



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



# Directrizes técnicas para o desenvolvimento de centrais hidroeléctricas pequenas

## PROJECTO

### Parte 1: Planeamento da selecção do local

SHP/TG 002-1: 2019



## **DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

Este documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material deste documento não implicam a expressão de qualquer opinião por parte do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou área das suas autoridades, ou sobre a delimitação das respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não expressam necessariamente uma opinião sobre a etapa alcançada por um determinado país ou área no processo de desenvolvimento. A menção de nomes de empresas ou produtos comerciais não constitui uma aprovação por parte da UNIDO. Apesar do extremo cuidado na manutenção da precisão das informações aqui contidas, nem a UNIDO nem os seus Estados-Membros assumem qualquer responsabilidade pelas consequências que possam advir do uso do material. Este documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mas o seu reconhecimento é necessário.

Directrizes técnicas para o  
desenvolvimento de centrais hidroeléctricas  
pequenas  
**PROJECTO**

## **Parte 1: Planeamento da selecção do local**

**SHP/TG 002-1: 2019**

## AGRADECIMENTOS

As directrizes técnicas (DT) são o resultado de um esforço de colaboração entre a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e a Rede Internacional de Pequenas Centrais Hidroelétricas (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões específicas para tornar as DT profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão enormemente gratas pelas contribuições recebidas durante o desenvolvimento destas directrizes, em particular, as fornecidas pelas seguintes organizações internacionais:

- O Mercado Comum da África Oriental e Austral (COMESA)
- A Rede Global de Centros Regionais de Energia Sustentável (GN-SEC), particularmente o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

O governo chinês facilitou a finalização dessas directrizes e teve grande importância na sua conclusão.

O desenvolvimento destas directrizes beneficiam extraordinariamente dos pensamentos, das revisões e das críticas construtivas, como também das contribuições de: Sr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Sr. Adoyi John Ochigbo, Sr. Arun Kumar, Sr. Atul Sarthak, Sr. Bassey Edet Nkposong, Sr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Sra. Chang Fangyuan, Sr. Chen Changjun, Sra. Chen Hongying, Sr. Chen Xiaodong, Sra. Chen Yan, Sra. Chen Yueqing, Sra. Cheng Xialei, Sr. Chileshe Kapaya Matantilo, Sra. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Sr. Deogratias Kamweya, Sr. Dolwin Khan, Sr. Dong Guofeng, Sr. Ejaz Hussain Butt, Sra. Eva Kremere, Sra. Fang Lin, Sr. Fu Liangliang, Sr. Garaio Donald Gafiye, Sr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Sr. Guo Chenguang, Sr. Guo Hongyou, Sr. Harold John Annegam, Sra. Hou ling, Sr. Hu Jianwei, Sra. Hu Xiaobo, Sr. Hu Yunchu, Sr. Huang Haiyang, Sr. Huang Zhengmin, Sra. Januka Gyawali, Sr. Jiang Songkun, Sr. K. M. Dhahesan Unnithan, Sr. Kipyego Cheluget, Sr. Kolade Esan, Sr. Lamysier Castellanos Rigoberto, Sr. Li Zhiwu, Sr.<sup>a</sup> Li Hui, Sr. Li Xiaoyong, Sr.<sup>a</sup> Li Jingjing, Sr.<sup>a</sup> Li Sa, Sr. Li Zhenggou, Sra. Liang Hong, Sr. Liang Yong, Sr. Lin Xuxin, Sr. Liu Deyou, Sr. Liu Heng, Sr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Sra. Lu Xiaoyan, Sr. Lv Jianping, Sr. Lv Jianping, Manuel Mattiat, Sr. Martin Lugmayr, Sr. Mohamedain SeifElnasr, Sr. Mundia Simainga, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Olumide TaiwoAlade, Sr. Ou Chuanqi, Sr.<sup>a</sup> Pan Meiting, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Liu Heng, Pan Weiping, Sr. Ralf Steffen Kaeser, Sr. Rudolf Hupfl, Sr. Rui Jun, Sr. Rao Dayi, Sr. Sandeep Kher, Sr. Sergio Armando Trelles Jasso, Sr. Sindiso Ngwenga, Sr. Sidney Kilmete, Ms. Sitiraka Zarasoa Rakotomahefa, Sr. Shang Zhihong, Sr. Shen Cunke, Sr. Shi Rongqing, Sr.<sup>a</sup> Sanja Komadina, Sr. Tareqemtairah, Sr. Tokihiko Fujimoto, Sr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Sr. Tan Xiangqing, Sr. Tong Leyi, Sr. Wang Xinliang, Sr. Wang Fuyun, Sr. Wang Baolu, Sr. Wei Jianghui, Sr. Wu Cong, Sra. Xie Lihua, Sr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Sr. Xu Xiaoyan, Sr. Xu Wei, Sr. Yohane Mukabe, Sr. Yan Wenjiao, Sr. Yang Weijun, Sr. Yan Li, Sr. Yao Shenghong, Sr. Zeng Jingnian, Sr. Zhao Guojun, Sr. Zhang Min, Sr. Zhang Liansheng, Sr. Zhang Zhenzhong, Sr. Zhang Xiaowen, Sr.<sup>a</sup> Zhang Yingnan, Sr. Zheng Liang, Sr. Zheng Yu, Sr. Zhou Shuhua, Sr.<sup>a</sup> Zhu Mingjuan.

Seria muito bem-vindas outras recomendações e sugestões para a aplicação da actualização.

