

TOPOGRAFIA PARA CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

SURVEYING CONSTRUCTION OF SMALL CENTRAL HIDROELETRICS

Deise Aline Turcatto¹
Álvaro Jose Back²

RESUMO

A construção de PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) no Sul do Brasil está em crescente evolução. A área de Engenharia de Agrimensura toma destaque com novas tecnologias e com uma topografia de precisão. As Agencias Reguladoras ligadas ao setor energético e de recursos hídricos estão elaborando novas normas e diretrizes técnicas para a uniformização e padronização dos estudos, incluindo os levantamentos topográficos. O presente trabalho apresenta a descrição das etapas de estudo e projeto para a implantação de um aproveitamento hidroelétrico. São descritos os principais estudos preliminares, com destaque para o planejamento dos trabalhos topográficos e o uso de restituição aerofotogramétrica. São apresentados ainda os produtos da cartografia e topografia com as especificações técnicas e produtos finais. Foram apresentadas as principais normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e NBRs (Normas Técnicas Brasileiras) para elaboração dos trabalhos, com destaque para a implantação de marcos e pontos de apoio, confecção das monografias e confecções das plantas e seções topobatimétricas efetuadas a campo.

Palavras-chave: Pequenas Centrais Hidrelétricas, Levantamento Topográfico. Potencial Hidroelétrico.

ABSTRACT:

The construction of power plants in southern Brazil is in growing evolution. The area of Engineering Surveying takes prominence with new technologies and with a precise surveying. The regulatory agencies related to the energy sector and water resources are drafting new standards and technical guidelines for uniformity and standardization of studies, including surveys. This paper presents a description of the stages of study and design for the implementation of a hydroelectric. Outlining the main preliminary studies, with emphasis on the planning of the topographic works and the use of aerial photogrammetric restitution. We present the main products of mapping and surveying with the technical specifications and final products were presented the main standards of ANEEL and NBRs for preparation of topographic works, especially the deployment of

¹ Eng.^a Agrimensora – UNESC, E-mail: deiseturcatto@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, Dr. Engenharia, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri, Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC; E-mail: ajb@unesc.net.

landmarks and points of support, preparation of monographs and clothing plants and topographic and bathymetric sections made the field.

Keywords: Small Hydropower, PCH, Surveying. Hydroelectric Potential.

1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro está em permanente evolução, fruto tanto de mudanças legais e normativas quanto do avanço tecnológico. O Brasil vem aproveitando seu potencial hidroelétrico de maneira a tornar-se auto-suficiente em energia elétrica. Com isso os investimentos pelo governo nessa área têm crescido gradativamente em nosso país. Muitas Usinas Hidrelétricas (UHE's) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) estão sendo construídas por todo território nacional.

Dentre as tantas etapas de construção de estudos e projetos para a implantação de um aproveitamento hidrelétrico, a topografia é de extrema importância na fase de “Inventário Hidroelétrico”.

O Estudo de Inventário Hidrelétrico é uma etapa em que se determina a melhor forma de aproveitamento do potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica ao estabelecer a melhor divisão de queda, aquela que propicie um máximo de energia ao menor custo, associado a um mínimo de efeitos negativos sobre o meio ambiente e considerando uso múltiplo da água.

A implantação de uma usina hidroelétrica compreende cinco etapas:

- Estimativa do Potencial Hidroelétrico
- Inventário Hidroelétrico
- Estudo de Viabilidade
- Projeto Básico
- Projeto Executivo

Segundo MME - Ministério de Minas e Energia, os estudos iniciam-se na etapa de Estimativa do Potencial Hidrelétrico, em que se procede a análise preliminar das características da bacia hidrográfica, especialmente quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais, no sentido de verificar sua vocação para geração

de energia elétrica. Essa análise exclusivamente pautada nos dados disponíveis é feita em escritório e permite a primeira avaliação do potencial e estimativa de custo do aproveitamento da bacia hidrográfica e a definição de prioridade para a etapa seguinte.

O Inventário Hidrelétrico caracteriza-se pela concepção e análise de várias alternativas de divisão de quedas para a bacia hidrográfica, formadas por um conjunto de projetos, que são comparadas entre si, visando selecionar aquela que apresente melhor equilíbrio entre os custos de implantação, benefícios energéticos e impactos socioambientais. Essa análise é efetuada com base em dados secundários, complementados com informações de campo, e pautado em estudos básicos cartográficos, hidrometeorológicos, energéticos, geológicos e geotécnicos, socioambientais e de usos múltiplos de água. Dessa análise resultara um conjunto de aproveitamentos, suas principais características, índices custo/benefício e índices socioambientais. Faz parte dos Estudos de Inventário submeter os aproveitamentos da alternativa selecionada a um estudo de Avaliação Ambiental Integrada visando subsidiar os processos de licenciamento.

