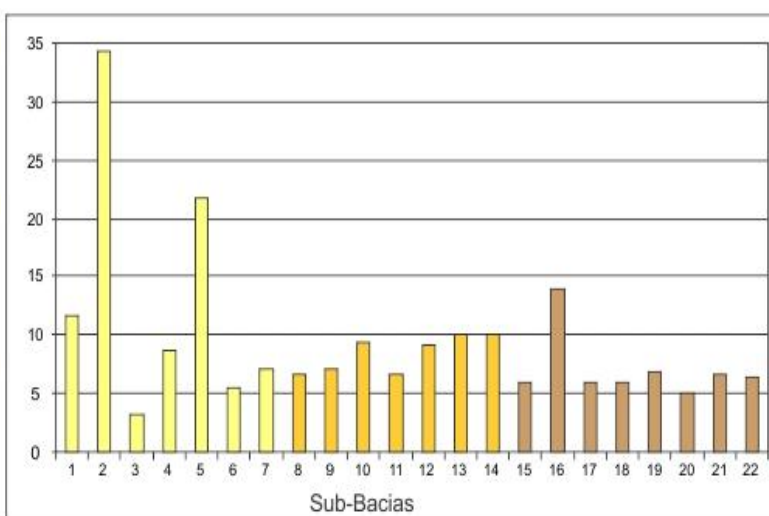


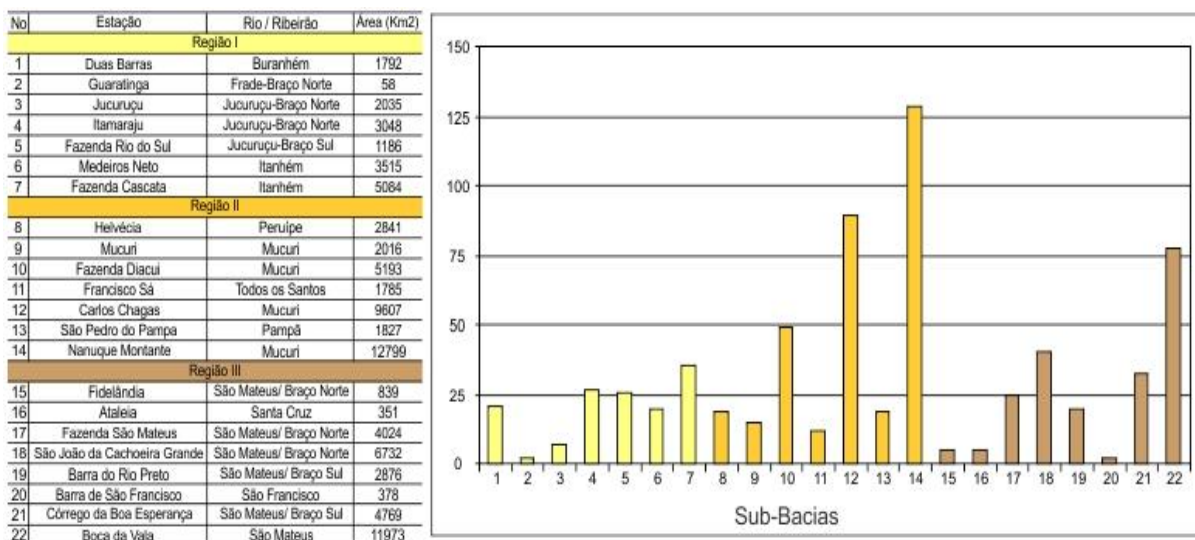
Nas figuras seguintes, estão representados os comportamentos das precipitações e vazões nas sub-bacias e as áreas mais e menos privilegiadas, pela natureza, em recursos hídricos. Estes valores constituem importante avaliação do potencial hídrico que pode ser desenvolvido na região, em termos de limite superior.

No	Estação	Rio / Ribeirão	Área (Km <sup>2</sup> )
<b>Região I</b>			
1	Duas Barras	Buranhém	1792
2	Guaratinga	Frade-Braço Norte	58
3	Jucuruçu	Jucuruçu-Braço Norte	2035
4	Itamaraju	Jucuruçu-Braço Norte	3048
5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu-Braço Sul	1186
6	Medeiros Neto	Itanhém	3515
7	Fazenda Cascata	Itanhém	5084
<b>Região II</b>			
8	Helvécia	Peruípe	2841
9	Mucuri	Mucuri	2016
10	Fazenda Diacui	Mucuri	5193
11	Francisco Sá	Todos os Santos	1785
12	Carlos Chagas	Mucuri	9607
13	São Pedro do Pampa	Pampá	1827
14	Nanuque Montante	Mucuri	12799
<b>Região III</b>			
15	Fidelândia	São Mateus/ Braço Norte	839
16	Ataleia	Santa Cruz	351
17	Fazenda São Mateus	São Mateus/ Braço Norte	4024
18	São João da Cachoeira Grande	São Mateus/ Braço Norte	6732
19	Barra do Rio Preto	São Mateus/ Braço Sul	2876
20	Barra de São Francisco	São Francisco	378
21	Córrego da Boa Esperança	São Mateus/ Braço Sul	4769
22	Boca da Vaia	São Mateus	11973



No	Estação	Rio / Ribeirão	Área (Km <sup>2</sup> )
<b>Região I</b>			
1	Duas Barras	Buranhém	1792
2	Guaratinga	Frade-Braço Norte	58
3	Jucuruçu	Jucuruçu-Braço Norte	2035
4	Itamaraju	Jucuruçu-Braço Norte	3048
5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu-Braço Sul	1186
6	Medeiros Neto	Itanhém	3515
7	Fazenda Cascata	Itanhém	5084
<b>Região II</b>			
8	Helvécia	Peruípe	2841
9	Mucuri	Mucuri	2016
10	Fazenda Diacui	Mucuri	5193
11	Francisco Sá	Todos os Santos	1785
12	Carlos Chagas	Mucuri	9607
13	São Pedro do Pampa	Pampá	1827
14	Nanuque Montante	Mucuri	12799
<b>Região III</b>			
15	Fidelândia	São Mateus/ Braço Norte	839
16	Ataleia	Santa Cruz	351
17	Fazenda São Mateus	São Mateus/ Braço Norte	4024
18	São João da Cachoeira Grande	São Mateus/ Braço Norte	6732
19	Barra do Rio Preto	São Mateus/ Braço Sul	2876
20	Barra de São Francisco	São Francisco	378
21	Córrego da Boa Esperança	São Mateus/ Braço Sul	4769
22	Boca da Vaia	São Mateus	11973





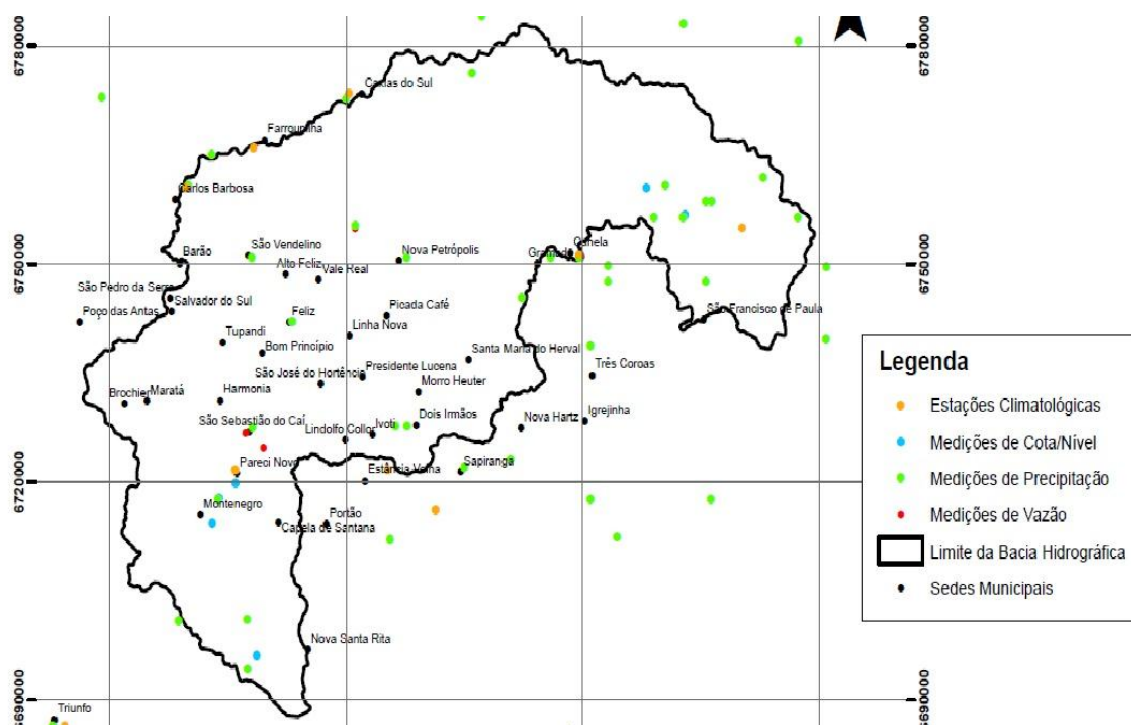
Na caracterização hidrológica e climática da Bacia do Rio Caí foram utilizadas as seguintes informações:

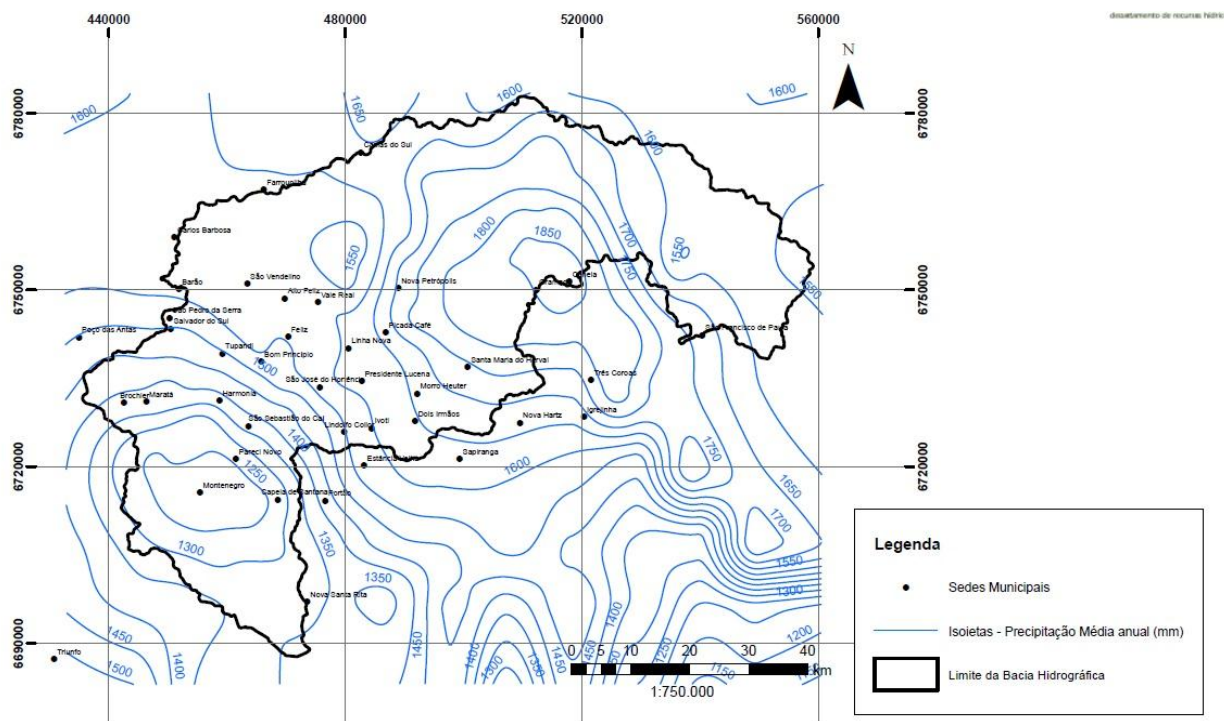
- 03 (três) postos fluviométricos (com medição de vazão em: Nova Palmira, Barca do Caí e Costa do Rio Cadeia – dados disponibilizados no Banco de Dados de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (*Hidroweb/ANA*);
- 46 (quarenta e seis) postos pluviométricos (com medição de precipitação) - dados fornecidos pelo *Hidroweb/ANA*, CEEE, INMET e FEPAGRO/RS;
- 11 (onze) estações climatológicas (com medição de precipitação, temperatura, umidade, pressão atmosférica, etc.) - dados fornecidos pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH), INMET e FEPAGRO/RS. Os dados climáticos foram compilados por MAGNA (1997).

De uma forma geral, a pior disponibilidade de dados se refere a medições de vazão na bacia, neste caso, pode-se destacar: (i) a reduzida quantidade de dados disponíveis; (ii) a ausência quase completa de dados de vazão na parte mais alta da bacia; (iii) a dificuldade de obter informações no trecho inferior, pelo efeito de jusante; (iv) carência de informações de vazão dos principais afluentes do Rio Caí. As séries de medições de chuva (precipitação) são mais adequadas, especialmente porque foi possível contar com dados da CEEE que

disponibilizou informações de 11 (onze) estações de medição de chuva. A modelagem hidrológica da Bacia do Caí foi favorecida pela utilização destes dados. As estações climatológicas, por sua vez, situam-se no interior das mesma ou próxima do divisor de águas.

Os quadros 4.1.1 a 4.1.6 apresentam a compilação de dados climatológicos. No mapa 4.1.1 é apresentada a localização de todos os postos hidroclimatológicos utilizados no estudo. No mapa 4.1.2 são apresentadas isoietas de precipitação média anual em mm. Conforme este mapa as maiores médias anuais de precipitação ocorrem na porção nordeste da bacia entre Nova Petrópolis e São Francisco de Paula.





### 2.3.2. Previsão de níveis e planejamento

O Planejamento e Controle da Produção consistem essencialmente em um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa.

O planejamento da produção determina como, com que, e a que custo o produto deverá ser manufaturado, fornecendo os dados básicos para o estabelecimento de programas de produção por meio das seguintes instruções: roteiro da produção, detalhes de cada operação produtiva, padrões de tempos operacionais, ferramentas necessárias e estimativas.

Há algumas funções específicas do Controle da Produção (PCP), tais como: o plano de produção, sistema de emissão de ordens, a emissão de ordens propriamente, a liberação das ordens, o controle, e a expedição. Contudo, o PCP nem sempre apresentará as mesmas funções, em qualquer indústria. É necessário levar em consideração o tipo de indústria, o tamanho da empresa e as diferenças estruturais administrativas.

Os sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), independente da sua filosofia de concepção, devem apresentar atividades básicas para seu funcionamento. Estas estão estruturadas de modo que o PCP cumpra suas funções.

A estrutura básica do PCP pode ser resumida de forma que as previsões (nível I) oferecem à empresas estimativas da demanda do mercado. As quantidades de produto são planejadas e programadas em um nível total (nível II). Os níveis de estoque existentes e de reserva são também avaliados e os planos para satisfazer necessidades de material e capacidade são formulados e avaliados (nível III).

Assim, não é de interesse da indústria, programar a manufatura de produtos, cuja capacidade (recursos de máquina, mão-de-obra, espaço físico, etc.) e materiais (matéria-prima, produto-meio, etc.) não contemplem a realidade de sua estrutura. Por isso é importante que essas atividades interajam entre si, de forma a tornar o PCP mais próximo da realidade empresarial.

Pode-se dividir o Planejamento e Controle da Produção em várias etapas, dependendo de cada indústria. Estas etapas incluem informações de suma importância para o conjunto. Há várias divisões na literatura a respeito do PCP. Mencionaremos informações sobre previsões.

As previsões são avaliações de ocorrências de eventos futuros incertos. Seu objetivo básico é usar a melhor informação disponível para dirigir atividades futuras para as metas de empresa. O PCP interessa-se, principalmente pela previsão de demanda. Uma boa previsão permite aos gerentes planejar níveis adequados de pessoal, matéria-prima, capital, estoque, etc. Desse planejamento resulta um melhor uso de capacidade, melhor atendimento ao cliente, etc. Quando uma empresa não está apta a prever, ela corre o risco de não suportar as alterações bruscas do ambiente empresarial.

Há vários métodos de previsões. Entre eles pode-se citar o método de opiniões coletivas, de indicadores econômicos e séries temporais. Para nosso assunto é importante citarmos a Previsão de variáveis hidrológicas de curto prazo.

A Previsão de variáveis hidrológicas de curto prazo pode ser realizada com antecedência de poucos minutos até um mês (de forma geral), dependendo da variável ou das condições de antecedência. Existe a possibilidade de aumentar a antecedência em casos especiais.

A previsão da precipitação depende do uso de modelos meteorológicos e sistemas de apoio como radares e satélite. Na literatura inglesa a previsão de precipitação é denominada de QPF (quantitative precipitation forecasting). As previsões chamadas “Nowcasting” são para antecedências de 0 a 3 horas, curto prazo, até cerca de 10 dias.

Além deste período são denominadas de previsão de longo prazo. Como a umidade na atmosfera se renova de 7 a 10 dias, é esperado que os modelos meteorológicos somente fossem efetivos com esta antecedência, apesar de atualmente estarem acoplados ao oceano (maior inércia) que é a fonte principal de umidade (além do solo) para o sistema atmosférico.

No caso da previsão da vazão de curto prazo existem várias condições, descritas a seguir:

(a) **Quanto ao uso da previsão:** — para inundações: são previsões durante determinados períodos do ano ou de eventos. Este sistema de previsão ocorre apenas quando o rio atinge um nível de risco ou quando existe alerta de um cenário de chuva extrema; — Para navegação: geralmente são previsões contínuas que possuem o objetivo de permitir o tráfego de barcos dentro dos “calados” (profundidade que permite o barco trafegar sem encalhar); — para operação de reservatórios de energia ou outros: também são previsões contínuas ao longo do tempo que têm objetivo de segurança e de melhor geração de energia. Este tipo de previsão pode ser acoplada a um modelo de otimização.