## Índice

Prefácio .....	III
Introdução.....	IV
1 Âmbito.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições.....	1
4 Disposições gerais.....	1
4.1 Princípios de planeamento.....	1
4.2 Enquadramento do planeamento.....	2
4.3 Métodos e etapas de planeamento.....	3
5 Recolha e análise de dados básicos.....	4
5.1 Recolha de dados.....	4
5.2 Análise de dados.....	5
6 Cálculo do potencial de energia hidroeléctrica da bacia ou sub-bacia hidrográfica.....	6
7 Planeamento preliminar do local.....	8
7.1 Conteúdo do planeamento e principais considerações.....	8
7.2 Tipos de estações de PCH e condições aplicáveis para o desenvolvimento.....	9
7.3 Utilização de várias condições geográficas especiais dos rios.....	9
7.4 Estimativa da escala de desenvolvimento de uma central de energia hidroeléctrica.....	10
8 Investigações e levantamentos no local.....	11
8.1 Levantamentos hidrológicos.....	11
8.2 Levantamentos no local de planeamento.....	12
8.3 Determinação preliminar das fontes de água disponíveis para a central de energia hidroeléctrica.....	12
8.4 Outras condições de construção para investigação.....	12
9 Elaboração do plano de construção do local.....	13
9.1 Selecção da capacidade instalada.....	13
9.2 Selecção dos tipos de turbinas.....	13
9.3 Número de unidades.....	13
9.4 Selecção do tipo de barragem.....	14
9.5 Selecção das estruturas de descarregador de cheias.....	14
9.6 Selecção de estruturas de captação de água.....	15
9.7 Selecção de estruturas de desvio.....	15
9.8 Tipos de centrais de energia.....	16
9.9 Localização da subestação de exterior.....	16
9.10 Localização das obras de fuga.....	16
9.11 Disposição das estruturas principais.....	16
10 Avaliação e previsão.....	17
10.1 Avaliação preliminar dos impactos sociais e ambientais.....	17
10.2 Avaliação dos requisitos de energia.....	17

10.3	Estimativa de custos e avaliação de benefícios .....	18
10.4	Avaliação das recomendações do local de planeamento e sequência de desenvolvimento .....	18
11	Preparação do relatório de planeamento da selecção do local .....	19
	Apêndice A (Informativo) Cálculo do potencial teórico da energia hídrica fluvial, fórmula de estimativa da capacidade instalada num local planeado .....	20
	Apêndice B (Informativo) Diagrama esquemático de tipos de desenvolvimento e terreno especial utilização das estações de PCH .....	23
	Apêndice C (Informativo) Relatório de planeamento de selecção do local (Esboço) .....	28

## Prefácio

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) é uma agência especializada no âmbito do sistema das Nações Unidas para promover o Desenvolvimento Industrial Global Inclusivo e Sustentável (ISID, Inclusive and Sustainable Industrial Development). A relevância do ISID como abordagem integrada aos três pilares do desenvolvimento sustentável é reconhecida pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e pelos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) correspondentes, que contarão com o esforço das Nações Unidas e dos países rumo ao desenvolvimento sustentável nos próximos quinze anos. O mandato da UNIDO para o ISID engloba a necessidade de apoiar a criação de sistemas energéticos sustentáveis, uma vez que a energia é essencial para o desenvolvimento económico e social e para a melhoria da qualidade de vida. A preocupação e o debate internacional sobre energia têm crescido cada vez mais nas últimas duas décadas, com as questões da redução da pobreza, dos riscos ambientais e das alterações climáticas a assumirem agora um lugar central.

A INSHP (Rede Internacional de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica) é uma organização internacional de coordenação e promoção para o desenvolvimento global de pequenas centrais de energia hidroeléctrica (PCH), baseada na participação voluntária de pontos focais regionais, sub-regionais e nacionais, instituições relevantes, serviços públicos e empresas, e cujo principal objectivo são as prestações sociais. A INSHP visa a promoção do desenvolvimento global de PCH através da cooperação triangular técnica e económica entre países em desenvolvimento, países desenvolvidos e organizações internacionais, a fim de abastecer as zonas rurais dos países em desenvolvimento com energia ambientalmente saudável, acessível e adequada, o que levará ao aumento das oportunidades de trabalho, à melhoria dos ambientes ecológicos, à redução da pobreza, à melhoria dos padrões de vida e culturais locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica desde 2010. Com base nos relatórios, os requisitos e o desenvolvimento de PCH não estavam equiparados. Um dos obstáculos ao desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação com peritos globais, e com base em experiências de desenvolvimento bem-sucedidas, decidiu desenvolver as DT das PCH para satisfazer a procura dos Estados-Membros.

Estas DT foram elaboradas de acordo com as regras editoriais das Directivas ISO/IEC, Parte 2 (consultar [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Chama-se especial atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos destas DT possam estar sujeitos a direitos de patente. A UNIDO e a INSHP não serão responsáveis pela identificação desses mesmos direitos de patente.

## Introdução

Uma Pequena Central de Energia Hidroeléctrica (PCH) é cada vez mais reconhecida como uma importante solução de energia renovável para a electrificação de áreas rurais remotas. Contudo, embora a maioria dos países europeus, da América do Norte e do Sul e a China tenham elevados níveis de capacidade instalada, o potencial de uma PCH em muitos países em desenvolvimento permanece desconhecido e é prejudicado por vários factores, incluindo a falta de boas práticas ou normas globalmente acordadas para o desenvolvimento de uma PCH.

Estas Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas (DT) abordarão as limitações actuais dos regulamentos aplicados às directrizes técnicas para as PCH, aplicando os conhecimentos especializados e as melhores práticas existentes em todo o mundo. Pretende-se que os países utilizem estas directrizes para apoiar as suas actuais políticas, tecnologias e ecossistemas. Os países com competências institucionais e técnicas limitadas serão capazes de melhorar a sua base de conhecimentos no desenvolvimento de instalações de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, ajudando no desenvolvimento económico a nível nacional. Estas DT serão valiosas para todos os países, mas permitem especialmente a partilha de experiências e melhores práticas entre países que têm conhecimentos técnicos limitados.

