

(*) Prof — Universidade Federal de Pernambuco

Método Aerofotogramétrico para Determinação de Trajetórias e Velocidades de Flutuadores para a Obtenção de Características de Correntes Marítimas, Estuarinas e Fluviais

I — Introdução

O trabalho pioneiro consiste na determinação de trajetórias e velocidades de flutuadores para obtenção de características de correntes marítimas e estuarinas no **Projeto Potengi-Natál, RN**, para a Portobrás e no **Projeto Ponta da Madeira no Porto de Itaqui — São Luis, MA**, para a firma Promon Engenharia S/A, ambos gerenciados pela empresa Hidroconsult-Consultoria, Estudos e Projetos S/A.

Deixo de apresentar os dados das observações, como era do meu propósito, pelo fato de que os entendimentos entre a Hidroconsult e os seus clientes não foram consumados.

Apesar de que em todas as determinações das trajetórias e velocidades, foram empregadas técnicas de computação e apresentação analógicas chamamos atenção para o emprego de restituidores fotogramétricos apoiados por componentes digitais. Assim, através de uma programática (software) — conveniente, todas as mensurações poderão ser analisadas, tendo em vista a outras medições correlatas, como por exemplo, velocidade de vento, altura de marés, etc., que influem de uma certa maneira na obtenção dos dois parâmetros especificados.

Deste modo, o meu objetivo é o emprego de uma nova concepção tecnológica que venha solucionar com maior brevidade, maior precisão, menor custo, melhor fidelidade os problemas de determinação de trajetórias e velocidades até então

adjudicadas a técnicas topográficas clássicas.

II — Lógica das Atividades Constitutivas do Método

A Fig. II.1, apresenta a lógica mestra do método.

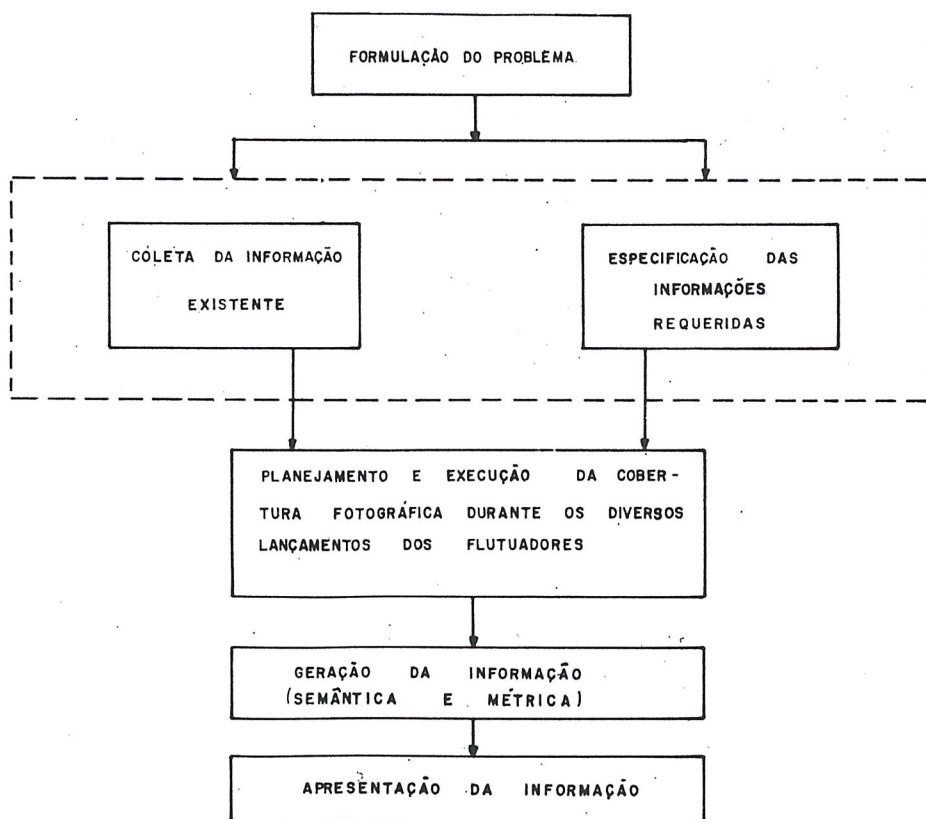


Fig. II.1 — Lógica mestra do método

II.1 — Formulação do Problema

Consiste na discussão preliminar em que se trata da inscrição da determinação das trajetórias e velocidades marítimas, estuarinas e fluviais dentro de um projeto específico que pode ser a construção ou ampliação de portos, de implantação de emissários submarinos ou subfluvial, proteção de margens fluviais e costas, etc.

II.2 — Coleta de Informação

Nesta atividade deve-se ter todo o cuidado a fim de obter o máximo das informações disponíveis que direta e ou indiretamente afetam o projeto.

Essas informações acontecem provir de uma grande diversidade de técnicas, desde observações gerais, ao sensoramento remoto por satélite.

A maioria das informações úteis são freqüentemente obtidas de fotografias aéreas pre-existent.

As informações disponíveis podem se apresentar em diversos tipos de portadores:

- Mapas topográficos da costa ou das margens de rios, correspondentes às áreas em estudos.
- Mapas temáticos como os meteorológicos e climáticos.
- Cartas hidrográficas.
- Imagens não convencionais.
- Fotografias aéreas.
- Redes de triangulação e de referência de nível.
- Posicionamento das direções

das seções ou pontos em estudo, amarrados a pontos fixos e devidamente sinalizados em terra.

Informações procedentes da tábua das marés (dia, hora e altura de maré), a fim de que seja programado o horário de lançamento dos flutuadores, tendo em vista que as medições deverão ser realizadas em marés de sizigia e quadratura.

II.3 — Especificação das Informações Requeridas

A obtenção das informações principais requeridas para o projeto obtíveis através da determinação das velocidades e trajetórias dos flutuadores constitui a contribuição aerofotogramétrica que desejo explicitar, neste documento, para projetos do tipo antes mencionado.

Para isto, teremos que considerar a seqüência exposta na fig. II.3.

II.3.1 — Área em Estudo

Consiste num trabalho conjunto com os hidraulicistas e oceanografistas, de delimitação da área marítima, estuarina ou fluvial na qual interessa conhecer o comportamento dinâmico das águas.