(b) **Quanto às variáveis envolvidas:** De acordo com o sistema e a antecedência necessária, a previsão de vazão de curto prazo pode ser realizada de acordo com o seguinte:

(b.1) **Com base na observação de níveis ou vazão numa seção de montante** (rio acima): Esta previsão depende do tempo de deslocamento da vazão entre a observação de montante e de jusante. Em grandes rios este tipo de aplicação é muito frequente com bons resultados e antecedências aceitáveis, pois a contribuição de vazão entre os dois locais pode ser desprezível. Os modelos utilizados são simples e de fácil implantação;

(b.2) **Com base na observação da chuva na bacia hidrográfica:** A antecedência é maior, mas aumenta o erro, pois o processo de transformação de chuva em vazão tem mais incertezas do que a simples propagação do escoamento dentro do rio, usado em bacias menores ou quando se deseja aumentar a antecedência;

(b.3) **Previsão com base num posto fluviométrico a montante e na chuva da bacia intermediária:** é a combinação dos anteriores e usado quando a contribuição entre os postos representa uma vazão não desprezível (com relação ao primeiro caso);

(b.4) **Previsão da precipitação (QPF), medidas da chuva e vazão:** a previsão da chuva permite aumentar ainda mais antecedência. Este tipo de previsão integra modelo meteorológico e modelo hidrológico, podendo usar também medidas de satélite e radar.

### **Previsão hidrológica**

Os modelos conceituais procuram retratar os processos físicos, apesar das dificuldades, mas evidentemente apresentam deficiência neste processo. Por exemplo, mesmo o modelo conceitual tendo uma representação física, se a estimativa da distribuição temporal da chuva for deficiente, os resultados serão ruins. Enquanto isto, um modelo empírico tem seus parâmetros corrigidos para compensar o erro. Ficando consistente para o evento, mas ruim para outros eventos. A principal vantagem é permitir melhor extrapolar os eventos, tendo mais consistência metodológica. As desvantagens são de apresentar maiores dificuldades para correções de erros tendenciosos dos dados e da atualização em tempo real.

Podemos observar duas etapas essenciais do modelo: a fase do ajuste, onde os parâmetros são identificados e a fase de previsão, onde são utilizados dados de entrada em tempo real e observados dados da variável prevista. Quando esta variável é recebida o modelo é atualizado. A Atualização é realizada nos parâmetros e/ou das variáveis de estado do modelo.

Considerando inicialmente apenas os processos hidrológicos, é necessário identificar a antecedência relacionada com a distância no tempo, entre a variável de entrada e a variável de previsão. Por exemplo, num trecho de rio o traslado da onda entre a seção de montante e jusante

é o tempo máximo de antecedência. Na bacia hidrográfica, o tempo máximo de antecedência é o tempo de concentração da bacia.

Os modelos chuva-vazão são utilizados para prever a vazão à partir da chuva e os modelos que simulam o escoamento no rio, chamados vazão – vazão, são utilizados para prever num trecho de rio. O segundo caso se utiliza, quando a contribuição entre as duas seções é pequena, se comparada com os hidrogramas de montante e jusante. Existem diversos modelos chuva-vazão ou vazão – vazão, empíricos e conceituais que apresentam bons resultados. Geralmente a questão fundamental desta modelagem é a precisão das variáveis de entrada, principalmente a chuva e sua distribuição temporal e espacial, que depende do monitoramento.

Um dos modelos mais simples que você pode usar para previsão em rios é a regressão linear múltipla da diferença das variáveis utilizadas. Para previsão em bacias existem os modelos conceituais concentrados para pequenas bacias e os modelos distribuídos por bacia e por módulos para bacias maiores. Para estes modelos existem as mais variadas configurações.

### **Previsão meteorológica + hidrológica**

Considerando que necessitamos antecipar no tempo a previsão, pode-se utilizar a previsão de chuva do futuro com modelo meteorológico. A previsão da chuva é feita com modelo meteorológico e a chuva no tempo futuro é introduzida no modelo chuva-vazão para a vazão no futuro. Este tipo de modelo combina um modelo meteorológico e um modelo distribuído.

Num estudo realizado para a ANEEL, cerca de alguns anos atrás, o IPH com a parceria do INPE/CPETEC e IAG/USP elaborou um estudo de previsão das vazões na bacia do rio São Francisco. O estudo constou de previsão de curto e longo prazo.

Para a parte hidrológica da previsão de longo e curto prazo foi utilizado o modelo IPH – MGB foi ajustado a toda a bacia do rio São Francisco.



Para a parte meteorológica de longo prazo foram utilizados três modelos: Modelo Global Climático do CPTEC (200 km de malha), modelos regionais BRAMS e ETA. O modelo global do CPTEC mostrou uma previsão tendenciosa estimando chuvas superiores aos valores observados. Utilizou-se uma correção estatística que melhorou muito os resultados. Os modelos regionais não mostraram tendenciosidade, mas os resultados de previsão foram muito piores que o modelo global corrigido.

Foram elaboradas previsões com antecedência de 1 a 6 meses para vários locais da bacia e comparados com a tendência média de vazão mensal de cada local (MLT). Foram comparados, MLT, previsão se a chuva fosse conhecida (Pobs), para analisar o erro hidrológico; a vazão observada (Três Marias Natural) e a previsão pelo modelo com chuva prevista (P global).

Pobs – previsão realizada pelo modelo hidrológico com a chuva conhecida; Global: Previsão com modelo global para a chuva + modelo hidrológico; Previvazm: modelo estocástico atualmente em uso pela ONS; MLT média mensal de longo prazo; empírico- modelo que correlaciona níveis do oceano e vazões mensais nos locais. Observa-se que o uso do modelo global + hidrológico apresenta os melhores resultados, aumentando o seu ganho com antecedência da previsão, se comparados às alternativas. Existe mais espaço para melhoras na parte dos modelos climáticos.

### **2.3.3. Operação de obras hidráulicas para a navegação**

Neste tópico teremos como exemplo as eclusas.

A **eclusa** é uma obra da engenharia hidráulica através da qual é possível transportar barcos por canais com diferenças de altitude (para cima ou para baixo) através de um sistema de comportas.

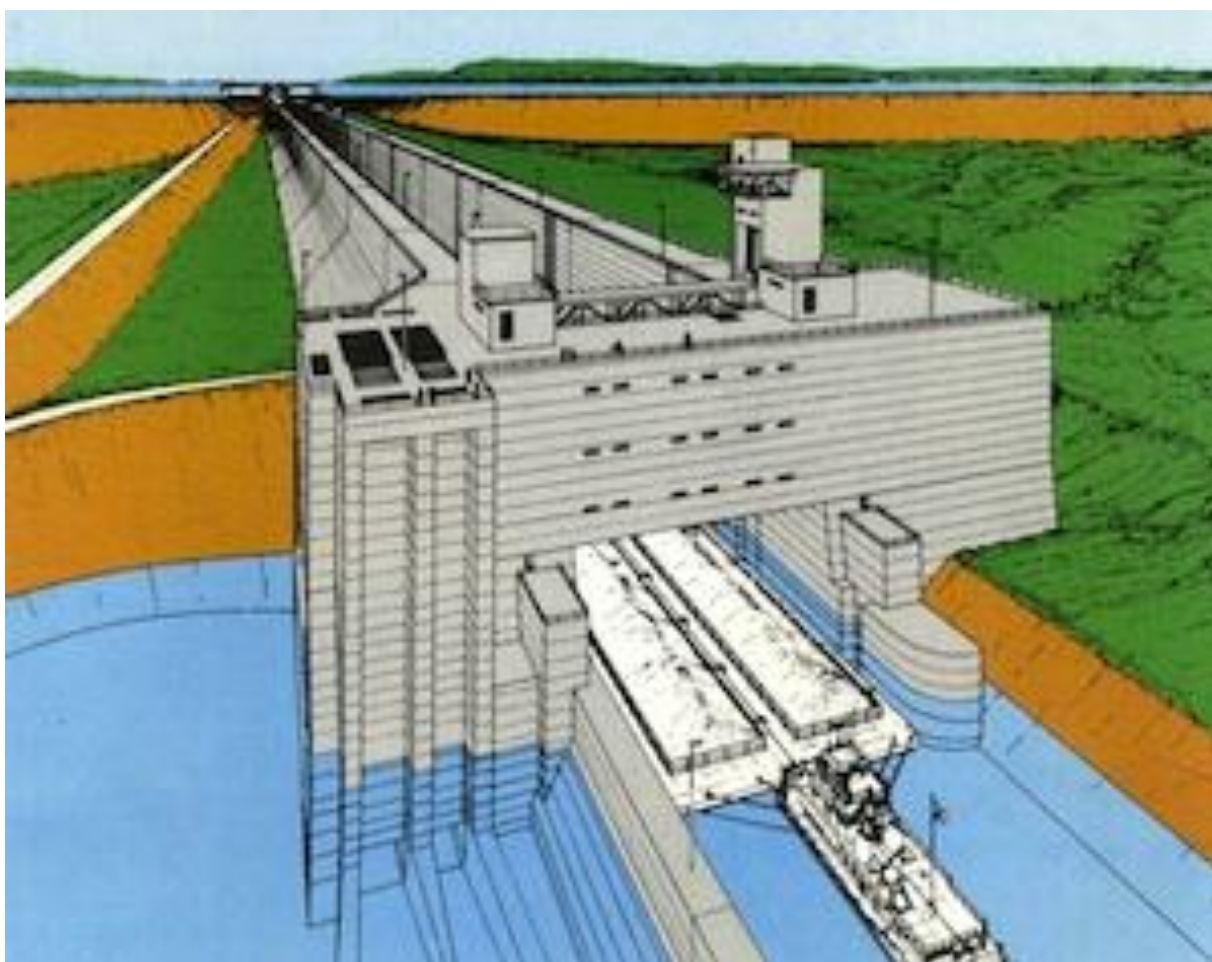
Eclusa é o nome dado a cada uma das comportas que funcionam como se fossem elevadores de água que fazem os navios subirem e descerem. O sistema é relativamente simples e funciona com o auxílio da gravidade: suponhamos que um navio vá fazer o trajeto de descida por uma eclusa, a primeira porta da eclusa se abre permitindo que o navio entre (a eclusa é como

uma caixa sem a tampa que se abre e fecha por duas das laterais, a da frente e a de trás), assim que o navio entra, ela é fechada novamente e a água é retirada até que atinja o mesmo nível do corpo d'água a jusante da eclusa; quando atinge o mesmo nível, a segunda porta se abre e o navio pode sair.