As DT podem ser utilizadas como princípios e fundamentos para o planeamento, concepção, construção e gestão de PCH até 30 MW.

- Os termos e definições presentes nas DT especificam os termos e definições técnicas profissionais normalmente utilizados para PCH.
- As Directrizes do Projecto fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimento em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, esquema do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo do projecto, pré-avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais – com o objectivo final de obter as melhores soluções de projecto.
- As Diretrizes das Unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas nas PCH, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, como também para sistemas de vigilância, controlo, protecção e de alimentação de corrente contínua.
- As Directrizes de Construção podem ser utilizadas como documentos de orientação técnica para a construção de projectos de PCH.
- As Directrizes de Gestão fornecem orientações técnicas para a gestão, operação e manutenção, renovação técnica e aceitação de projectos de PCH.

# **Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas**

## **Projecto-Centrais**

### **Parte 1: Planeamento de selecção de locais**

#### **1 Âmbito**

Esta parte das Directrizes de Projecto especifica os princípios gerais do planeamento da selecção “she” para projectos de pequenas centrais hidroeléctricas (PCH/SHP em inglês), e as metodologias, procedimentos e requisitos de resultados da selecção de PCH.

#### **2 Referências normativas**

Os seguintes documentos são referidos no texto de tal forma que parte ou a totalidade do seu conteúdo constitui uma exigência deste documento. Para referências datadas, é apenas aplicável a edição citada. Para referências não datadas, é aplicável a última edição do documento referenciado (incluindo quaisquer alterações).

SHP/TG 001, *Directrizes técnicas para o desenvolvimento de pequenas centrais de energia hidroeléctrica – Termos e definições*

#### **3 Termos e definições**

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições apresentados no SHP/TG 001.

#### **4 Disposições gerais**

##### **4.1 Princípios de planeamento**

**4.1.1** A selecção do local deve seguir os princípios do planeamento localizado, sujeito ao planeamento global nacional integrado de recursos hídricos e ao planeamento abrangente da bacia hidrográfica com a prospecção sistemática de locais potenciais.

**4.1.2** A selecção do local deve satisfazer os requisitos das necessidades ambientais do rio e áreas adjacentes e também ter planos preliminares para mitigar os impactos negativos que provavelmente serão causados pelos projectos de PCH no rio e respectivo ambiente circundante.

**4.1.3** A selecção do local deve ser determinada com base nos recursos hídricos e topografia com o propósito de desenvolvimento sustentável, utilização e juntamente com uma consideração total de todos os outros factores.

- a) A selecção do local deve considerar de forma abrangente a correlação do desenvolvimento dos recursos hidroeléctricos em toda a extensão do rio, com a devida atenção à interrelação do desenvolvimento em cascata a montante e a jusante, de modo a que a disposição dos locais a montante e a jusante seja devidamente coordenada. Para os requisitos polivalentes de abastecimento de água, controlo de cheias, irrigação, ecologia, turismo, navegação e desenvolvimento comunitário, os projectos de PCH devem ser planeados de acordo com os objectivos de desenvolvimento primário e secundário.
- b) A selecção do local deve ter em conta a projecção dos requisitos de electricidade a longo-prazo, com base no desenvolvimento social e económico da área. Quando a venda indirecta de electricidade a outra(s) região(ões) estiver prevista através da rede eléctrica, deve ser considerado o estado actual e o plano de desenvolvimento da rede, e ser avaliado o potencial de crescimento do mercado externo de electricidade. De acordo com as necessidades de desenvolvimento do mercado de energia, o planeamento deve ser realizado de acordo com os objectivos de desenvolvimento relevantes a curto, médio e longo-prazo.
- c) A selecção do local deve justificar a selecção da PCH em relação a outras possíveis tecnologias de electrificação rural.
- d) A selecção do local deve levar em conta os planos de desenvolvimento integrado local, regional e internacional relevantes para a área em estudo.

**4.1.4** A selecção do local deve ser coordenada com outros planos de desenvolvimento relevantes da área em estudo, incluindo indicadores de planeamento, terminologia, unidades de quantidades e valores, planos de implementação, e deve ser consistente e evitar conflitos.

## **4.2 Enquadramento do planeamento**

**4.2.1** O enquadramento de planeamento para a selecção do local da central para desenvolvimento da PCH deve basear-se no nível (local/estadual/nacional) da organização de planeamento do país.

**4.2.2** Se o plano de desenvolvimento de recursos da PCH fizer parte do planeamento abrangente da área administrativa (local/estadual/províncias), o enquadramento do planeamento da selecção do local da central será definido de acordo com o plano de divisão administrativa.

**4.2.3** O planeamento do desenvolvimento da PCH deve basear-se na definição detalhada e homogénea da rede fluvial e das bacias hidrográficas.

**4.2.4** Dentro de zonas exclusivas de desenvolvimento económico e áreas de reserva natural, o planeamento da selecção do local de desenvolvimento de PCH deve considerar as necessidades polivalentes.

### 4.3 Métodos e etapas de planeamento

O planeamento deve ser determinado de acordo com o processo real de planeamento de selecção do local da central para desenvolvimento de recursos da PCH. Os métodos e etapas são apresentados na Figura 1. Na prática, a recolha de dados deve ser realizada em coordenação com alguns trabalhos de investigação do local.