Na etapa de Estudos de Viabilidade são efetuados estudos mais detalhados, para a análise da viabilidade técnica, energética, econômica e socioambiental que leva a definição do aproveitamento ótimo que ira ao leilão de energia. Os estudos contemplam investigações de campo no local e compreendem o dimensionamento do aproveitamento, do reservatório e da sua área de influência e da sobras de infra-estrutura locais e regionais necessárias para sua implantação (ANA, 2010). Incorporam análises dos usos múltiplos da água e das interferências socioambientais. Com base nesses estudos, são preparados o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de um empreendimento específico, tendo em vista a obtenção da Licença Previa (LP), junto aos órgãos ambientais.

Após a licitação passa-se a elaboração do Projeto Básico. O aproveitamento concebido nos estudos de viabilidade e detalhado, de modo a definir, com maior precisão, as características técnicas do projeto, as especificações técnicas das obras civis e equipamentos eletromecânicos, bem como os programas socioambientais. Deve ser

elaborado o Projeto Básico Ambiental com a finalidade de detalhar as recomendações incluídas no EIA, visando a obtenção da Licença de Instalação (LI), para a contratação das obras.

O Projeto Executivo contempla a elaboração das plantas dos detalhamentos das obras civis e dos equipamentos eletromecânicos necessários a execução da obra e a montagem dos equipamentos. Nesta etapa são tomadas todas as medidas pertinentes a implantação do reservatório, incluindo a implementação dos programas socioambientais, para prevenir, minorar ou compensar os danos socioambientais, devendo ser requerida a Licença de Operação (LO). Finalizada a construção, tem-se a fase de enchimento do reservatório e o início da operação, em que a geração de energia é acompanhada por ações que visam ao monitoramento e, eventualmente, a correção das medidas tomadas nas etapas anteriores. A operação só poderá ser iniciada após a obtenção da Licença de Operação (LO).

Este trabalho teve como objetivo descrever os diversos trabalhos topográficos necessários em um projeto de PCH, dando ênfase as normas e padrões requeridos para cada trabalho.

2. Trabalhos Topográficos

2.1 Planejamento dos trabalhos

Na fase de estudos preliminares são realizados o Planejamento dos Trabalhos Topográficos. Esta etapa tem como objetivo programar as etapas posteriores do Estudo de Inventário.

O planejamento dos trabalhos topográficos inicia-se com uma coleta de dados que deverá ser feita principalmente junto a órgãos públicos, empresas estatais e agências governamentais especializadas, procurando obter informações tais como:

- Cartas topográficas (planialtimétricas) e mapas temáticos;
- Pontos de apoio planimétrico e altimétrico;
- Sistemas de Informação Geográfica;

Além dos documentos já citados acima, nas fases posteriores são úteis também as imagens de Sensoriamento Remoto, fotografias aéreas e mapa geoidal.

É necessária uma análise criteriosa dos dados obtidos, não só da procedência da metodologia empregada, mas também da projeção utilizada e a compatibilidade de referência (*datum* altimétrico e planimétrico) entre eles.

Segundo Normas Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2009) todos os levantamentos de campo deverão ser realizados, tendo como base o Sistema Geodésico Brasileiro, composto pelos Datum:

- Datum Planimétrico: SAD 69 ou SIRGAS 2000; - A partir de 2015, serão aceitos somente trabalhos com Datum Planimétrico SIRGAS 2000, conforme determina a Resolução R.PR – 1/2005 (BRASIL, 2005).
- Datum Altimétrico: Marégrafo de Imbituba – SC (Altitudes Ortométricas)

2.2 Uso de Restituição Aerofotogramétrica

Conforme as “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia e Topografia, Relativos a Estudos e Projetos de Aproveitamentos Hidrelétricos” (ANEEL, 2009):

- Para execução dos serviços de Restituição Aerofotogramétrica, deverão ser executados apoios topográficos de campo (apoio básico e suplementar). Não será aceito o apoio topográfico suplementar (planimétrico e/ou altimétrico) ou levantamento de perfil longitudinal de rios extraído de documentos cartográficos existentes;
- Para Estudos de Projetos Básicos e de Viabilidade não serão aceitos para determinação da área do reservatório a utilização dos modelos topográficos de Estudos de Inventário que tenham utilizado restituição de fotografias aéreas com escalas inferiores a 1:30.000;
- Para obtenção do Modelo do Terreno e correspondente extração de suas feições planialtimétricas, o interessado poderá utilizar os métodos de “Perfilamento a Laser”, “Radar Interferométrico” ou “Pares estereoscópicos de imagens orbitais” em substituição à aerofotogrametria convencional, desde que associadas ao apoio de campo.