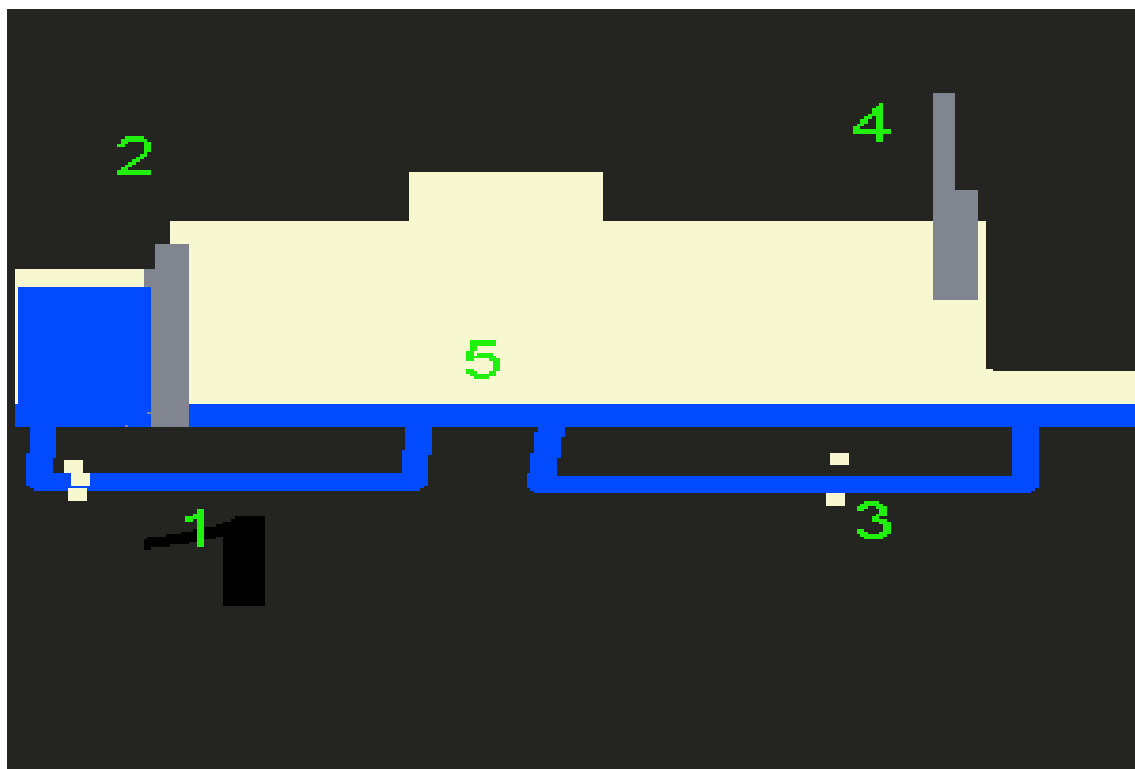
Dependendo da diferença de altitude entre o corpo d'água a montante e o corpo d'água a jusante da eclusa, ela pode ser classificada em: eclusa de baixa queda, eclusa de média queda, eclusa de alta queda e eclusa de altíssima queda.

Quando o nível da água dentro da eclusa chega ao nível da represa rio acima, a comporta de saída é aberta e o navio segue seu destino.



Para fazer o inverso, a câmara da eclusa, é esvaziada e quando o nível da água chega ao mesmo nível do rio na parte de baixo da barragem, a comporta de saída é aberta e a embarcação segue seu curso. Tudo isso é feito com tecnologia nacional e em tempo recorde. São necessários 12 minutos para realizar a operação de subida ou descida.

Observe a ilustração abaixo, ela mostra um diagrama de como funciona a eclusa:



- 1- Válvula de admissão de água
- 2- Comporta de entrada, (parte mais alta)
- 3- Válvula de dreno
- 4- Comporta de saída, (parte mais baixa)
- 5- Tubos de entrada de água no interior da eclusa

O tamanho da queda influencia em fatores importantes como a maior ou menor propensão à formação de turbulência, o tempo de enchimento e esvaziamento, variação maior ou menor no pico das vazões de enchimento/esvaziamento, problemas de cavitação, velocidade de condução nos tubos de enchimento/esvaziamento e a necessidade de sistemas mais eficientes dissipadores de energia. Conforme aumenta o tamanho da queda, aumenta conseqüentemente a complexidade da eclusa.

No Brasil existem cerca de dezoito eclusas, sendo cinco de alta queda, com a maior delas atingindo 35 metros – Tucuruí, um número pequeno se comparado aos 125 metros de queda da Eclusa de Três Gargantas na China.



A seguir citaremos características de algumas eclusas brasileiras:

### 2.3.3.1 ECLUSA DE TUCURUÍ (PA)

#### ***HISTÓRICO:***

Os rios Tocantins e Araguaia atravessam as regiões Centro-Oeste e Amazônica, comprovadamente dotadas de imensas riquezas minerais, banhando em extensões superiores a 2.000 km terras com natural vocação para a agropecuária. Se transformados em hidrovias de grande porte, poderão ser fatores determinantes da exploração em larga escala desses recursos pela possibilidade de direcionar a produção regional, desde Barra do Garças, no Brasil Central, para um porto flúvio marítimo no estuário do Amazonas - Vila do Conde, privilegiadamente localizado em relação aos mercados norte-americano, europeu e do Oriente Médio. Mas, para que a produção dessa região apresente condições de competitividade com outras áreas mais próximas do litoral ou dos grandes centros é fundamental a existência de uma via de transportes de baixo custo operacional como a hidrovia pode oferecer.

Da análise das condições de navegabilidade dos dois rios, verifica-se que essa hidrovia é constituída de longos trechos naturalmente navegáveis para embarcações adequadamente dimensionadas, embora com restrições de profundidade em passagens localizadas, porém, perfeitamente suscetíveis de correção, através de melhoramentos diretos a serem implantados progressivamente, em função da demanda de tráfego.

A construção da barragem de Tucuruí — situada no rio Tocantins Pará, a 250 km de sua foz - tem a finalidade primordial de gerar energia, através da usina hidroelétrica. Se, por um lado, a barragem afoga com seu reservatório as corredeiras de Itaboca, até então os principais empecilhos à implementação da navegação comercial no Tocantins, por outro lado, secciona a hidrovia, impondo a construção de uma obra de navegação de grande porte capaz de vencer o

desnível de 72 metros, criado. Dessa forma, o aproveitamento de Tucuruí compreende, também, um sistema de transposição localizado na margem esquerda do rio Tocantins e constituído por duas eclusas e um canal intermediário, adequadamente alinhado, cujo objetivo precípua é dar continuidade à navegação no trecho da hidrovia interrompido com a construção da barragem. Ao mesmo tempo, será viabilizada uma ligação ao porto de Belém PA, onde a hidrovia poderia se situar como alternativa de transporte para o minério de Carajás.

**A eclusa 1** tem estrutura de gravidade em concreto - massa e se conecta, pela Cabeça de Montante, ao eixo da Barragem de Terra da Margem Esquerda, através de quatro blocos de muros de ligação. O Sistema Hidráulico de Enchimento da Eclusa 1 é formado por duas tomadas d'água localizadas na cabeça montante, controladas por comportas do tipo setor-invertido. A distribuição de água dentro da câmara é feita através de oito difusores. A eclusa 1 dispõe de um sistema de alimentação suplementar previsto para a manutenção dos níveis d'água no canal intermediário.

**A eclusa 2**, está localizada junto à margem esquerda do rio Tocantins, próximo à cidade Tucuruí. Está posicionada de tal forma que dois terços de sua estrutura estão encaixados em rocha. O sistema hidráulico de enchimento da eclusa 2 é formado por uma tomada d'água tipo tulipa, encaixada na rocha do lado esquerdo da cabeça de montante, um sistema de controle por comportas do tipo setor-invertido e, um dissipador de energia, escoando as águas diretamente para o rio Tocantins. Completam-se com muros-guia situados a montante e a jusante, constituído de uma guia-corrente em terra e enrocamento, com a finalidade de proteger a entrada e saída dos comboios na eclusa e desviar o fluxo do rio Tocantins.