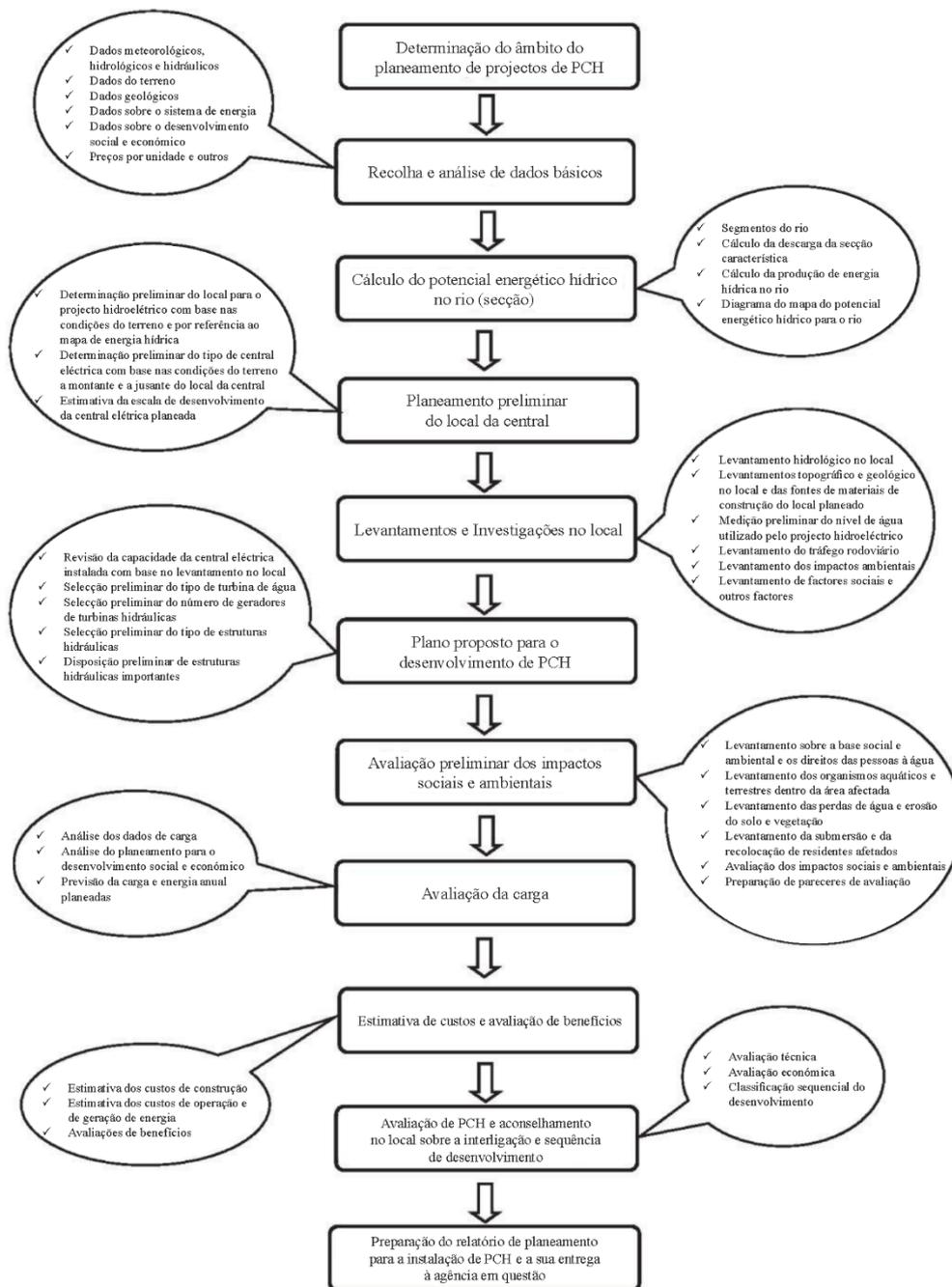


Figura 1 Fluxograma de actividades para o planeamento da selecção do local da PCH

## 5 Recolha e análise de dados básicos

### 5.1 Recolha de dados

**5.1.1** Os dados básicos adequados devem ser recolhidos e analisados. A autenticidade, exactidão, actualidade e aplicabilidade dos dados recolhidos devem ser testadas e confirmadas. Deve ser levada em conta a utilização de bases de dados de recursos naturais digitais e tecnologia geomática (detecção remota e Sistema de Informação Geográfica [SIG]).

**5.1.2** Os seguintes dados básicos devem ser incluídos.

- a) Dados hidrometeorológicos, incluindo séries de dados medidos, tais como precipitação, caudal nos rios, evaporação, nível de água, sedimentos e gelo. Para os locais onde faltam os dados medidos, devem ser recolhidos dados relevantes sobre bacias hidrográficas adjacentes e mapas hidrológicos emitidos pela autoridade nacional ou regional.
- b) Dados de geografia natural da bacia hidrográfica e características do rio, incluindo o mapa topográfico da bacia hidrográfica (escala não inferior a 1: 50 000), mapa rodoviário da área administrativa, secções longitudinais e transversais do rio. Os dados sobre os modelos digitais de elevação/terreno estão disponíveis a 30 m, e também pode ser utilizada uma resolução maior. Se for necessário utilizar os dados hidrometeorológicos das bacias hidrográficas adjacentes, devem também ser recolhidos os mapas topográficos dessas bacias.
- c) Dados geológicos, incluindo mapas regionais geológicos, tectónicos, de zoneamento sísmico, relatórios geológicos e registos de grandes eventos geológicos, tais como terremotos na área de planeamento.
- d) Informações sobre recursos, incluindo uso da terra, minerais, energia, florestas, turismo, animais e plantas raras.
- e) Dados do sistema de energia, incluindo fonte de energia, requisitos de energia, fornecimento anual de energia, estrutura de carga, curva de carga, estrutura da rede eléctrica, mercados de energia, regulamentos e planeamento do desenvolvimento de energia na área.
- f) Os dados das instalações existentes, incluindo os documentos de projecto das centrais hidroeléctricas existentes, irrigação, abastecimento de água, canoagem, navegação e outros projectos no âmbito do planeamento do troço do rio.
- g) Dados socioeconómicos, incluindo a demografia, produção industrial e agrícola, rede rodoviária, produto nacional bruto, rendimento per capita e planos nacionais de desenvolvimento económico na área.
- h) Outros dados, incluindo registos de desastres naturais, requisitos legais, arqueologia, sítios históricos, áreas protegidas e património natural.