II.3.2 — Classificação das Informações

Distinguem-se nessa fase as informações concernentes às coordenadas dos flutuadores numa escala temporal para a determinação de suas trajetórias e velocidades relativas a pontos referenciais terrestres das informações complementares correspondendo a restituição da faixa terrestre da área em estudo, salientando-se os pontos relevantes ligados ao projeto.

II.3.3 — Apresentação das Informações

As observações colhidas pelo método aerofotogramétrico podem ser apresentadas nas formas analógica e digital e em vários portadores ou veículos. Entretanto, nas operações conectadas com a interpretação há ainda uma preferência dos engenheiros pela forma analógica visual.

Na fig. II.3.3, classificamos as diferentes possibilidades de apresentação da informação.

Em forma tabular serão apresentadas as velocidades de todos os flutuadores, os diversos pontos das seções, hora de lançamento e coordenadas planimétricas de suas sucessivas posições.

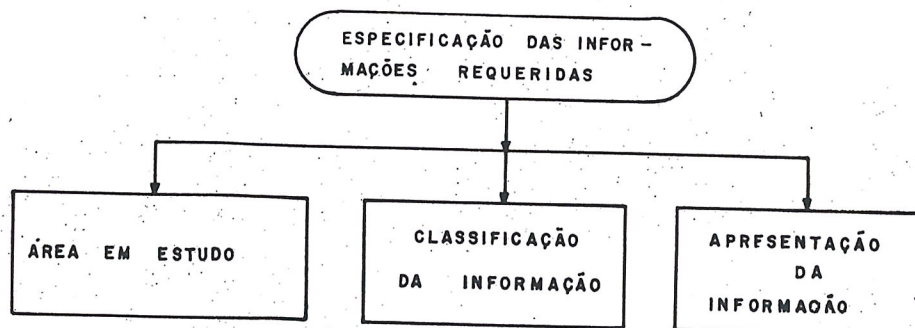


Fig. II.3 — Seqüência da especificação

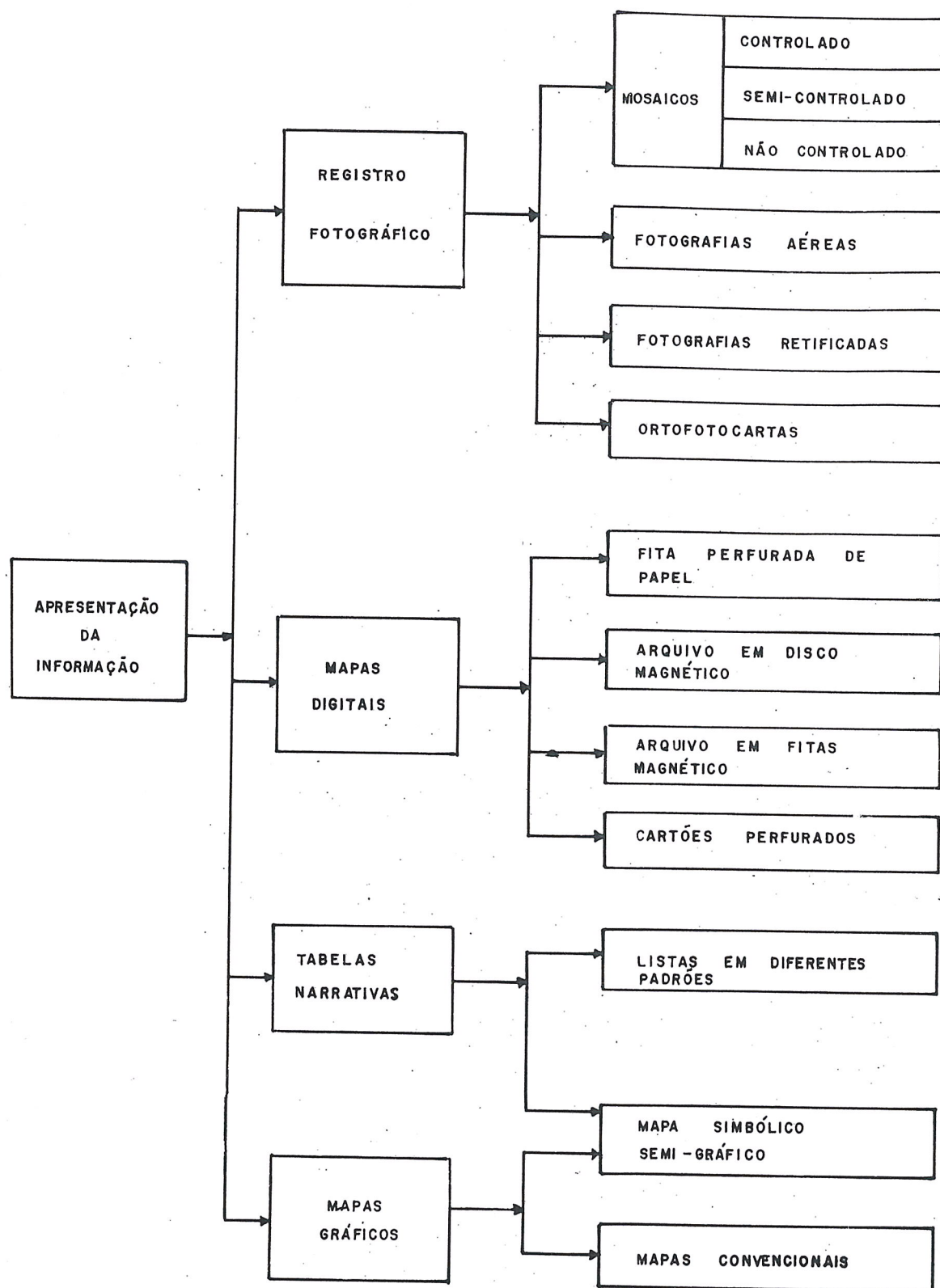


Fig. II.3.3 — Apresentação da informação

III — Pormenorização das Atividades Constitutivas do Método

Retomo a concepção geral do método, para pormenorizar

as atividades antes descritas mais sucintamente, utilizando a fig. III.