2.3. Implantação de Marcos

Os marcos devem seguir modelos e padrões segundo “Padronização de Marcos Geodésicos: Instrução Técnica”, aprovadas através da Norma de Serviço NSDGC 001/2005, de janeiro de 2006, da Diretoria de Geociências do IBGE (IBGE, 2008). O marco (Figura 1) deverá ser de concreto com chapa incrustada no seu topo e obedecer aos seguintes formatos e dimensões:

- Formato de tronco de pirâmide.
- Base quadrangular de 30 cm de lado.
- Topo quadrangular de 18 cm de lado.
- Altura 40 cm.

A chapa que vai incrustada em seu topo é uma peça metálica que identifica a estação. Quando se encontra engastada no topo de superfície estável, marco ou pilar define o ponto de referência da estação. Para confecção da chapa devem ser seguidas as especificações da Figura 2A.

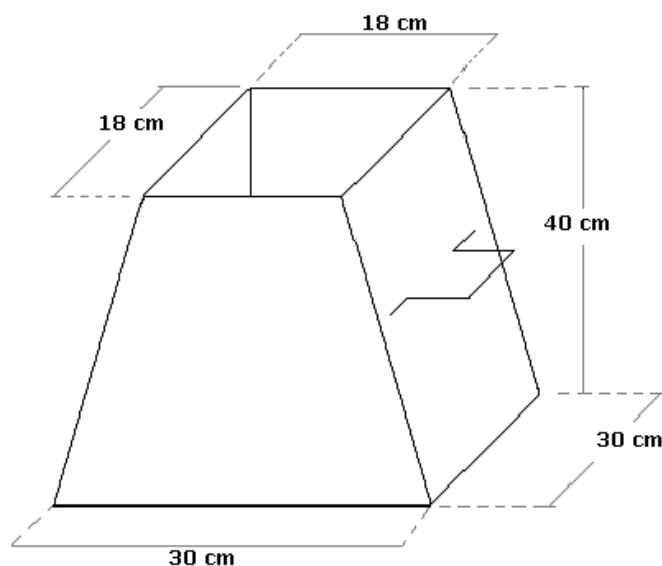


Figura 1. Forma com os padrões utilizados para o marco piramidal.

As estações são identificadas através de legendas estampadas na chapa específica (Figura 2B). As legendas devem ser estampadas com numerador de aço de 6 mm. Nela deverá conter a escrita: “PROTEGIDO POR LEI”, nome da empresa que a implantou e a sua identificação (Nome da estação).