Dentro deste enfoque, a construção das eclusas de Tucuruí é imprescindível ao aproveitamento econômico do grande potencial agropecuário, florestal e mineral já identificado no Vale do Tocantins-Araguaia que depende da oferta de meios de transporte maciços, de baixo custo e baixo consumo energético, face ao pequeno valor unitário das cargas a serem geradas e às grandes distâncias a serem percorridas.

A obra possibilitará, ainda, a geração de empregos para a população da própria bacia hidrográfica e de outras regiões, numa contribuição para o desenvolvimento do Centro-Oeste e

Amazônia e para a desconcentração industrial do País, uma vez que será formado um corredor de exportação da produção regional com o aproveitamento do transporte hidroviário até um porto para embarcações marítimas.

Os dois empreendimentos em Tucuruí — as obras de geração de energia, a cargo da ELETRONORTE, e as obras de navegação sob responsabilidade do Ministério dos Transportes/Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental-AHIMOR, estão intimamente ligados, enquanto persistir a concomitância: obras principais fisicamente incorporadas, mesma infraestrutura de apoio (vilas residenciais instalações de canteiro, etc.); administração única da ELETRONORTE no canteiro; mesmos empreiteiros, mesmos preços unitários de serviços, mesmas condições contratuais. É de todo interesse resguardar esta unidade de ação e de condicionantes com vistas à otimização do empreendimento conjunto e ao máximo aproveitamento de mão-de-obra, equipamentos e materiais disponíveis no local.

***LOCALIZAÇÃO:***

Rio Tocantins, cerca de 250 km da sua foz.

***FINALIDADE:***

Navegação

***COMPRIMENTO:***

210,00 m

***LARGURA:***

33, 00 m

***DESNÍVEL:***

72, 00 m



### 2.3.3.2 ECLUSA DE AMARÓPOLIS (RS)

#### ***HISTÓRICO:***

Em 1997 foi realizada restauração do barramento, através da recolocação de aproximadamente 10 alças que se apresentavam desarticuladas de seus pinos de fixação. Com essa providência, foi restabelecido o nível de represamento nas condições de projeto e a transposição da barragem poder voltar a realizar-se sem restrições de calado introduzidas a partir da desativação daquelas alças. Nesse mesmo ano verificou-se o pico de movimentação através dessa eclusa, quando ali foram eclusadas 2.448.00 t de areia no sentido montante/jusante. No ano de 2.000 a movimentação restringiu-se a 1.672.000 t de areia; quantitativo semelhante ser alcançado no presente exercício.

#### ***LOCALIZAÇÃO:***

PK 74 da Hidrovia do Rio Jacuí margem esquerda

#### ***FINALIDADE:***

Navegação

#### ***COMPRIMENTO:***

120,00 m

#### ***LARGURA:***

17,00 m

#### ***PROFUNDIDADE:***

3,00 m - em relação à estiagem (+0,5 m a jusante da obra)

***DESNÍVEL MÁXIMO:***

4,60 m - referido ao nível de estiagem

***CAPACIDADE DE CARGA:***

6.600.000 t/ano

***COMBOIO - TIPO:***

Automotor de 2.500 t de carga útil

***SITUAÇÃO:***

Junto à Vila de Santo Amaro, município de Gen. Câmara

***RESPONSÁVEL:***

Administração das Hidrovias do Sul - AHSUL

**2.3.3.3ECLUSA DE BOA ESPERANÇA (PI)*****HISTÓRICO:***

Construídas com a finalidade de vencer o romper o desnível de cerca de 50,00 m da barragem de terra de Boa Esperança, por um meio de um sistema de duas eclusas com lago intermediário. A eclusa de montante situa-se na barragem (ombreira direita) e a eclusa de jusante próxima ao rio, ao qual se liga por um canal escavado em rocha.

***LOCALIZAÇÃO:***

Rio Parnaíba, município de Guadalupe - PI, cerca de 80 km a montante da cidade de Floriano - PI.

***FINALIDADE:***

Navegação

***COMPRIMENTO:***

50,00 m

***LARGURA:***

12,00 m

***PROFUNDIDADE:***

2,5 m (min)

***DESNÍVEL:***

23,50 m

***SITUAÇÃO:***

As obras civis das eclusas e do dique do lago intermediário, estão concluídas desde 1982. Os equipamentos eletromecânicos não tem data prevista para instalação.

***RESPONSÁVEL:***

DNIT

É de nosso interesse saber a existência do Laboratório de Obras Hidráulicas.

O **Laboratório de Obras Hidráulicas**, localizado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, visa aprimorar conhecimentos sobre fenômenos hidráulicos, a fim de gerar soluções técnicas que sejam eficientes e de menor custo para o dimensionamento de obras hidráulicas. Seus objetivos são:

- Compreender os processos físicos envolvidos nos fenômenos hidráulicos;
- Desenvolver ferramentas e metodologias de previsão de esforços hidrodinâmicos provocados pelo escoamento;
- Verificar e comparar os critérios de dimensionamento existentes na literatura;
- Desenvolver linhas de pesquisa (P&D) na área de eficiência energética e hidráulica.

Sua principal missão é desenvolver pesquisas e tecnologias, visando o conhecimento aplicável às obras hidráulicas. Além disso, busca-se garantir sustentabilidade no uso de recursos hídricos com eficiência hidráulica e econômica, através do ensino e capacitação em diferentes áreas e níveis. O laboratório tem como visão tornar-se um centro de referência de pesquisas em obras hidráulicas.

Atualmente, a infraestrutura para atendimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão consiste em:

- Pavilhão Fluvial e Marítimo, para modelos reduzidos;
- Laboratório de Ensino de Hidráulica;
- Laboratório de Física do Solo;
- Laboratório de Saneamento Ambiental;
- Laboratório de Obras Hidráulicas;
- Laboratório de Sedimentos;
- Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade.

O IPH ainda conta com o Setor de Computação, Setor de Instrumentação, Setor de Hidrometria, Biblioteca, Anfiteatros, Oficinas, Salas de Aula e Gabinetes de Trabalho. Este artigo apresenta o Laboratório de Obras Hidráulicas (LOH), um centro de pesquisas localizado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

- **Esforços Hidrodinâmicos**

1. **Dissipadores de Energia Hidráulica**

- > por ressalto hidráulico: estudo numérico e experimental de bacias de dissipação por ressalto hidráulico a partir de medições do campo de pressões e de velocidades.

- > vertedouro em degraus: estudo da influência da altura dos degraus e da inclinação da calha do vertedouro na dissipação de energia; e da distribuição de pressões extremas ao longo da calha do vertedouro em degraus e da bacia de dissipação.

- > fossas de erosão: desenvolvimento não só de ferramentas, como também de metodologias de previsão de profundidade e de forma de erosão através da análise experimental e numérica para aplicação em projetos de engenharia e na escolha de medidas para mitigação.

2. **Transientes Hidráulicos**

- > transientes em usinas: validação de um modelo matemático que simule transientes hidráulicos em usinas hidrelétricas e criação um banco de dados com valores de protótipo e de laboratório para uso da comunidade científica.

- > eclusa: estudo dos fenômenos transitórios em câmaras de eclusas através do método das características, assim como em circuitos hidráulicos destinados à geração de energia.

### 3. Vibração em Estrutura Hidráulica

> em cilindro: o comportamento oscilatório dos cilindros foi descrito através de curvas de amplitudes adimensionais e curvas de frequência adimensional.

> em comporta: comparação dos comportamentos vibratórios induzidos pelo escoamento sobre um dispositivo elástico, representativo de uma comporta plana vertical que apresenta descarga de fundo, com diferentes geometrias de terminal inferior que estão em contato com o escoamento.

- **Eco-Hidráulica**

#### **Transposição de Peixes**

> mecanismo de transposição para peixes: desenvolvimento de estudos sobre a implantação de mecanismos para a transposição de peixes que permitam a passagem desses animais pelas barragens, já que a construção dessas impede o livre deslocamento dos peixes de piracema entre as áreas de alimentação e de desova.

- **Eficiência Energética**

Saneamento



## CAPÍTULO 3

### **Alguns projetos de Hidrometeorologia no Brasil**

#### **3.1. Laboratório de Hidrometeorologia**

O laboratório de Hidrometeorologia desenvolve pesquisas relacionadas com a previsão de chuva e vazão de curto e curtíssimo prazo por meio de sistemas de medição locais e remotos, modelos numéricos atmosféricos e hidrológicos.

Projetos de pesquisa ligados ao LABHIDRO compreendem a integração de dados de precipitação de sensores locais e remotos, o estudo da camada limite urbana, ilha de calor e seus efeitos, a caracterização e a modelagem da circulação de brisa marítima e terrestre, análise dos mecanismos de disparo de convecção profunda, a correlação entre atividade elétrica e precipitação, a calibração e aferição de sistemas de medição, a modelagem hidrológica por meio de modelos distribuídos e de redes neurais, a previsão de chuva a curtíssimo prazo com o radar meteorológico, a previsão de curto prazo com o sistema ARPS e a previsão de vazão.