III.1 — Sinalização

Além da sinalização para

identificação dos flutuadores se deverá aplicá-la aos pontos de apoio terrestres.

Quanto aos flutuadores a sinalização deve codificar os pontos e hora de lançamentos, as-

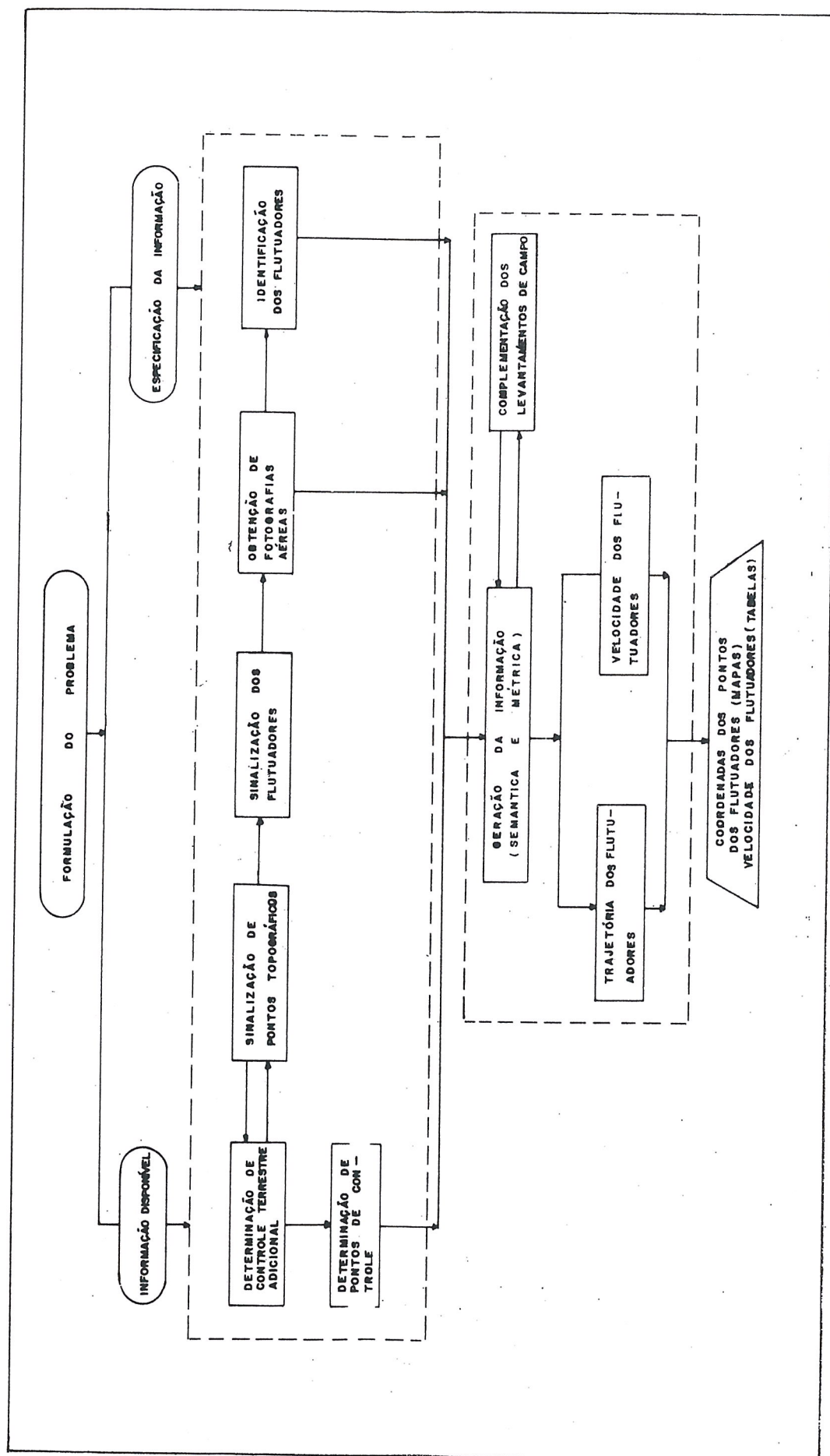


Fig. III — Pormenorização das Atividades Constitutivas do Método

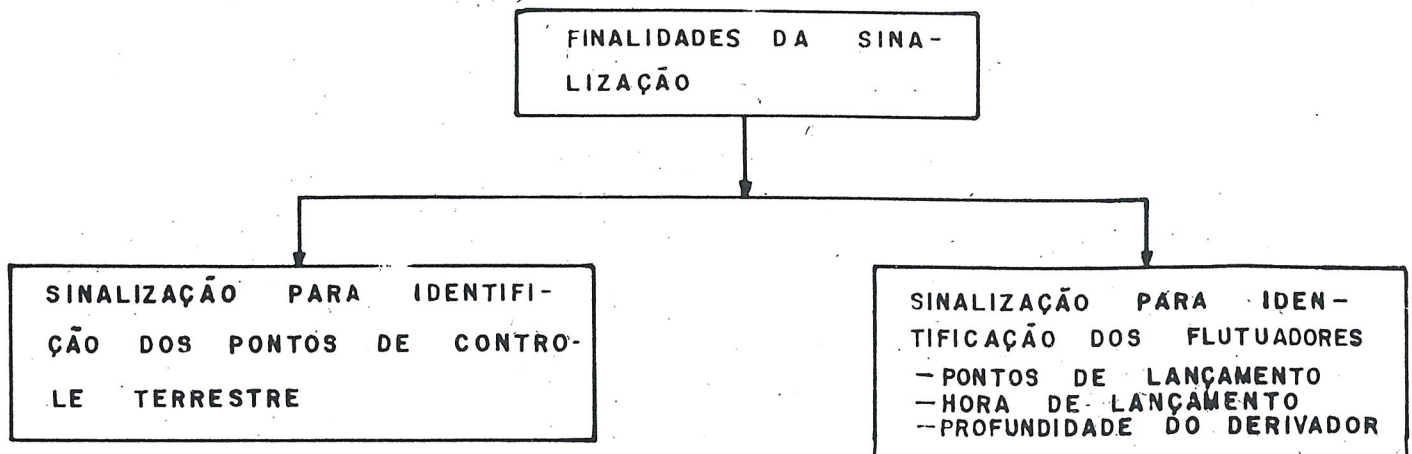


Fig. III.1 — Finalidades da sinalização

sim como a profundidade do derivador.