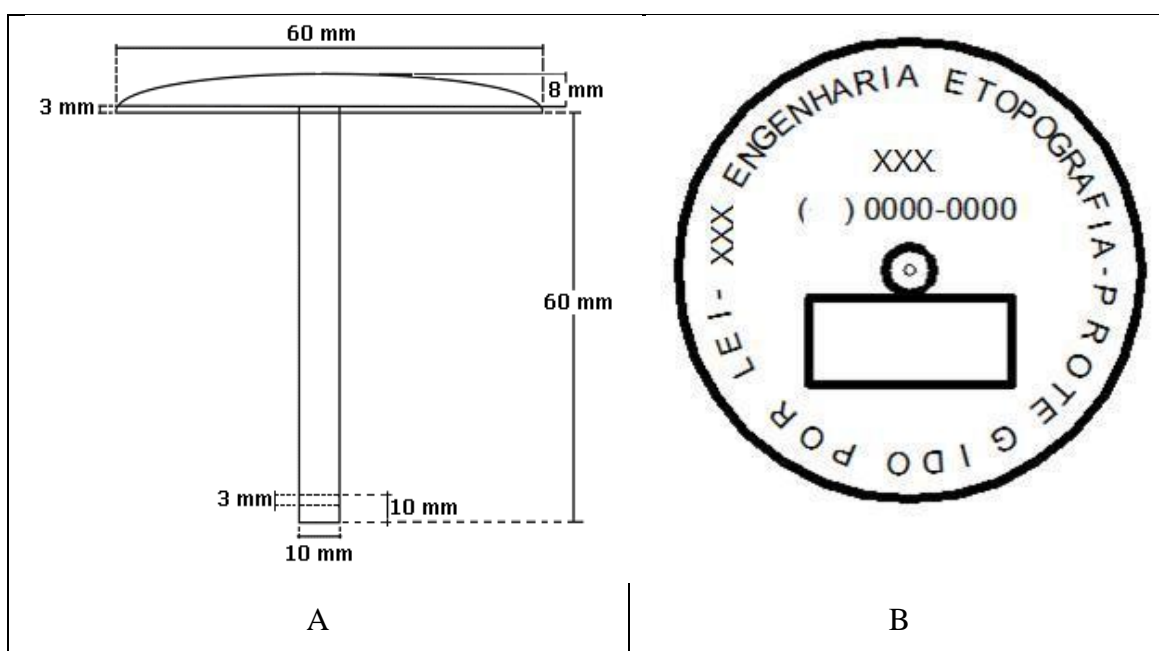


Figura 2. Especificações gerais da chapa (Fonte: IBGE) (A) e Modelo de chapa (B).

Para a implantação de marcos faz-se obrigatório a utilização de marcos/estações oficiais ou homologadas pelo IBGE, de alta precisão, para os levantamentos topográficos sendo que:

1. Para transporte de coordenadas planimétricas deverão ser utilizadas marcos SAT e/ou estações da RBMC, não sendo aceito a utilização de marcos SAT Doppler ou VT (Vértice de Triangulação);
2. Recomenda-se que, no caso de transporte de coordenadas altimétricas a partir de RN com aparelho GPS, sejam utilizadas no mínimo duas RN e no caso de nivelamento geométrico, pelo menos uma RN;

3. Em caso de impossibilidade da utilização de RN (RN não encontradas, destruídas ou abaladas), deverão ser utilizado os marcos SAT e/ou estações da RBMC, empregando a compensação geoidal.

A localização da implantação dos marcos deverá ser em lugares de fácil acesso e identificação por todos.

Cada marco implantado recebe uma monografia, segundo as normas da ANEEL “Monografia dos marcos geodésicos implantados no sítio do aproveitamento selecionado e de pontos de apoio utilizados nos serviços campo, incluindo descrições dos marcos, fotografias, croquis de localização e acesso, códigos, coordenadas geográficas e UTM, altitudes ortométricas e elipsoidais (quando realizada por GPS) e demais informações técnicas pertinentes” (ANNEEL, 2008). Na Figura 3 tem um modelo de monografia padrão ANEEL.

Tecnologia e Ambiente

Unesc - Criciúma - Santa Catarina

Monografia do Marco

Nome do Marco	Localidade	Município	Data
PA04	Bairro Haller	Ijuí - RS	03/10/2010
Equipamento utilizado	Tempo de rastreio	Responsável/Empresa	
GPS com RTK Leica ATX900CS	60 minutos	Engº Fulano de Tal XXX Engenharia	
DATUM HORIZONTAL:	SAD-69	DATUM VERTICAL:	Marégrafo de Imbituba
Coordenadas Geográficas		UTM	
Longitude:	54° 16' 36.52568" W	E:	766.996,305
Latitude:	28° 19' 34.82060" S	N:	6.863.623,563
h (elipsoidal)	260,241 m	Fuso:	21
H (ortométrica)	256,198 m	M. Central	-57
Ondulação Geoidal (N):	04,043 m		

Vista Geral do marco:



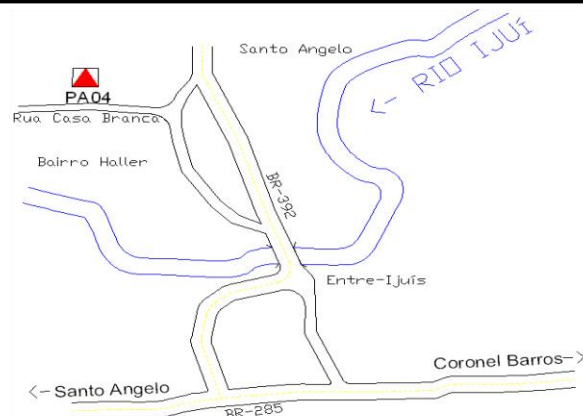
Detalhe da chapa:



Descrição do marco:

Marco topográfico de concreto, com uma chapa padrão, implantado na propriedade do Sr. XX próximo a uma cerca.