## 5.2 Análise de dados

5.2.1 A análise dos dados hidrometeorológicos deve incluir o seguinte.

a) Análise qualitativa

- 1) As séries de dados devem ser, na medida do possível, precisas, fiáveis e não devem existir lacunas de dados.
- 2) Os dados serão aplicáveis às bacias hidrográficas em estudo.
- 3) A exactidão dos dados deve satisfazer os requisitos de análise. Os dados de precipitação/de chuva devem ser, na medida do possível, "precipitação diária". Os dados de caudal medidos devem ser tão precisos como o "caudal médio diário".
- 4) Devem ser utilizados métodos analíticos adequados para o controlo de qualidade.
- 5) Deve ser determinada uma série fiável de descargas diárias de longo-prazo, específica para cada rio da rede, baseada numa modelação hidrológica distribuída que seja devidamente calibrada.

b) Análise quantitativa

- 1) Análise de frequência: As séries de dados do caudal medido devem ser analisadas e calculadas de acordo com a fórmula de probabilidade da estatística, e a curva de frequência deve ser traçada de acordo com os resultados analíticos.
- 2) Análise de correlações: Deve ser realizada uma análise de correlação quando os dados do fluxo medido não se encontrarem na localização do local seleccionado para o desenvolvimento da PCH.
- 3) Curva de duração média do fluxo: Com base nos dados de cálculo de frequência, selecione os fluxos correspondentes à frequência de alto fluxo, fluxo mediano e fluxo baixo. Em seguida, selecione um ano semelhante da série de caudal para distribuição anual, se disponível, e distribua o caudal médio diário pelos próximos três anos, traçado como uma "curva de duração média do caudal".

5.2.2 A análise de dados do mapa topográfico deve incluir o seguinte.

- a) Análise do enquadramento: O mapa topográfico deve incluir a área de drenagem da bacia do rio em estudo. Se forem utilizados dados pluviométricos ou de caudal das bacias hidrográficas adjacentes, o mapa topográfico deve também apresentar a área de drenagem da bacia hidrográfica adjacente.
- b) Análise de exactidão: A escala do mapa topográfico utilizado para a selecção do local não deve ser inferior a 1 : 50 000. Se a escala do mapa topográfico recolhido for mais pequena do que os requisitos especificados, devem ser tomadas medidas de criptografia para melhorar a precisão dos contornos. Também podem ser utilizados dados geométricos globais de 30 m ou melhor resolução.

**5.2.3** A análise dos dados geológicos deve cumprir os seguintes requisitos.

- a) Incorporando as conclusões da avaliação da estabilidade estrutural geológica regional, as linhas de falha principais e os parâmetros de movimento do solo determinados para a área do projeto.
- b) Pode reflectir topografia e geomorfologia regional, litologia estratigráfica, estrutura geológica, condições hidrogeológicas e fenómenos geológicos físicos.

**5.2.4** A análise dos dados do sistema de energia deve incluir o seguinte.

- a) Situação actual da rede eléctrica e análise do plano da rede eléctrica: incluindo a estrutura da rede eléctrica, distribuição geográfica, níveis de tensão e a relação e impacto com o desenvolvimento da PCH proposta e planeada.
- b) Situação da fonte de energia e requisitos (carga) e análise de planeamento: incluindo estrutura da fonte de energia e requisitos (carga), requisitos máximos anuais de energia (carga), requisitos mínimos anuais de energia (carga), distribuição anual dos requisitos (carga), fornecimento anual de energia, taxa de crescimento de energia, mercados de energia, regulamentos, impacto da integração com outras energias renováveis, tais como eólica e solar.

**5.2.5** Outras análises de dados devem incluir uma avaliação exaustiva da autenticidade, actualidade e relevância dos dados.

## **6 Cálculo do potencial de energia hidroeléctrica da bacia ou sub-bacia hidrográfica**

**6.1** O potencial teórico de energia hídrica do rio (troço) deve ser expresso em termos de produção média anual (potência) (kW) ou energia média anual (kWh). A produção média anual e a energia média anual devem ser convertidas mutuamente através da Fórmula (A.1).

**6.2** O potencial teórico de energia hídrica do rio (troço) deve ser calculado em segmentos. Um ponto de entrada do tributário maior deve ser usado como um ponto de segmentação para o cálculo da energia hídrica do rio. Tomando o ponto de entrada tributário como interface, a secção adjacente a montante é a secção inferior do troço superior, e a secção adjacente a jusante do ponto de entrada é a secção superior do troço inferior. O troço com uma grande alteração no talude longitudinal do leito do rio deve ser considerado como um segmento. O troço com condições de desenvolvimento particularmente vantajosas deve ser considerado como um segmento.

**6.3** O caudal médio anual em cada segmento de análise do rio deve ser calculado, com as suas relações de área baseadas nas séries de dados hidrológicos recolhidos do rio e nas áreas de captação de cada segmento de análise do rio. Se os dados do caudal da bacia hidrográfica forem inadequados ou não estiverem disponíveis, a informação deve ser obtida pelos seguintes métodos.

- a) Se existirem dados de pluviosidade nesta bacia hidrográfica, o coeficiente de escoamento apropriado deve ser convertido para o escoamento no mesmo período com referência à Fórmula (A.2) ou qualquer outra fórmula ou métodos adequados.
- b) Se existirem dados hidrológicos sobre uma bacia hidrográfica adjacente, a correlação com a bacia hidrográfica deve ser analisada, e os dados relevantes após revisão podem ser utilizados para o cálculo da energia hídrica.
- c) Os parâmetros do caudal hidrológico da bacia hidrográfica podem ser obtidos utilizando os contornos hidrológicos ou gráficos eficazes emitidos pelo departamento hidrológico ou relevante.
- d) Método de medição no local.