A fig. III.1, discrimina as finalidades da sinalização.

III.1.1 — Pontos Sinalizados de Controle Terrestre

Esses pontos devem ser sinalizados de maneira a assegurar sua correta identificação nas fotografias aéreas.

As imagens desses sinais estão influenciadas pelo contraste, iluminação, condições atmosféricas, etc. Assim sua forma, tamanho e cores deverão ser adaptados à escala da fotografia.

Uma sinalização adequada representa um papel importante de identificação na implantação deste método.

Assim, não somente os pontos de controle terrestre como os pontos de controle adicional deverão ser devidamente densificados e sinalizados na área em estudo.

III.1.2 — Sinalização dos Flutuadores

Os flutuadores que são objetos dinâmicos deverão ser especialmente sinalizados, já que emitem mais informações do

que os pontos de apoio terrestre.

Em anexos 1 e 2 apresento algumas sugestões de códigos para a sinalização de flutuadores.

III.1.3 — Flutuador

Para garantir a boa visibilidade dos códigos dos flutuadores, naturalmente que as suas dimensões devem ser compatíveis com a escala escolhida das fotografias.

Serão legíveis em configuração quadrática de um metro de lado como a circular de um metro de diâmetro para fotografias na escala de 1:6.000.

Ademais, aconselha-se que seja construído com material de baixa densidade do tipo das espumas sintéticas em placas de 5 a 10 centímetros de espessura, reforçadas com compensado náutico para que enrijecidos possam os flutuadores suportar tanto o impacto das ondas como o de ação dos ventos.

O corpo derivador é constituído de duas aletas cruzadas ou esferas amarradas à parte flutuante por meio de um cabinho de dimensões desprezíveis quanto ao arraste. Seu peso deverá ser levado em conta para imprimir verticalidade ao conjunto.

O anexo 3 mostra duas sugestões de flutuadores.

III.2 — Obtenção das Fotografias Aéreas

O processo de obtenção das fotografias aéreas inclui diversas fases isto é, planejamento, missão de levantamento aéreo e o processamento fotográfico.

III.2.1 — Planejamento

O planejamento consiste da definição dos seguintes itens:

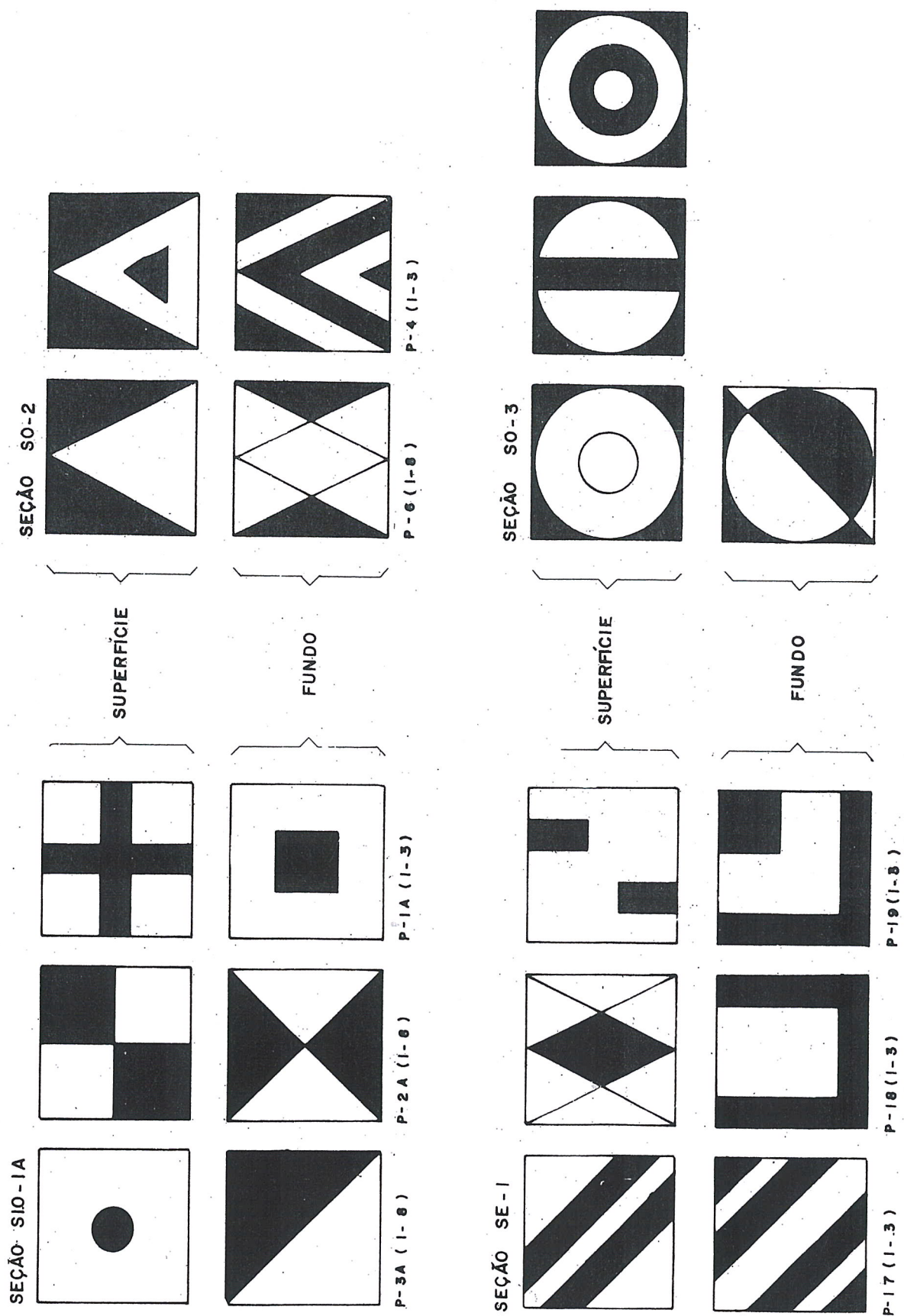
- Escala de fotografia
- Recobrimentos estereoscópicos
- Planejamento de voo