Croqui de localização:



Itinerário:

Saindo da BR 285 em direção a Santo Ângelo, atravessar a ponte do Rio Ijuí e na primeira rotatória pegar a esquerda sentido bairro Haller. Percorrer 300m até a Rua Casa Branca. Virar a direita e andar mais 200m onde verá a esquerda umas lavouras. O marco está próximo a cerca.

Observações:

Sua vinculação ao Sistema Geodésico Brasileiro efetuou-se através de irradiação simples com os SATs 92025 e 93784 com a técnica de posicionamento relativo estático a partir da ocupação simultânea com os RNs 1916J, 1917H e 1920H.



Figura 3. Exemplo de monografia de marco.

2.2 Levantamentos Topográficos

Para o projeto de uma PCH, serão necessários levantamentos topográficos de precisão, listados a seguir, os quais devem ser realizados de acordo com a Norma NBR 13133 (ABNT, 1994):

- determinação da queda natural no local;
- planialtimétricos das áreas de implantação das estruturas previstas;
- planialtimétricos das áreas de empréstimo de solo, jazidas de areia e cascalho e pedreiras;
- nivelamento da linha d'água do reservatório;
- cadastro jurídico das propriedades atingidas;
- levantamento das propriedades atingidas para efeito de subdivisão e averbação legal.

Além desses, deverá ser levantado o fundo do rio na região de implantação das estruturas (topobatimetria).

A determinação da queda natural poderá ser feita utilizando-se, alternativamente, a tecnologia de rastreamento de satélite GPS, a qual tem sido muito usada para locação das Referências de Nível (RNs) no sítio da PCH, em substituição ao transporte de cotas para o local a partir de marcos geodésicos do IBGE na região. Essa tecnologia é particularmente atrativa quando os marcos do IBGE estão longe do sítio, uma vez que demanda menos tempo, sem prejuízo para a precisão – há prejuízo na precisão, quando o transporte de altitude é executado pelo método de posicionamento por satélite se comparado com o nivelamento geométrico e é, quase sempre, mais econômica.

Conforme o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2007), para a obtenção de cartas topográficas e levantamentos topográficos para fins de apoio aos Estudos de Inventário, é obrigatório que as amarrações planimétricas e altimétricas sejam efetuadas a partir de marcos geodésico e de Referências de Nível do Sistema Geodésico Brasileiro, definidos pelo IBGE. As formas

compatíveis devem ser adotadas com os padrões de precisão para o transporte de coordenadas para os marcos a serem implantados nos locais de interesse.

Os métodos recomendados para a obtenção da base cartográfica a ser utilizada são:

- Aerofotogrametria.
- Radar Interferométrico.
- Perfilamento a Laser.
- Imageamento por Satélites.
- Levantamentos Topográficos.

Os métodos acima, isolados ou combinados, devem conduzir os resultados do mapeamento a obtenção de produtos cartográficos compatíveis com os usos e necessidades do Estudo de Inventário a ser realizado. Deverão atender as especificidades da região dos estudos, levando-se em consideração principalmente os seguintes aspectos:

- Cobertura vegetal: Bioma característico, culturas, pastagens etc.
- Topografia: Região, em sua maioria acidentada ou plana.
- Altura média prevista para as barragens.
- Interferências: Cidades, agrupamentos urbanos, estradas, ferrovias, áreas indígenas, unidades ambientais etc.

Deve-se dar uma atenção especial a hidrografia, contemplando, entre outras, a correta identificação (toponímia) do curso principal da bacia mapeada e seus afluentes, evidenciando seus pontos de alteração de declividade, estreitamentos, gargantas, corredeiras e quedas d'água, bem como das obras de arte a eles associadas ou marginais.

O detalhamento altimétrico deverá buscar a melhor representação do relevo, com especial atenção para os detalhes capazes de alterar os resultados dos perfis dos cursos d'água, o cálculo do volume dos reservatórios e a avaliação das interferências físicas dos futuros reservatórios na paisagem. Para a obtenção desse objetivo, devem ser consideradas as seguintes recomendações:

Tecnologia e Ambiente

Unesc - Criciúma - Santa Catarina

- Aplicação de pontos cotados em todos os cumes das elevações, fundos de depressões, selas topográficas e áreas significativamente planas do terreno (cuja extensão seja superior a 2 cm na escala da carta).
- Aplicação de pontos cotados do nível d'água ao longo do perfil dos rios, em especial nos pontos de quebra de declividade, tais como início e final de corredeiras, topo e pé de cachoeiras, lagos e reservatórios artificiais e, sempre que visível, nos pontos de confluência com os principais afluentes.
- Aplicação de pontos cotados em obras de engenharia tais como tabuleiros de pontes, crista e pé de barragens, atracadouros de portos, estradas e ferrovias que cruzam ou seguem paralelas aos cursos d'água etc.
- Traçado de curvas suplementares com meia equidistância sempre que a declividade do terreno gere curvas de nível com separação horizontal superior a 2 cm na escala da carta ou onde ocorrer quebra de declividade, como bordas de chapadas, precipícios etc.