O LABHIDRO ainda desenvolve pesquisa sobre a convecção e sua energética na Amazônia, o ciclo diurno da precipitação na América do Sul por meio de informações de satélites ambientais e radares meteorológicos, além da validação de estimativas de chuva com sensores multiespectrais a bordo de satélites.

A frequência e acurácia dos produtos são variáveis e sujeitas a alterações devidas à complexidade dos sistemas meteorológicos, limitações dos modelos e equipamentos de medição. Desta forma, o LABHIDRO não se responsabiliza pelo uso das informações oferecidas. Os Meteorologistas são os profissionais habilitados pelo sistema profissional CONFEA/CREA, preparados e treinados para analisar e interpretar as informações meteorológicas de tempo e

clima.

### **Imagens Radar (MXPOL):**

Este sistema se utiliza de microondas para monitorar as nuvens e a chuva num raio de até 150 km dado o uso da polarimetria das ondas eletromagnéticas, o MXPOL infere os tipos de meteoros (gotas, cristais de gelo, granizo), o que melhora a estimativa de chuva e sua previsão.

### **Modelo:**

#### **ARPS:**

O sistema ARPS prevê o tempo com até 48 horas de antecedência. O ARPS utiliza de um sistema computacional de alto desempenho.

#### **EMA:**

As estações meteorológicas automáticas de Hidrometeorologia compõem uma rede de monitoramento das variáveis meteorológicas. Elas permitem o monitoramento e a previsão do tempo a curtíssimo prazo. Integradas ao modelo ARPS e ao radar MXPOL.

### **Artigos Científicos:**

Leia os artigos de diversos assuntos publicados pelo grupo, ligados ao desenvolvimento e a otimização do sistema de previsões a curto e curtíssimo prazo...

### **Projetos:**

Existem ainda alguns projetos em andamento com conclusão prevista para julho de 2014.



### **3.2. Laboratório de Obras Hidráulicas**

Conforme mencionamos anteriormente, este laboratório tem significativa importância. Reservamos este espaço para falar sobre seus projetos.

#### **Pesquisas em Desenvolvimento desde 2009**

- Análise das características macroturbulentas ao longo da calha de um vertedouro em degrau e no ressalto hidráulico formado a jusante (em parceria com Dona Francisca Energética S.A.)
- Estudo dos processos geomecânicos provocados por esforços hidrodinâmicos em fossas de erosão a jusante em saltos de esqui (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- Análise do comportamento hidráulico dos sistemas de enchimento e esgotamento de eclusas de navegação (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- Análise da macro turbulência em dissipadores por ressalto hidráulico (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- Transientes hidráulicos em circuitos de usinas hidrelétricas (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- LENHS - Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (em parceria com ELETROBRAS)
- Análise da distribuição de flutuação de pressão à jusante de dissipadores tipo concha

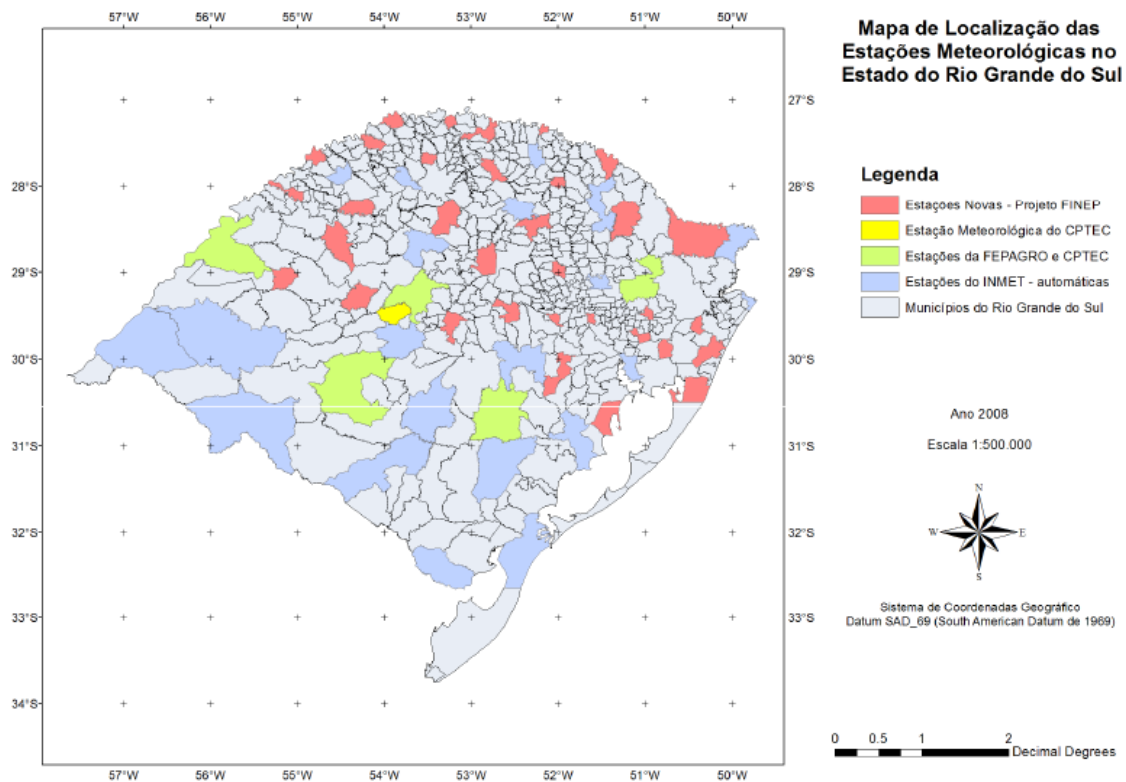
#### **Pesquisas Concluídas**

- Análise da macroturbulência na entrada de escadas de peixes através do estudo de variação instantânea das propriedades dos escoamentos (em parceria com CT-Hidro - CNPq)
- Características de escoamentos sobre vertedouros em degraus (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)

- Utilização de modelos numérico e experimental para dimensionamento e otimização de bacias (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- Padrões de vibração em estruturas hidráulicas por ação de escoamentos (em parceria com Furnas Centrais Hidrelétricas)
- Análise de macroturbulência em estrutura de dissipação de energia através do estudo de variação instantânea das propriedades dos escoamentos (velocidade, pressão e níveis).

Vale ressaltar que neste laboratório, localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, leva em consideração os aspectos de estabilidade física, contaminação das águas de superfície e subsuperfície, controle e passagem de cheias, erosões e assoreamento, uso futuro da área e, principalmente, a sustentabilidade das condições de estabilidade.

A figura a seguir mostra o mapa de localização das Estações Meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul.



### **3.3. Laboratório de Meteorologia Marítima**

A meteorologia marítima tem como foco o acompanhamento de sistemas severos no oceano, além da altura das ondas, para a segurança de navios. Institutos como o Centro de Previsão Oceânica, dos Estados Unidos, o escritório do Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos em Honolulu, Havaí, a Met Office (Agência Meteorológica do Reino Unido) e a Agência Meteorológica do Japão, entre outros, prepararam boletins regulares do tempo em alto mar.

### **3.4. Laboratório de Hidráulica Experimental e Recursos Hídricos**

**Laboratório de Hidráulica Experimental e Recursos Hídricos - LAHE.** É um laboratório de hidráulica experimental pertencente a FURNAS Centrais Elétricas S.A..

Neste laboratório são reproduzidas, em escala, as condições naturais dos locais de implantação de usinas hidrelétricas e é simulado o funcionamento das estruturas hidráulicas.

#### **Histórico**

Desde o projeto e construção da Usina de Furnas, em 1958, FURNAS vinha se utilizando do apoio de laboratórios particulares para a execução dos estudos em modelo reduzido necessários ao desenvolvimento dos projetos e acompanhamento das diversas fases construtivas de suas Usinas.

A partir de dezembro de 1983, junto à Subestação de Jacarepaguá, foi iniciada a implantação do LAHE, que teve como marco inicial a construção do modelo de conjunto das obras da Usina de Serra da Mesa.

## Visão e objetivo

O LAHE realiza estudos hidráulicos em modelos reduzidos, além de prestar assistência técnica à construção, operação e manutenção das obras hidráulicas.

Somados aos estudos hidráulicos em modelo reduzido, este laboratório também oferece: Projeto hidráulico de estruturas civis, Avaliação de obras hidráulicas em funcionamento, Operação de rede Hidrometeorologia, sedimentométrica e de qualidade da água, Projeto e implantação de redes hidrometeorológicas telemétricas e Estudos hidrológicos.

O laboratório, criado originalmente para atender às necessidades internas de FURNAS, atualmente vem oferecendo às demais empresas do setor elétricos, projetistas e órgãos destinados ao planejamento e construção de obras hidráulicas, uma adequada assistência técnica neste setor.

### 3.5. Estimativas de chuvas por satélites

Este artigo foi publicado em um site de Hidrologia. Este arquivo foi publicado no dia 09 de maio de 2010.