III.2.2 — Missão para o Levantamento Aéreo

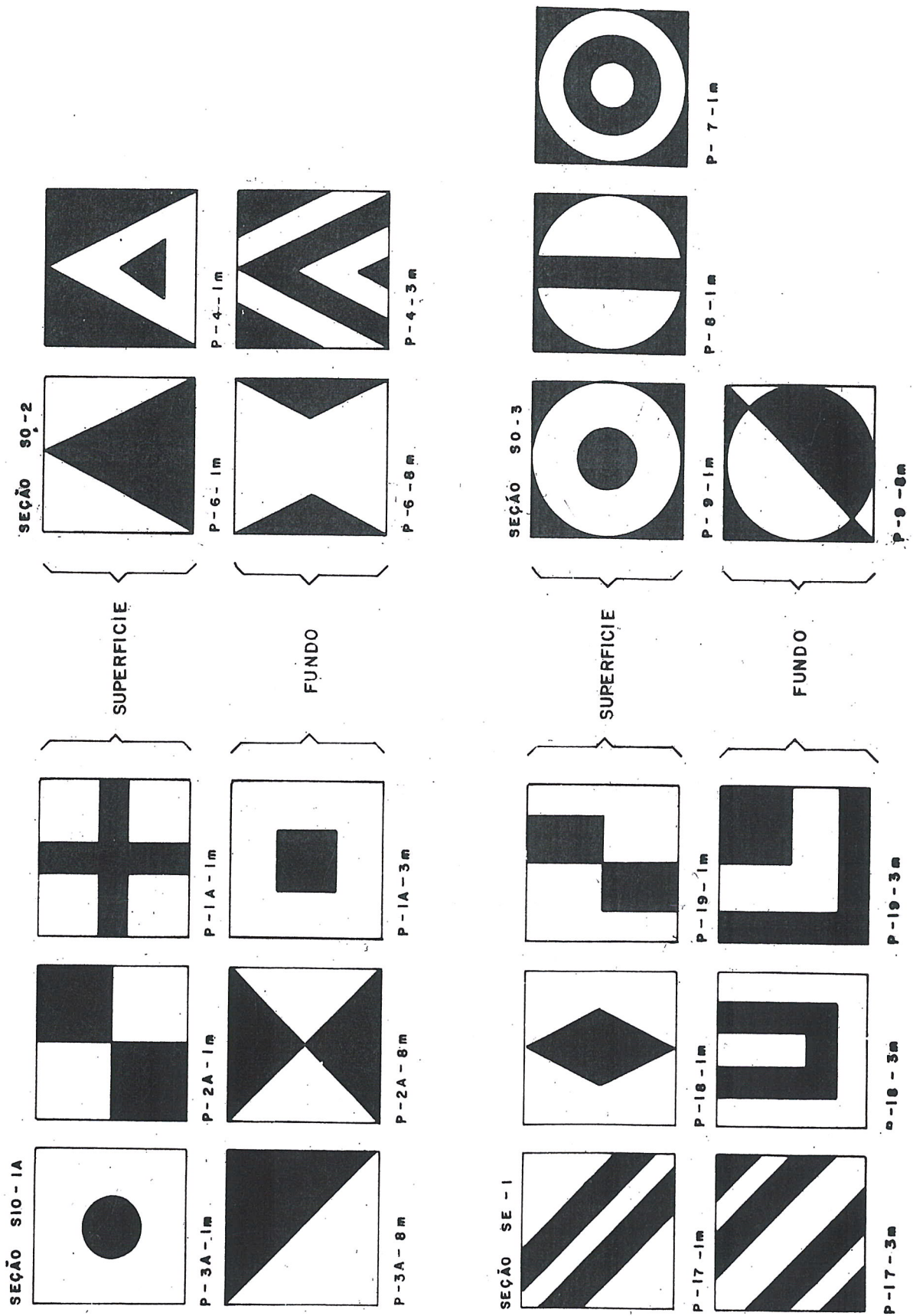
A missão para o levantamento aéreo consiste dos seguintes itens:

- Tipo de avião e tripulação, equipamento de bordo (desempenho e outras características)
- Tipo da câmara aérea (formato, distância principal, direção do eixo principal, características das lentes, filme, placas de vidro, etc)
- Combinação filme/filtro
- Tempo de execução da missão (hora, dia, mês e ano)