Os trabalhos de campo que necessitem dados mais precisos deverão ser executados por levantamentos topográficos específicos. A seguir, a relação dos principais levantamentos a serem executados dessa forma:

- Perfil longitudinal: compreende a determinação das coordenadas planialtimétricas dos níveis d'água (NA's) no rio e principais afluentes, e outros elementos naturais ou artificiais importantes para o desenvolvimento dos estudos. O desenho do perfil deverá ser referenciado a uma mesma data, para uniformidade das vazões, contendo as distâncias acumuladas a partir da foz e as cotas de cada elemento importante. Visando minimizar os erros ao longo do processo de tomada de dados, o levantamento deve ser realizado preferencialmente durante o período de estiagem, registrando-se as datas e os horários de obtenção de cada NA.

A relação dos NA's dos principais elementos a serem levantados:

- Cristas e pé de cada cachoeira e corredeira.
- Foz dos afluentes.

- Limites de Unidades de Conservação e Terras Indígenas.
- Pontes, com determinação das coordenadas das cabeceiras e tabuleiros.
- Travessias de balsa.
- Núcleos populacionais, garimpos etc.
- Réguas limnimétricas.
- Linhas de Transmissão, determinando-se as coordenadas das torres próximas. Caso haja indicação, informar a tensão da linha de transmissão.
- Outros julgados importantes.
- Seções topobatimétricas no alinhamento dos eixos previstos, com seções transversais, onde necessário, para que configurem a morfologia das ombreiras e áreas adjacentes de modo a subsidiar os estudos de arranjo.
- Amarrações de investigações geológico-geotécnicas e hidrológicas.

Esses levantamentos deverão obedecer as especificações de nivelamento Classe IIIN e planimetria IVP, da Norma 13.133 (ABNT, 1994) (Tabela 1 e 2). Deverá ser fornecida a relação de todos os pontos levantados, com suas coordenadas planialtimétricas e data de levantamento.

Tabela 1- Nivelamento de Linhas ou Circuitos e seções (ABNT, 1994).

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerâncias de Fechamento
		Linha Seção	Extensão Máxima	Lance Máximo	Lance Mínimo	Nº Max. de lances	
IIIN	¹	Princ.	10 km	500 m	40 m	40	0,15 m K
Trig.		Sec.	5 km	300 m	30 m	20	0,20 m K

¹Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED -1, leituras recíprocas (vante e ré) em Princ. Trig. uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.

Tabela 2.–Levantamento Planimétrico –Poligonais (ABNT, 1994).

Classe	Medição		Extensão Máxima (L)	Desenvolvimento Lado		Nº max. de vértices	Materia- lização
	Angular	Linear		Mínimo (D mín.)	Médio (D méd.)		
IVP	1	2	07 km	30 m	≥160 m	41	Pinos ou piquetes

¹Método das direções: uma série de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.

²Leituras recíprocas com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida e controle taqueométrico com leitura dos três fios ou equivalente (teodolitos auto-redutores).

2.3. Seções Topobatimétricas

Denomina-se topobatimetria o ato de realizar levantamentos batimétricos através de técnicas topográficas, sem a necessidade de equipamentos especiais de batimetria. No entanto esta técnica só é aplicável a rios e lagos de pequeno porte e pequena profundidade, devido a impossibilidade de se determinar profundidades superiores a 10 metros ou menos, dependendo da correnteza do rio.

A topobatimetria é especialmente interessante para o levantamento de pequenos rios no intuito de se realizar projetos de construção de PCHs, devido a maiores facilidades técnicas e menores custos, além de melhor precisão. Outra grande vantagem da topobatimetria é a possibilidade de utilizar embarcações amadoras ou mesmo dispensar embarcações se o nível da água e a correnteza permitir o livre deslocamento por dentro do leito do rio.