Foi observado que para determinar a precipitação que ocorre num local ou numa área atualmente pode ser utilizados vários métodos:

(a) **Método tradicional** do uso de aparelhos chamados pluviômetros (com leituras em intervalos fixos grandes) e pluviógrafos que possuem registros automáticos. Estes aparelhos possuem a vantagem de medirem com melhor precisão a chuva, mas a desvantagem de necessitarem uma densidade alta para uma representação espacial. É ainda o método mais preciso.

(b) Uso de Radar Meteorológico: que mede a chuva com base na frequência e possui melhor distribuição espacial da chuva, apesar dos custos e necessidade de um permanente ajuste com base nos dados medidos pelos aparelhos tradicionais;

(c) **Uso de satélite:** medidas com base em satélites que estabelecem relações com variáveis meteorológicas estimadas por dispositivos existentes em satélites. Geralmente possui pouca precisão para áreas específicas.

(d) **Reanálise:** é o uso de modelos climáticos que se ajustam aos dados de campo e interpolam os campos de precipitação. Todos estes métodos estimam a chuva que ocorreu.

A previsão de chuva por satélite pode usar alguns satélites como o GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite), utilizado para estimar a precipitação usada pelo Hidroestimador, algoritmo desenvolvido para estimativa de precipitação em tempo real, que utiliza uma relação empírica exponencial entre a precipitação estimada por radar e a temperatura de brilho do topo das nuvens, extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12. Outro satélite de uso de interesse para o Brasil é o TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission que tem o objetivo de medir a precipitação sobre os oceanos e trópicos.

Este tipo de medida é importante para:

(a) Locais com dados escassos, principalmente de informações espaciais, onde o custo é alto de obter uma densidade boa;

(b) Estimativa de precipitação de bacias grandes, já que sua precisão é baixa para áreas pequenas. Os valores do TRMM são ajustados a dados observados de uma rede esparsa, portanto não são puramente estimados por satélites, mas ajustados a uma malha;

(c) Permitir a estimativa da chuva recente na previsão em tempo real.

Na pesquisa de Bruno Collischonn foram utilizadas as estimativas de precipitação da rede convencional e do TRMM para a bacia do rio Tapajós e para a bacia do rio São Francisco em Três Marias (duas bacias de grande porte, além da discretização em sub-bacias também de tamanho significativo). O modelo hidrológico MGB-IPH foi ajustado com chuva de satélite e com chuva da rede convencional.

### **3.6. Projeto de Gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do Rio São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA).**

**Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013).**



As conclusões e os comentários desta pesquisa foram:

A vazão natural média anual do rio São Francisco é de 2.850,6 m<sup>3</sup>/s. Em 95% do tempo, a vazão natural na foz do São Francisco é maior ou igual a 853,7 m<sup>3</sup>/s. A bacia do São Francisco

tem uma disponibilidade hídrica de 1.849,4 m<sup>3</sup>/s (vazão regularizada mais a vazão incremental com permanência de 95%). A vazão média anual do São Francisco varia, em média, entre 1.461 m<sup>3</sup>/s e 4.999 m<sup>3</sup>/s. Ao longo do ano, a vazão média mensal pode variar entre 1.077 m<sup>3</sup>/s e 5.290 m<sup>3</sup>/s. Na bacia, as descargas costumam ter seus menores valores entre os meses de setembro e outubro, e as maiores descargas são observadas em março.

As vazões específicas nas unidades hidrográficas do São Francisco variam desde menos de 1 L/s/km<sup>2</sup>, em trechos do Sub-Médio, até mais de 10 L/s/km<sup>2</sup> no Alto São Francisco. Os rios Paracatu (14%), Velhas (13%), Grande (9%) e Urucuia (9%) são os principais formadores da vazão natural média. Em relação à contribuição da vazão com permanência de 95%, os principais formadores são os rios Grande (18%), Corrente (13%), Velhas (12%), Paracatu (12%) e Carinhanha (11%). Cerca de 73,5% da vazão média do rio São Francisco vem do estado de Minas Gerais. A Bahia contribui com 20,4%, Pernambuco com 3,2%, Alagoas com 0,7%, Sergipe com 0,4%, Goiás com 1,2% e o Distrito Federal com 0,5%. Considerando a vazão com permanência de 95%, a distribuição entre os estados é: Minas Gerais – 57,0%, Bahia – 38,1%, Pernambuco – 2,5%, Goiás – 0,9%, Alagoas - 0,7%, Distrito Federal – 0,5% e Sergipe - 0,4%.

A disponibilidade hídrica subterrânea na bacia foi estimada em 318,4 m<sup>3</sup>/s. Estas reservas foram consideradas como representando 20% das reservas reguladoras. Os valores de reservas calculados representam uma primeira aproximação e devem ser melhorados em função, principalmente, da carência de estudos sobre taxas de recarga dos aquíferos na bacia.

O domínio Fraturado possui uma área de 215.043 km<sup>2</sup>, reserva explorável de 12,7 m<sup>3</sup>/s e apresenta três sistemas aquíferos. O Cristalino Norte, situado na região semi-árida, apresenta poços com baixas vazões (média de 2 m<sup>3</sup>/h) e são frequentes os problemas de salinização das águas. O Cristalino Sul e Cristalino Metassedimento apresentam vazões intermediárias, com valores médios de vazão dos poços, respectivamente, de 8 e 7 m<sup>3</sup>/h.

O domínio Fraturado-Cárstico possui área total de 145.145 km<sup>2</sup> e reserva explorável de 26,6 m<sup>3</sup>/s, sendo composto pelos sistemas aquíferos Bambuí-Caatinga e Santana. Este domínio caracteriza-se pela associação de sedimentos e metassedimentos com rochas calcárias.

O sistema aquífero Bambuí-Caatinga é o mais importante dentro do domínio Fraturado-Cárstico, em função das reservas hídricas (26,5 m<sup>3</sup>/s) e da produtividade dos poços. Ele ocupa uma área de 138.494 km<sup>2</sup> e apresenta uma média de vazão dos poços de 10 m<sup>3</sup>/h. Ele é intensamente explorado em áreas como a bacia do Verde Grande e região de Irecê, na Bahia. É importante, entretanto, destacar o caráter heterogêneo deste aquífero em termos de produtividade dos poços, já que existem áreas em que ele comporta-se como aquífero tipicamente fraturado, com baixas vazões de poços, e áreas de comportamento cárstico, em que ocorrem rochas calcárias e os poços apresentam, em geral, elevada produtividade.

O domínio Poroso ocupa uma área de 274.593 km<sup>2</sup> e possui reservas exploráveis de 286,7 m<sup>3</sup>/s. É importante destacar que o domínio Poroso, embora ocupe 43% da área da bacia, possui 88% das reservas hídricas subterrâneas e apresenta os principais sistemas aquíferos.

No domínio Poroso, existem quatro sistemas aquíferos de extensão regional na bacia, cuja importância está relacionada à ampla área de ocorrência e às elevadas reservas exploráveis. Os sistemas aquíferos regionais dos Aluviões e Depósitos Litorâneos (24.063 km<sup>2</sup> e reservas exploráveis de 38,6 m<sup>3</sup>/s), Dunas (8.467 km<sup>2</sup> e reservas exploráveis de 4,6 m<sup>3</sup>/s), Cobertura Detrito-Laterítica (116.609 km<sup>2</sup> e reservas exploráveis de 91,2 m<sup>3</sup>/s) são ainda pouco estudados e seu potencial hídrico pouco conhecido. Estudos que avaliem melhor o potencial hídrico destes sistemas aquíferos são necessários.

O sistema aquífero mais importante é o Urucuaia-Areado, que possui área de 104.358 km<sup>2</sup> e reservas exploráveis de 135,3 m<sup>3</sup>/s, que representam 41% da disponibilidade hídrica subterrânea total da bacia. A vazão média dos poços é de 10 m<sup>3</sup>/h.

Na região semi-árida da Bacia do São Francisco existem importantes aquíferos do domínio poroso, que representam importante alternativa à escassez de águas superficiais. Estes sistemas aquíferos estão situados em três bacias sedimentares: Bacia do Parnaíba, Bacia do Araripe e Bacia do Tucano-Jatobá. Considerando que a região está situada em um contexto de semi-árida e de predomínio do sistema aquífero Cristalino Norte, as vazões possíveis de serem obtidas em poços nestes sistemas são muito importantes.



A Bacia do Parnaíba é pouco expressiva na bacia (área de 400 km<sup>2</sup>), mas apresenta sistemas aquíferos com grande potencial hídrico que são o Serra Grande e Cabeças. A Bacia do Araripe, na área da Bacia do São Francisco, possui uma área aproximada de 3.420 km<sup>2</sup> e dois sistemas aquíferos importantes: Exu e Santana. A Bacia do Tucano-Jatobá (área de 12.860 km<sup>2</sup>) apresenta cinco importantes sistemas aquíferos: Tacaratu, Inajá, Ilhas, Marizal e São Sebastião. Estes dois últimos são os aquíferos com maior potencial hídrico e já são utilizados no abastecimento de alguns municípios da região.

Merece também destaque no domínio Poroso a ocorrência, na região próxima à foz do São Francisco, o sistema aquífero Barreiras.