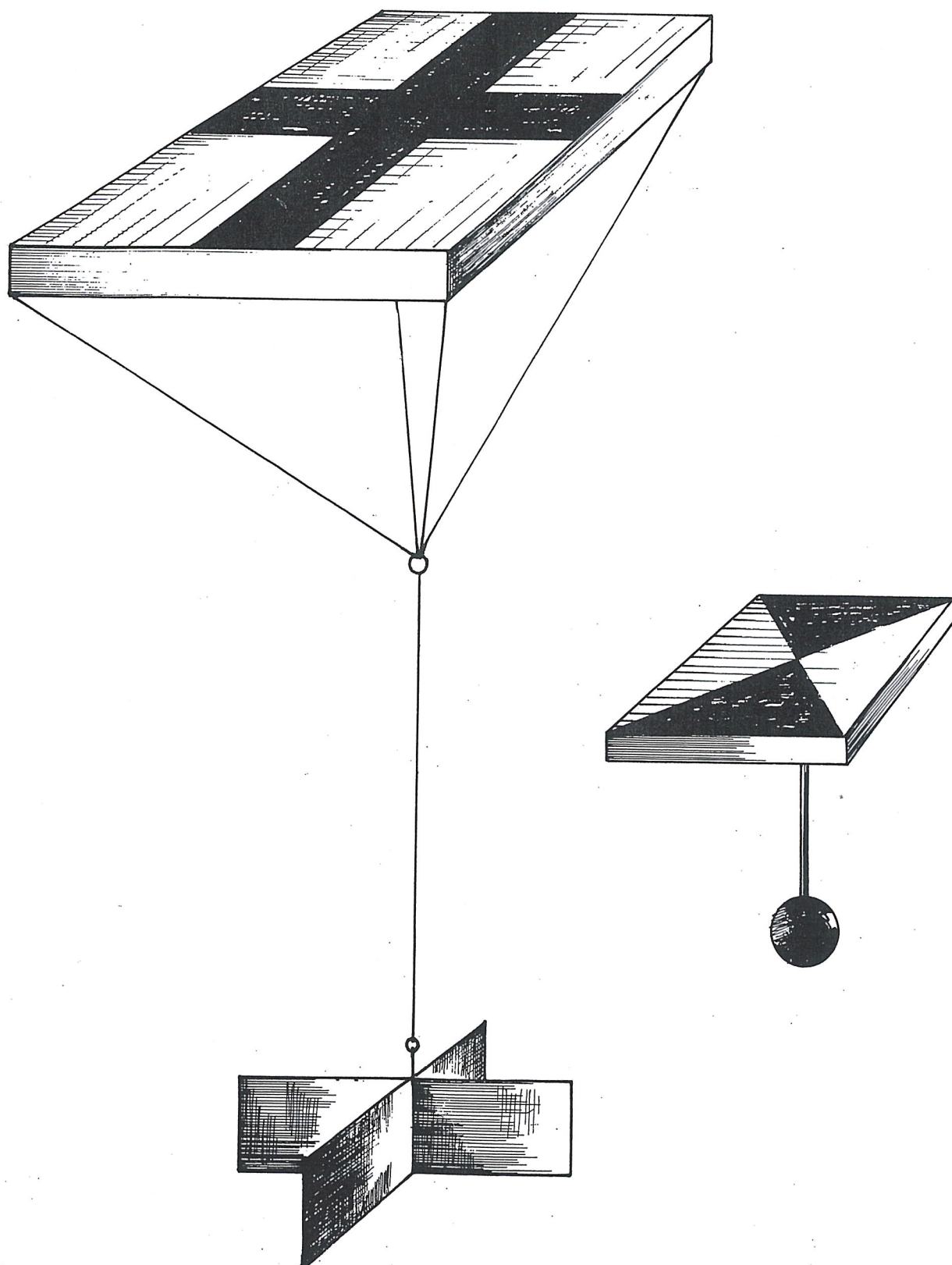
ANEXO 01



ANEXO 02



ANEXOS 03



Sugestões de Flutuadores

III.2.3 — **Processamento Fotográfico.** Procedimentos, equipamentos e materiais.

III.3 — **Identificação dos Flutuadores nas Fotografias**

A identificação dos diversos tipos de flutuadores e dos respectivos pontos de lançamentos nas fotografias aéreas contarão com o apoio dos relatórios de lançamentos de campo (anexo 4).

Aconselha-se que se utilize o negativo do filme durante as identificações dos flutuadores de vez que o positivo sendo cópia apresenta perda de informação que pode ser crítica.

III.4 — **Determinação do Controle Terrestre**

Uma estrutura lógica factível dos processos para determinação do controle terrestre do projeto é apresentada na fig. III.4.

III.4.1 — **Controle Terrestre**

Admite-se que haja na área em estudo elementos de controle básico, de vez que esses estudos são geralmente realizados em áreas urbanas ou portuárias.

Esses elementos de controle básico consistem geralmente de pontos de triangulação (marcos de concreto), de 1.^a e 2.^a ordem, e uma rede de pontos de nivelamentos (pontos de referências) igualmente distribuídos.

Quando nenhum elemento de controle básico terrestre é localizado na área em estudo, então uma rede básica deverá ser feita previamente.

Neste caso deverá ser considerado o fato de que a precisão

tanto do controle terrestre adicional, como das trajetórias não poderá ser maior do que a da **rede básica de controle terrestre.**

III.4.2 — **Controle Terrestre Adicional**

O controle terrestre adicional permite orientação, isto é, a homologia entre as fotografias aéreas e o terreno (operações fotogramétricas), e o estabelecimento de pontos de referências a serem usados durante o posicionamento das embarcações para formação das seções ou pontos de lançamento. Como se trata de áreas relativamente pequenas, sob o ponto de vista fotogramétrico, apenas uma pequena quantidade de pontos de controle terrestre adicional deverá ser necessária.

Esse controle terrestre adicional poderá ser estabelecido por meio de um dos seguintes métodos. Por **levantamento de campo** ou por **Fotogrametria** (aerotriangulação).

III.5 — **Geração da Informação**

Pesquisas sistemáticas têm sido conduzidas com ajuda de técnicas capazes de acelerar a obtenção exata da informação a ser usada nas diferentes tarefas da Engenharia Civil.

Assim, especificações próprias devem ser estabelecidas para cada aplicação da Engenharia.

A geração da informação, no nosso caso, será feita através de restituição da orla marítima, estuarina ou fluvial, de referência e dos pontos correspondentes aos flutuadores das diferentes campanhas, registradas nas fotografias aéreas de vôos sucessivos.

A restituição deverá ser realizada, permitindo que as coordenadas dos pontos dos flutuadores das diversas trajetórias sejam registradas numérica, gráfica ou digitalmente.

As velocidades dos flutuadores serão calculadas tendo em vista as suas imagens respectivamente registradas nas fotografias, nos diferentes vôos sucessivos, assim como as horas das tomadas das fotografias com exatidão de segundo.

A fig. III.5, mostra as operações envolvidas na geração da informação.

O instrumento fotogramétrico empregado neste método poderá ser apoiado por componentes digitais que proporcionam saída de informação digitalizada.

A idéia básica de integrar num sistema um computador digital tem sido para processar a informação antes, durante e depois da aquisição instrumental e ademais proporcionar o registro automático da informação de saída.

Sabe-se que a automação dos equipamentos fotogramétricos de restituição foi fortemente afetada pelo desenvolvimento de computadores, conversores digitais A/D (com periféricos) e servo-mecanismos digitais.

Como um computador digital tem condições de ser incorporado num sistema de restituição de diferentes maneiras, para obtenção da informação digitalizada, poderemos considerar:

— Restituidores convencionais apoiados por computadores e ou micro-processadores.

Informo que diversos desses sistemas híbridos já estão em atividades, com sucesso, em diferentes países industrializados.