O levantamento de seções topobatimétricas também pode estar associado aos estudos hidrológicos e monitoramento de vazão (BACK, 2006). Nas técnicas de

medição da vazão com molinetes hidrométricos é realizado o levantamento do perfil da seção molhada do rio, devendo ser complementado com o levantamento da seção fora da calha do rio.

Outra possibilidade técnica é a de utilizar técnicas geodésicas como a utilização do sistema de posicionamento global (GPS, GLONASS), o que pode ser uma vantagem a mais. As possibilidades técnicas implicariam numa boa visibilidade de satélites, ou seja, o rio não poderia ser num vale muito profundo ou muito estreito correndo por entre florestas. Morros muito elevados e cobertura vegetal densa implicariam em pouca qualidade de sinal e conseqüentemente, perda de precisão.

As seções topobatimétricas devem ser realizadas com poligonais fechadas partindo e fechando em pares de marcos geodésicos implantados. No levantamento topobatimétrico em locais com profundidades acima de 1,0 m deve-se utilizar uma embarcação com motor de popa para facilitar o deslocamento. (Figura 4).



Figura 4. Execução de levantamento de seção topobatimétrico.

Conforme as Normas da NBR 13.133 (ABNT, 1994), o relatório técnico, quando do término de todo e qualquer levantamento topográfico ou serviço de topografia, deve conter, no mínimo, os seguintes tópicos:

- a) objeto;
- b) finalidade;
- c) período de execução;
- d) localização;
- e) origem (datum);
- f) descrição do levantamento ou do serviço executado;
- g) precisões obtidas;
- h) quantidades realizadas;
- i) relação da aparelhagem utilizada;
- j) equipe técnica e identificação do responsável técnico;
- l) documentos produzidos;
- m) memórias de cálculo, destacando-se: as planilhas de cálculo das poligonais e planilhas das linhas de nivelamento.
- n) Metodologia detalhada de todos os levantamentos realizados – campo e escritório - incluindo descrição dos serviços, dos aparelhos utilizados, nível de precisão destes, arquivos “Rinex” dos rastreios realizados, programas computacionais utilizados, resultados dos processamentos efetuados, cadernetas de campo, compensação geoidal, etc;

3. Metodologia dos levantamentos

3.1 Cartografia e Topografia

Os serviços cartográficos executados na fase final dos estudos também dependem muito das características da bacia, tais como dimensões, desnível, cobertura vegetal, grau de ocupação e evidentemente dos dados anteriormente coletados e os levantamentos executados.

Nesta etapa levantamentos definitivos e/ou complementares deverão ser executados onde for detectada fragilidade.

Deverão ser estabelecidos definitivamente:

1. Os perfis longitudinais dos cursos de água, com indicação dos níveis d'água nos locais pré-selecionados e das cotas das obras de arte existentes.
2. Levantamentos dos pontos de fuga.
3. Curvas cota x área e cota x volume de cada reservatório.
4. Conformação topográfica dos sítios pré-selecionados, incluindo todos os elementos de todas as estruturas do arranjo, conforme classe VI PA, da norma NBR 13.133 (ABNT, 1994).
5. Seção transversal topobatimétrica no eixo do barramento.
6. Seções longitudinais ao longo do circuito de geração, do desvio, do órgão extravasor e das transposições (navegação e fauna aquática migratória).
7. Instalação em cada sítio de aproveitamento de dois marcos topográficos, com seus respectivos marcos de azimute, vinculados planialtimetricamente ao Sistema Geodésico Brasileiro.
8. Amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotecnicas, hidrométricas e ambientais realizadas.

3.2 Especificações Técnicas

Quanto às especificações técnicas dos dados georreferenciados, os desenhos ou imagens que envolverem coordenadas cartográficas serão entregues aos órgãos competentes, seguindo os padrões estabelecidos abaixo:

- “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos”, aprovadas pela Resolução PR n° 22, de 21.07.83, do IBGE, e homologadas pela Resolução COCAR 02/83, de 14.07.83, publicada no D.O. de 27.07.83 (IBGE, 1983).
- “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Versão Preliminar”, 001/2005, de janeiro de 2006, da Diretoria de Geociências do IBGE.