**6.4** O mapa topográfico com uma escala de 1: 50 000 ou mais deve ser utilizado para verificar e calcular a diferença de elevação entre as secções superior e inferior do alcance através de uma interpretação apropriada. A aplicação do Modelo de Elevação Digital (DEM)/Modelo de Terreno Digital (DTM) é muito recomendada.

**6.5** Com base no caudal das secções superior e inferior do curso do rio e na diferença de elevação entre as secções superior e inferior, a produção média anual  $N_i$  (kW) do curso do rio deve ser calculada com a Fórmula (A.3). A energia média anual  $E_i$  (kWh) é calculada com a Fórmula (A.1).

**6.6** Com a acumulação da produção média anual de energia hídrica em cada troço,  $\Sigma N_i$ , e a acumulação de energia média anual de energia em cada troço,  $\Sigma E_i$ , pode ser obtido o potencial teórico de energia hídrica do rio (troço).

**6.7** De acordo com os resultados do cálculo anterior, o potencial teórico da energia hídrica fluvial pode ser calculado:

- a) A curva de relação entre a elevação do rio  $Z$  (m) e o comprimento do rio  $L$  (km):  $Z = f(L)$ . Calcular os valores  $Z$  e  $L$  e traçar a curva  $Z = f(L)$  nas coordenadas rectangulares. A curva deve mostrar o gradiente da superfície da água do rio (ou thalweg) ao longo do comprimento do rio.
- b) A curva de relação entre o caudal do rio  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) e o comprimento do rio  $L$  (km):  $Q = f(L)$ . De acordo com o caudal  $Q$  calculado em 6.3, o valor  $L$  é verificado e calculado utilizando um mapa topográfico ou DM/DEM/DTM. Traçar  $Q = f(L)$  em coordenadas rectangulares. Esta curva reflecte a variação do caudal do rio ao longo do seu comprimento.
- c) Curva de acumulação do potencial energético da água do rio  $\Sigma N_i = f(L)$ ; O valor  $\Sigma N_i$  (kW) pode ser obtido usando directamente o resultado do cálculo em 6,6, o valor  $L$  é verificado e calculado usando o mapa topográfico/DEM/DTM. Traçar  $\Sigma N_i = f(L)$  em coordenadas rectangulares. O valor da ordenada de um determinado ponto da curva indica o potencial total de energia da água desde o ponto de partida a montante (por exemplo, desde a nascente do rio) até à secção.

- d) Curva do potencial unitário do rio:  $N_d = f(L)$ . Ou seja, a distribuição do valor energético  $N_d$  (kW/km) da unidade de comprimento do rio do alcance ao longo do rio  $L$  (km). Esta curva reflecte a densidade de energia do troço.  $N_d$  é calculado pela Fórmula (A.4). O diagrama do potencial energético teórico da água é apresentado na Figura A.1.

## **7 Planeamento preliminar do local**

### **7.1 Conteúdo do planeamento e principais considerações**

**7.1.1** O planeamento preliminar do esquema de desenvolvimento da PCH deve incluir a selecção do local, tipo de desenvolvimento e escala de construção das instalações da PCH.

**7.1.2** O planeamento preliminar do local da central de energia hidroeléctrica deve incluir as seguintes considerações.

- a) A topografia e a geologia devem ser adequadas para o planeamento das estruturas relevantes da central hidroeléctrica.
- b) O potencial de energia hidroeléctrica deve ser relativamente concentrado e a densidade da energia hídrica do rio deve ser relativamente maior.
- c) Evacuação/transmissão de energia: a central de energia hidroeléctrica está perto das áreas de carga ou perto da rede eléctrica.
- d) O acesso e transporte com diferentes opções devem ser avaliados e disponibilizados.
- e) Mínima inundação de terras agrícolas, aldeias ou vilas, florestas e outros recursos naturais e sociais.
- f) Evitar recursos naturais, áreas protegidas, áreas de pastagem e locais do património cultural.
- g) Os requisitos do mercado de electricidade e os requisitos adicionais do sistema de energia eléctrica para utilização da energia da PCH proposta.
- h) Integração completa de abastecimento de água, irrigação, turismo e navegação.
- i) Evitar conflitos com esquemas existentes e planos futuros nacionais e locais relacionados com a água e gerir os conflitos entre diferentes planos de acordo com os princípios de planeamento local/estadual/nacional.

## **7.2 Tipos de estações de PCH e condições aplicáveis para o desenvolvimento**

### **7.2.1 Central de energia hidroeléctrica do tipo barragem**

As centrais de energia hidroeléctrica do tipo barragem podem ser classificadas em dois tipos, nomeadamente centrais de energia hidroeléctrica a jacto ou centrais de energia hidroeléctrica de barragens.

- a) A central hidroeléctrica a jacto (ao longo do canal do rio) aplica-se principalmente ao troço do rio em áreas relativamente planas com nível relativamente pequeno (menos de 15 m), onde o rio é relativamente largo; é também utilizada para canais de irrigação ou abastecimento de água com uma certa queda. Veja a Figura B.1 e a Figura B.2 para diagramas esquemáticos.
- b) A central de energia hidroeléctrica no fundo de uma barragem aplica-se a uma grande variedade de fontes de água, variando de alguns metros a mais de 100 metros. Veja a Figura B.3 para um diagrama esquemático.