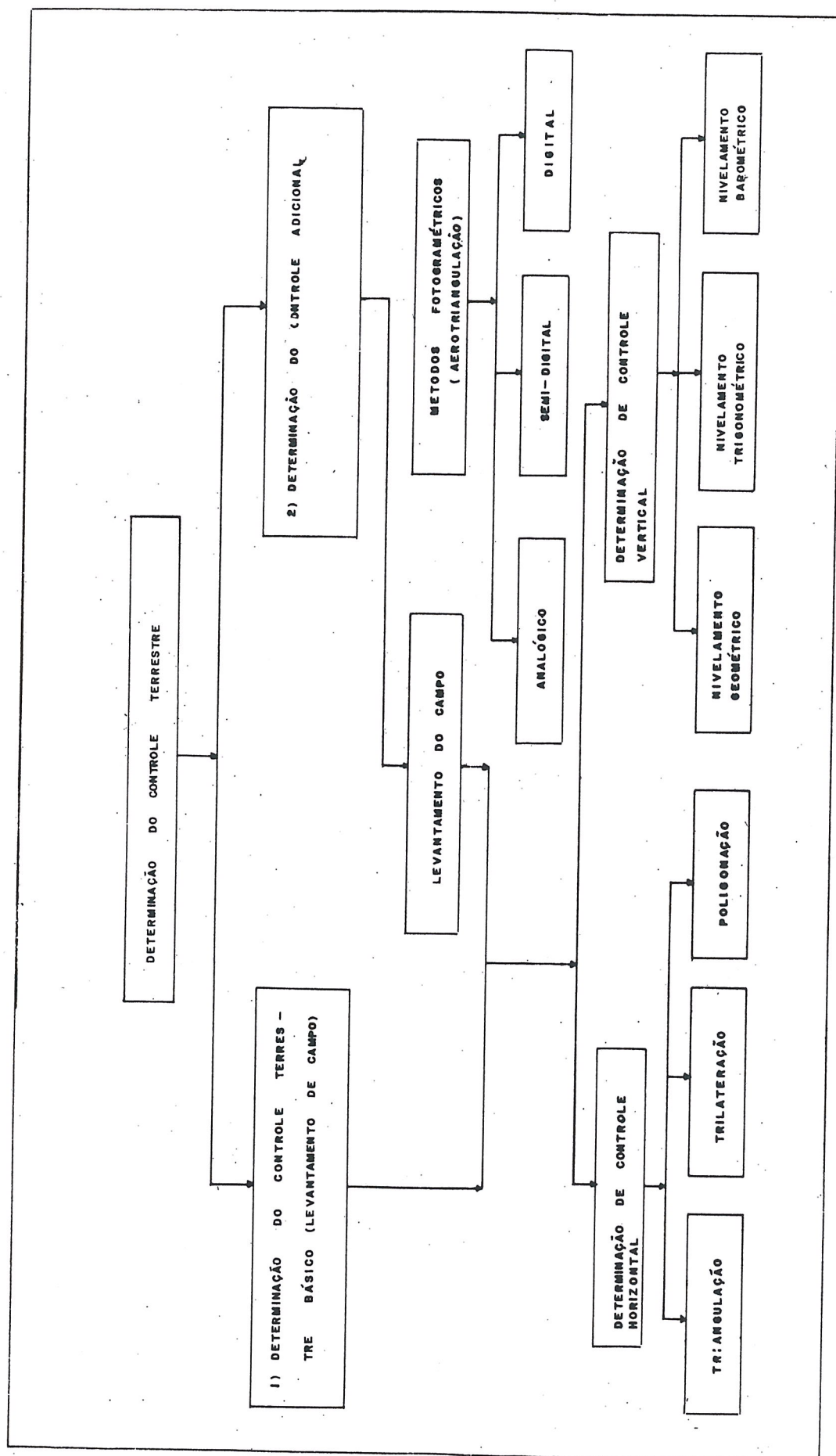


Fig. III.4 — Estruturação lógica dos processos de Determinação de Controle Terrestre

PROJETO:

Anexo 4

CAMPAÑA DE FLUTUADORES - FICHA DE LANÇAMENTO

SEÇÃO:

PONTO:

LANÇADOR:

DATA:

CONDIÇÕES DE MARÉ:

FASE DA MARÉ:

LANÇAMENTO		POSIÇÃO DO FLUTUAN TE	IDENTIFICAÇÃO DO FLUTUANTE			OBSERVA- ÇÃO
OR- DEM	HORA		CÓDIGO	COR	FORMATO	

POSICIONAMENTO	ÂNGULO	COORDENADAS

BARCO:

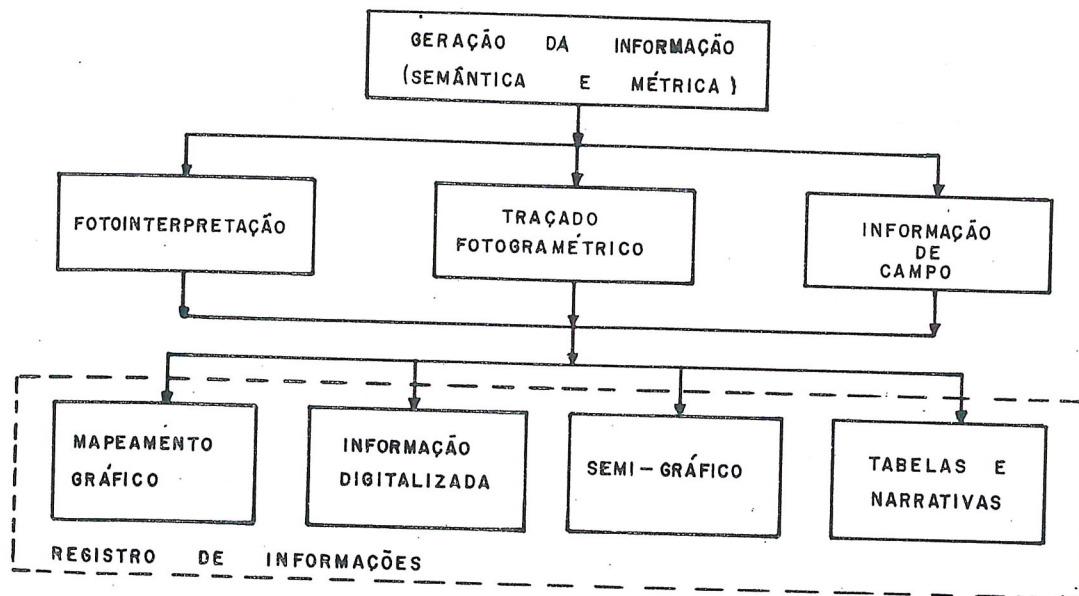


Fig. III.5 — Geração da Informação (semântica e métrica)

Outra alternativa são os sistemas fotogramétricos de fluxo universal da informação como o estruturado na fig. III.5.1.