- Norma ABNT NBR 13.133 – “Execução aprovadas pela Resolução nº 05 de 31 de março de 1993 da Presidência do IBGE, e que passaram a complementar o Capítulo II das Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos da RPR-22 de 21.07.83.
- “Padronização de Marcos Geodésicos: Instrução Técnica”, aprovadas através da Norma de Serviço NSDGC de levantamento topográfico”, de 30.06.94.
- Norma ABNT NBR 14.166, de 01.08.98 – “Rede de Referencia Cadastral Municipal– Procedimento”.
- Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabelecidas pelo Decreto n.89.817 de 20 de junho de 1984, publicado no D.O.U. de 22 de junho de 1984 e alterações subsequentes, constantes do Decreto nº 5.334, de 6 de janeiro de 2005, que altera a redação do art. 21 dessas Instruções.
- Resolução do IBGE – RPR – 1/2005, de 25 de fevereiro de 2005, que altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, definindo o SIRGAS2000 como seu referencial.
- Portaria Ministerial 121/MB, de 23 de abril de 2003 – Instruções para Controle dos Levantamentos Hidrográficos pela Marinha do Brasil.

3.3 Produtos Finais

Os produtos finais a serem entregues devem seguir os padrões dos órgãos requerentes. Segue uma lista dos produtos:

- Relação de marcos geodésicos oficiais (RNs e Vértices), utilizados como base para realização do transporte de coordenadas.
- Monografia dos marcos geodésicos implantados nos sítios dos aproveitamentos identificados na divisão de queda selecionada e utilizados nos serviços de apoio de campo, incluindo fotografias, croquis de acesso, códigos, coordenados geográficas e UTM correspondentes ao *datum* utilizado e demais informações técnicas pertinentes.

- Memorial descritivo informando: descrição dos serviços, aparelhos utilizados, nível de precisão, programas computacionais utilizados.
- Desenhos esquemáticos dos perfis longitudinais dos rios em estudo, indicando seus principais afluentes, em formato A3 e em escala adequada (incluir informações sobre as alternativas de divisão de quedas estudadas, níveis d'água operacionais e de todos os pontos notáveis existentes como por exemplo, terras indígenas, cidades, pontes, áreas de proteção ambiental, captação de água.
- Planta planialtimétrica dos sítios pré-selecionados obtida por metodologia recomendada em escala adequada e em formato A3.
- Desenhos das seções topobatimétricas transversais ao rio e longitudinais as estruturas (incluindo o canal de fuga) do barramento de todos os sítios identificados na divisão de queda selecionada.
- Arquivo digital das plantas planialtimétricas dos reservatórios.
- Planilha eletrônica utilizada como base para elaboração das Curvas Cota \times Área \times Volume dos aproveitamentos das diversas alternativas.
- Memória técnica dos serviços de amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotecnicas,higrométricas e ambientais realizadas.
- ART's específicas dos serviços realizados (campo e escritório).

4. CONCLUSÕES

Ao concluir esse trabalho é que percebemos a amplitude e a importância dos trabalhos topográficos na execução de PCHs.

O crescimento da demanda por energia hidrelétrica determinou a necessidade de regulamentação do setor hidrelétrico no Brasil. Essa regulamentação inclui a normatização dos trabalhos de campo e escritórios relacionados com a topografia. Também o avanço da tecnologia em equipamentos e programas de computador determina a constante revisão e atualização dos profissionais que atuam na área.

A Engenharia de Agrimensura tem importante participação em diversos estudos, desde a elaboração do projeto de PCH, até seu monitoramento durante a operação.

5. REFERENCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual de Estudos de disponibilidade Hídrica para aproveitamento Hidrelétricos: Manual do usuário. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, SOF, 2010. 71p.

GÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Resolução normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Superintendência de Gestão e Estudos Hidroenergéticos – SGH. Diretrizes para elaboração de serviços de cartografia e topografia, relativos a estudos e projetos de aproveitamentos hidrelétricos. Brasília, ANEEL, 2009. 26p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. Maio de 1994. 35p.

BACK, A.J. Medidas de vazão com molinete hidrométrico e coleta de sedimentos em suspensão. Florianópolis. Epagri, 2006. 56p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Manual de Inventario Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas / Ministério de Minas e Energia, CEPEL. – Rio de Janeiro: E-papers, 2007.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução do Presidente de 25/02/2005 (R.PR – 1/2005) - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.

CARNEIRO, D.A. PCHs: Pequenas Centrais Hidrelétricas: Aspectos jurídicos, técnicos e comerciais / Daniel Araujo Carneiro. –Rio de Janeiro: Synergia: Canal Energia, 2010.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A - ELETROBRÁS. Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos; Rio de Janeiro, mar., 1983.

IBGE. Padronização de Marcos Geodésicos. Diretoria de Geociências. Coordenação de Geodésia, Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/Padronizacao_marcos_geodesicos_ago08.pdf

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução nº 22, de 21 de julho de 1983. Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos. 1983.