A bacia do São Francisco possui importantes sistemas aquíferos, que podem atender às demandas da região de forma complementar aos mananciais superficiais ou até de forma integral. Os sistemas aquíferos Bambuí-Caatinga, Urucuia-Areado e aqueles localizados na Bacia do Tucano-Jatobá já são utilizados para atender principalmente às demandas humana e de irrigação. Apesar do grande potencial hídrico, são ainda escassos os estudos hidrogeológicos em escala regional que avaliam a produtividade deles e as reservas hídricas. Em áreas de grande demanda por água subterrânea, como Irecê na Bahia e a Bacia do Verde Jacaré (sistema aquífero Bambuí-Caatinga), e região do oeste baiano (sistema aquífero Urucuia-Areado) já são necessários estudos de detalhe para subsidiar o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

Em relação à disponibilidade hídrica subterrânea, cabe destacar que o seu valor está incluído no valor de disponibilidade hídrica superficial. Ou seja, dentro de uma visão conjunta, as disponibilidades superficial e subterrânea não devem ser somadas. As reservas exploráveis correspondem a 20% do escoamento de base dos rios, portanto todo o volume de água subterrânea retirado implica em redução da contribuição do aquífero para o rio e, por conseguinte, diminuição da disponibilidade hídrica superficial.

A população total na bacia do São Francisco é de 12.796.082 habitantes. Em relação à população dos estados da federação na bacia, 59,5% da população está no estado de Minas Gerais, 17,8% na Bahia, 12,8% em Pernambuco, 7,2% em Alagoas, 2,0% em Sergipe, 0,6% em Goiás e 0,2% no Distrito Federal.

A demanda média total de recursos hídricos para o ano de 2001 na bacia do rio São Francisco foi estimada em 165,8 m<sup>3</sup>/s, sendo a vazão consumida de 105,5 m<sup>3</sup>/s e a vazão de retorno de 60,3 m<sup>3</sup>/s. As maiores vazões de retirada estão nas bacias dos rios das Velhas (13%), Curaçá (12%), Paraopeba (6%), Pontal (6%), na bacia do Alto rio Grande (6%), do rio Paracatu (6%), do rio Ipanema e Baixo São Francisco (5%) e do rio Verde Grande (5%). As vazões de retirada são distribuídas da seguinte forma: 16% para abastecimento urbano, 2% para abastecimento rural, 69% para irrigação, 4% para uso animal e 9% para abastecimento industrial. As unidades hidrográficas com o maior consumo são: Curaçá (15%), Alto rio Grande (7%), rio Pontal (7%), rio Paracatu (7%), rio das Velhas (6%), Baixo Ipanema e Baixo São Francisco (6%), Corrente (5%) e Verde Grande (5%). A vazão consumida é distribuída da seguinte forma: 5% para abastecimento urbano, 1% para abastecimento rural, 86% para irrigação, 5% para uso animal e 3% para abastecimento industrial.

O balanço entre a vazão natural média e a população total na bacia do São Francisco é de 7.025 m<sup>3</sup>/ (hab. ano) e, portanto, a disponibilidade é suficiente para atender as demandas.

Porém, este balanço pode variar nas unidades hidrográficas desde 21 m<sup>3</sup>/(hab. Ano), nos rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro, até 91.704 m<sup>3</sup>/(hab. ano), no rio Carinhanha. As unidades hidrográficas com maiores problemas - onde a relação entre os usos e a vazão média chega a mais de 20%, caracterizando uma situação crítica e exigindo intenso gerenciamento e investimentos - são: rio Verde Grande, rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro, rios Verde e Jacaré, margem esquerda de Sobradinho, rio Salitre, rio Pontal, rio Garças, rio Curaçá, rio Terra Nova, rio Macururé.

Considerando a disponibilidade de recursos hídricos igual à vazão regularizada na calha do São Francisco, mais a vazão incremental com permanência de 95%, o balanço entre demanda e disponibilidade na bacia como um todo é de 9%. O mesmo balanço chega a menos de 1% em muitas unidades hidrográficas, porém, sem considerar o fornecimento de água do São Francisco, algumas apresentam uma situação difícil, como o Verde Grande, onde a relação entre disponibilidade e demanda é de 527%, (ou seja, esta bacia precisaria importar água da calha do São Francisco para atender a sua demanda), o Paraopeba (27%), o Velhas (21%), o Alto rio Grande (14%) e Jequitai (14%).

O balanço entre demanda e disponibilidade hídrica subterrânea mostrou que a água subterrânea poderia, potencialmente, atender à demanda de água em 20, das 34 unidades hidrográficas. A demanda não seria atendida por águas subterrâneas basicamente em regiões de ocorrência do domínio Fraturado, ou seja, de rochas do Cristalino em que as reservas hídricas são baixas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do que foi disposto nesta monografia constata-se a importância da desconhecida Hidrometeorologia para a navegação e principalmente o incentivo da exploração, através da navegação fluvial, em nosso país devido sua grande diversidade de rios inexploráveis. Porém, como foi comentado, existe uma complexibilidade na exploração e utilização destes rios, onde a Hidrometeorologia entra com todas as suas técnicas, mas para isso, é necessário que ocorra um incentivo tanto do Governo como das grandes empresas para que se possa continuar fazendo estes projetos de pesquisa a fim de a navegação e exploração por estas ajudem na nossa navegação fluvial e na economia do nosso país.

Como foi descrito, a hidrologia científica (Hidrometeorologia) estuda diversas áreas, incluindo a transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera investigando a presença da água na atmosfera em suas diferentes fases. Ela tem como áreas afins a microfísica de nuvens (quentes e frias) e a microfísica de precipitação, a meteorologia de latitudes médias e a meteorologia tropical, a dinâmica da camada limite planetária (CLP), os sistemas de medição meteorológicos (hidrometeorológicos), a calibração instrumental e verificação de qualidade de medidas de redes de medição (mesoescala, microescala, escala sinóptica etc.), a eletricidade atmosférica, a formação de tempestades e sistemas precipitantes, a meteorologia sinóptica e de mesoescala, que é de grande interesse para a navegação fluvial e oceânica.

Além da Hidrometeorologia, foi descrito o transporte hidroviário interior no mundo e no Brasil. Com a nossa quantidade de rios inexploráveis, com todos os estudos necessários, poderíamos alterar a economia do nosso país. Neste trabalho, damos ênfase a alguns dos mais importantes rios, como o Rio São Francisco.

Foram mostrados os atuais desenvolvimentos dos recursos hídricos que influenciam a navegação e causam grandes transformações sociais e econômicas.

São por estes motivos que a Hidrometeorologia é muito importante para a navegação de cabotagem, longo curso e fluvial. Os estudos antecipados desta área pode ser capaz de ajudar a evitar problemas durante a navegação e que possamos desenvolver técnica que ajudem ao homem explorar cada vez mais o comércio através das águas, agilizando o mercado e por consequência, a economia do nosso país. Ainda não exploramos todos nossos rios, mas um

estudo avançado e investimentos nos estudos, incluindo a Hidrometeorologia, será essencial e de grande ajuda para a nossa navegação.

.

## Referências Bibliográficas

- 1- LOBO, Paulo Roberto Valgas. Meteorologia e Oceanografia: usuário navegante. Rio de Janeiro: FEMAR, 1999.
- 2- AHRENS, C. Donald. Essentials of Meteorology: An invitation to the atmosphere. 4ed.
- 3- Tucci, C., 1998. Modelos Hidrológicos. ABRH 652 p.
- 4- IPH, CPETEC, IAG, 2006. Previsão de Vazão do rio São Francisco. ANEEL, IPH/UFRGS, IAG/USP, INPE/ CPETEC, 382p Porto Alegre.
- 5- TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W.; CLARKE, R.T.; PAZ, Adriano; ALLASOA, D., 2008. Atmospheric Science Letters Published online in Wiley InteScience.
- 6- Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. - Applied Hydrology. New York, McGrawHill, 572p. 1988.
- 7- Chow, V.T. - Handbook of Applied Hydrology –Mc-Graw-Hill Book Company- 1964.
- 8- Tucci, C.E. M. - Hidrologia – Ciência e Aplicação – Editora da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, EDUSP e ABRH- 1997.
- 9- Pinto, N.L.S. et al. – Hidrologia Básica – São Paulo: Edgard Blucher, 1976.
- 10- Linsley, R.K. – Engenharia de Recursos Hídricos – Mc Graw Hill do Brasil/ Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
- 11- Bras, R.L. – Hydrology – A Introduction to Hydrologic Science – Addison Wesley Publishing Company – 1990.
- 12- <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/sfrancisco/SFprincipal.htm>
- 13- [www.iph.ufrgs.br](http://www.iph.ufrgs.br) acesse pesquisa e depois clima e recursos hídricos
- 14- <http://www.navsoft.com.br/terminologia/palavra.php?word=TRIM&idpalavra=536>
- 15- [http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/2003-2006/Thalles\\_Gilson/relat2/relat2.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2003-2006/Thalles_Gilson/relat2/relat2.htm)
- 16- [http://www.oceanica.ufrj.br/ocean/cursosead/flutuacao/nova\\_pagina\\_8.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/ocean/cursosead/flutuacao/nova_pagina_8.htm)
- 17- <http://www.ehr.ufmg.br/>