Exemplar desse sistema acaba de entrar em operação no Brasil.

Até agora, porém, só tivemos oportunidade de trabalhar, com este método, com máquina analógica.

IV — Considerações Gerais

No emprego deste método em dois projetos distintos nas cidades de Natal-RN e São Luis-MA, para oito campanhas em marés de sizígia e quadratura, pôde ser comprovado que efeti-

vamente trata-se de um método novo ergonomicamente superior e factível, em particular, na obtenção das trajetórias e velocidades de flutuadores a profundidades definidas.

A seguir apresento o que considero serem vantagens e desvantagens deste método, comparado com o processo clássico de localização topográfico.

IV.1 — Vantagens

- As informações básicas são registradas nas fotografias, isto é, coordenadas dos flu-

tuadores e hora da observação (tomada da foto até aos segundos).

- Existência de Empresas Privadas de Aerofotogrametria para comercialização do método.
- Existência de Empresas Públicas capazes de realizar os trabalhos dependendo apenas de prévios entendimentos.
- Exatidão na determinação das coordenadas dos flutuadores dependendo do equipamento fotogramétrico a ser empregado, podendo-se atingir praticamente qualquer nível de precisão, o que não acontece com os métodos convencionais.

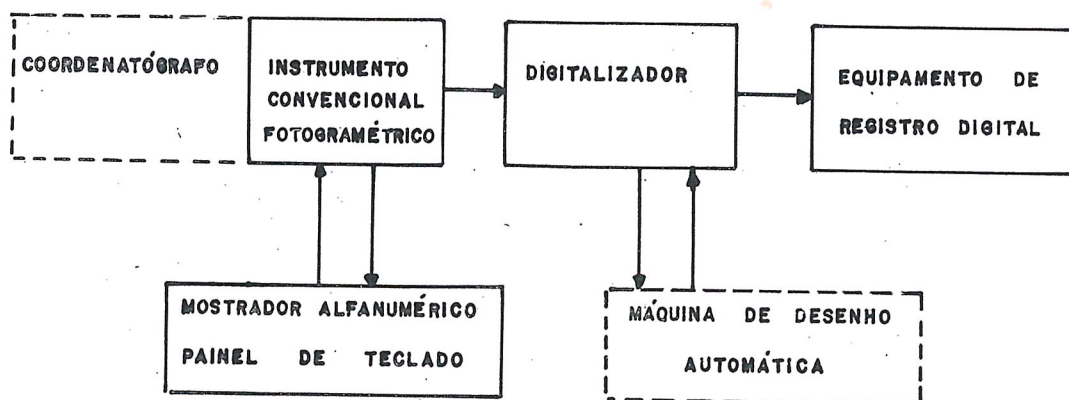


Fig. III.5.1 — Sistema serial sem computador

- Possibilidade de digitalização direta do modelo fotogramétrico essencial para o uso de computador digital na otimização da trajetória considerando outros parâmetros de influência como por exemplo marés e ventos.
- Através de programática (software) e máquinas (hardware) adequadas as distâncias e velocidades poderão ser imediatamente calculadas e desenhadas automaticamente.
- Possibilidade de uma caracterização mais homogênea das observações, de vez que se pode aumentar consideravelmente o número de flutuadores e conseqüentemente o número das observações.
- Possibilidades adicionais na aquisição de outras informações com a fotografia aérea, podendo ser utilizado filme pancromático, infravermelho ou colorido.
- Facilidade de inspeção do trabalho realizado, o qual reduz a probabilidade de omissão das informações relevantes durante a restituição, permitindo, além do mais, a mudança de operadores durante a restituição.

IV.2 — Desvantagem

- Embora não se tenha a exigência de visibilidade comparável à do vôo fotogramétrico para obtenção de ma-

pas, no que se refere à percentagem de nuvens existentes, a cobertura fotográfica está condicionada às condições meteorológicas. Certamente que através de programação adequada de substituições dos dias poderá ser contornada essa dificuldade.

V — Conclusões

Podem ser extraídas, resumidamente deste método, as seguintes conclusões:

- **Conclusão n.º 1** (Com relação à precisão-exatidão)
Com o processo aerofotogramétrico de determinação de trajetórias e velocidades de flutuadores para obtenção de características de correntes, pode-se obter praticamente qualquer precisão desejada, dependendo exclusivamente das disponibilidades em termos de pessoal, máquinas, equipamentos e materiais.

- **Conclusão n.º 2** (com relação ao tempo de execução)

O processo aerofotogramétrico é altamente vantajoso sobre o topográfico clássico em relação a número de homens-hora empregados, reduzindo o tempo na execução dos trabalhos.

- **Conclusão n.º 3** (com relação a melhor prática moderna)

A possibilidade de alimentação direta dos modelos aerofotogramétricos em máquinas digitais que comecem a operar no Brasil.

Recomendação

Recomendo que a Fotogrametria seja ministrada nos cursos de Engenharia Cartográfica, visando além de feitura de mapas topográficos a sua aplicação às várias necessidades da Engenharia Civil, de modo que dentro em breve se possa ter uma ciéntechnologia cartográfica Nacional capaz de resolver os grandiosos problemas brasileiros.

Bibliografia

- Makarovič, B. — Trends in the development of computer supported analogue instruments, ISP, Comission II invited paper, Helsinki, 1976.
- Seixas, J.J. — Urban Information system for Civil Engineering-An Experiment on Data Acquisition. Tese apresentada no International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences —ITC, Dec. 1976 Enschede Holanda.
- Alberitz/Kreiling — Photogrammetric Guide, 1974 Wichmann Verlag Karlsruhe

A Sociedade Brasileira de Cartografia
envia a seus associados e amigos os votos de
Feliz Natal e Venturoso 1979