### **7.2.2 Central de energia hidroeléctrica do tipo conduta-desvio**

A central de energia hidroeléctrica do tipo conduta-desvio é adequada para secções fluviais onde o canal do rio é relativamente estreito, o talude da secção do rio é relativamente íngreme e as condições geológicas das encostas das margens do rio são favoráveis. Fontes de água aplicáveis variam de alguns metros a algumas centenas de metros. Veja a Figura B.4 no Apêndice B para um diagrama esquemático.

### **7.2.3 Central de energia hidroeléctrica de passagem do rio baseada em reservatório (híbrida)**

A central de energia hidroeléctrica de passagem do rio com desvio ou armazenamento, como é comumente conhecida, é adequada para secções fluviais onde, a montante do local da central da barragem, pode facilmente criar capacidade de armazenamento (diurna, sazonal ou anual) e, a jusante da barragem, tem uma queda relativamente concentrada. Veja a Figura B.5 para um diagrama esquemático.

## **7.3 Utilização de várias condições geográficas especiais dos rios**

**7.3.1** A queda de água natural tem uma queda relativamente concentrada. A barreira pode ser construída no local apropriado no talude íngreme da queda de água, e depois a água é desviada pela conduta para a unidade de gerador da turbina na central de energia para gerar eletricidade. Veja a Figura B.6 para um diagrama esquemático. No entanto, estes esquemas devem ser cuidadosamente planeados em coordenação com o respectivo departamento de turismo, incluindo a programação do caudal para as quedas de água e produção de energia.

**7.3.2** Rápidos ou quedas de água naturais formam-se facilmente em cursos de rio nas áreas montanhosas. Para essas secções fluviais, podem ser construídos açudes baixos, dependendo da situação real, e, pela utilização racional do terreno, a água pode ser desviada para a central de energia através de um canal de desvio para gerar eletricidade. Contudo, para essas centrais de energia hidroeléctrica, deve ser dada especial atenção às questões de controlo de inundações. Veja a Figura B.7 para um diagrama esquemático.

**7.3.3** Nas zonas montanhosas, os canais dos rios são, na sua maioria, curvos, e a distância da curva é relativamente pequena. Uma barragem baixa pode ser construída a montante da curva, para ligar as curvas com um canal de desvio (ou túnel), cortar a curva do rio e para minimizar as curvas, e a central de energia pode ser construída num local adequado no canal de desvio (ou túnel). Veja a Figura B.8 para um diagrama esquemático.

**7.3.4** A queda de água num canal de irrigação pode ser utilizada para construir uma central de energia hidroeléctrica no canal. Para centrais de energia hidroeléctricas do tipo canal de desvio, a água a jusante deve regressar ao canal de rega original após a geração de energia. Veja a Figura B.2 para um diagrama esquemático.

**7.3.5** A energia cinética das águas correntes de um rio ou canal pode ser utilizada para produzir energia eléctrica. Como esta é alimentada pela energia cinética em vez de energia potencial, é conhecida como geração de energia por "velocidade". Veja a Figura B.9 para um diagrama esquemático.

#### **7.4 Estimativa da escala de desenvolvimento de uma central de energia hidroeléctrica**

**7.4.1** O caudal médio anual no planeamento do local da central pode ser calculado recorrendo à curva no diagrama do potencial teórico de energia da água  $Q = f(L)$ .

**7.4.2** A queda utilizável no local da central planeado pode ser verificada e calculada.

**7.4.3** A produção média anual da central de energia hidroeléctrica no local da central planeado pode ser calculada com a Fórmula (A.5). O fluxo ecológico mínimo deve ser mantido de acordo com os regulamentos do estado/país; se não existir regulamentação específica nesse país, pode ser calculado como 10% do caudal médio anual.

**7.4.4** A energia anual da central de energia hidroeléctrica pode ser determinada preliminarmente através das horas anuais de utilização.

- a) Seleccionar as horas previstas de utilização anual para a central de energia hidroeléctrica. Os seguintes princípios de selecção devem ser seguidos.
- 1) Se a diferença de precipitação entre as estações húmida e seca for óbvia é utilizado um valor pequeno; um valor médio a grande é utilizado se a diferença do caudal entre as estações húmida e seca não for óbvia.
  - 2) Um valor pequeno a médio é utilizado para a central de energia hidroeléctrica que opera numa rede ligada à rede principal; para uma central eléctrica isolada, é utilizado um valor grande.
  - 3) Um valor médio a grande é utilizado para uma central de energia hidroeléctrica sem função de regulação; um valor mediano é utilizado para uma central de energia hidroeléctrica com função de regulação.

- 4) A capacidade instalada da PCH deve basear-se em estudos de optimização, tendo em conta a duração do caudal e o mercado de energia.
- b) Depois de seleccionar o número pretendido de horas de utilização anual, a capacidade instalada deve ser calculada de acordo com a Fórmula (A.6).

## **8 Investigações e levantamentos no local**

### **8.1 Levantamentos hidrológicos**

Os levantamentos hidrológicos devem incluir levantamentos de consistência pluviométrica, investigação de campo de escoamentos, investigações de cheias históricas e investigações do historial de caudais secos. O conteúdo do levantamento é geralmente o seguinte.

- a) Levantamento da consistência pluviométrica: Para áreas com poucos dados históricos, especialmente aquelas sem registos, o levantamento pode ser realizado visitando o local e conversando com os moradores ao longo do rio para entender qualitativamente o padrão de chuvas ao longo dos anos, a consistência da distribuição durante o ano e a duração da subida e descida do rio.
- b) Medição do refluxo: Uma medição aproximada do caudal da secção do rio pode ser estudada por um fluxómetro portátil, ou um método simples de medição do caudal de flutuação, para a comparar com o registo histórico no mesmo período.
- c) Levantamentos do histórico das cheias:
  - 1) Preparação para os levantamentos: É necessário fazer pleno uso dos dados básicos recolhidos no trabalho anterior, tais como secções verticais e horizontais do rio, incluindo os níveis mais altos de cheias; os dados históricos devem ser considerados com antecedência para entender o número, magnitude e cronogramas da ocorrência do histórico de cheias.
  - 2) Levantamentos no local: Deve ser dada importância à selecção de um troço de rio recto, focado em pontes, monumentos antigos, curvas e meandros de rio, para verificar os vestígios de marcas de cheias.
  - 3) Investigação e visita: Visite os residentes mais velhos ao longo do rio para determinar o ano e o mês de cheias históricas, os vestígios/marcas altas de cheias e o processo de inundação.
  - 4) Medidas no terreno: Deve ser incluída a elevação dos vestígios/marcas de cheias, e o mapa vertical e horizontal da secção do rio vizinho.
- d) Investigação do histórico de estações secas: O processo de levantamento é semelhante ao levantamento das cheias.

## **8.2 Levantamentos no local de planeamento**

### **8.2.1 Levantamentos no local da barragem**

A localização específica deve ser verificada no local, de acordo com o local da barragem/estruturas de distribuição seleccionadas no mapa topográfico. De acordo com os princípios básicos de selecção do local da central da barragem, as margens esquerda e direita e o terreno circundante da barragem, os estratos subsuperficiais e a estrutura rochosa do local da central da barragem, deve ser inicialmente avaliada para determinar se é adequada para ser a melhor localização para a construção de uma barragem/estrutura de distribuição.

### **8.2.2 Levantamentos no local da central**

A localização da central de energia seleccionada no mapa topográfico deve ser verificada para garantir que cumpre os requisitos básicos a partir de considerações topográficas e geológicas. Ao mesmo tempo, a relação relativa das posições entre a central de energia e a barragem deve ser estudada para justificar se o nível de utilização da fonte de água no plano preliminar é cumprido.

### **8.2.3 Levantamentos de linhas de transporte de água**

As condições topográficas e geológicas ao longo da linha de transporte da água devem ser monitorizadas. Os relevos não favoráveis, como deslizamentos de terras, colapsos e vastas extensões de aquedutos, devem ser especificamente avaliados.

### **8.2.4 Levantamento do reservatório**

A estrutura geológica do leito da área do reservatório deve ser investigada e deve ser dada atenção à existência de canais enterrados, depósitos fluviais, vales de fósseis, cavernas cársticas, fracturas e falhas. Deve ser realizada uma avaliação básica da estabilidade do talude do rebordo do reservatório.

## **8.3 Determinação preliminar das fontes de água disponíveis para a central de energia hidroeléctrica**

**8.3.1** A superfície da água a montante do local da central da barragem e a superfície a jusante da casa de força devem ser utilizadas como pontos de referência, e a queda natural no local de planeamento deve ser medida utilizando instrumentos de elevação, tais como um instrumento GPS portátil, um medidor de nível ou uma estação total.

**8.3.2** A queda natural mais a altura de armazenamento da estrutura planeada de retenção de água pode ser adoptada como a queda bruta da central hidroeléctrica. O nível de água característico a montante da estrutura de retenção de água deve ser determinado após a comparação e avaliação do esquema na fase de projecto.

## **8.4 Outras condições de construção para investigação**

As seguintes condições de construção também devem ser investigadas no planeamento da selecção do local.

- a) Avaliar as condições de transporte do planeado e a viabilidade da construção de novas estradas ou outras opções, como caminhos de corda.
- b) Verificar se as espécies raras de animais e plantas próximas do local do planeamento da central são consistentes com os dados.
- c) Visitar os locais históricos e a sua distribuição de acordo com os registos.
- d) Investigar a densidade populacional e distribuição, utilização da terra e propriedade perto do local da central planeado e dentro da área do reservatório.
- e) Investigar edifícios importantes e outras instalações públicas na área de planeamento.
- f) Investigar outros planos relevantes para a bacia do rio.
- g) Investigue a disponibilidade de materiais de construção.

## **9 Elaboração do plano de construção do local**

### **9.1 Selecção da capacidade instalada**

A capacidade instalada da PCH deve ser seleccionada de acordo com o levantamento de dados hidrológicos e a medição da queda utilizável no local.

### **9.2 Selecção dos tipos de turbinas**

O tipo apropriado de turbina deve ser seleccionado inicialmente na tabela de tipos de turbina ou na tabela de limites de utilização com base no nível da água e na descarga da estação de energia hidroeléctrica.

### **9.3 Número de unidades**

De acordo com a capacidade instalada revista da central, o número de unidades é seleccionado e deve cumprir os seguintes requisitos.

- a) Para facilitar a manutenção e a gestão, as unidades com a mesma capacidade devem ser seleccionadas.
- b) Considerando os requisitos de fiabilidade da fonte de alimentação, devem ser utilizadas duas ou mais unidades.
- c) Quando a distribuição do escoamento é significativamente desequilibrada durante as estações húmidas e secas, unidades de duas capacidades diferentes devem ser seleccionadas.
- d) Ao seleccionar a capacidade de uma única unidade, esta deve basear-se na conveniência de fabrico, transporte e adequação da utilização.

#### 9.4 Selecção do tipo de barragem

O tipo de barragem deve ser seleccionado de acordo com a topografia, geologia, hidrologia e materiais de construção, bem como os resultados preliminares do planeamento dos locais seleccionados, incluindo principalmente os seguintes.

- a) Barragem gravitacional: Deve ser construída sobre uma fundação rochosa, mas um açude gravitacional pode ser construído sobre uma fundação mole.
- b) Barragem em arco: Esta deve ser construída em locais de barragens com gargantas estreitas, colinas simétricas e contínuas em ambas as margens, e boas condições geológicas.
- c) Barragem de terra/enrocamento: Isto é adequado para a construção de barragens locais onde existem materiais abundantes que são convenientes para a construção e transporte; tem requisitos relativamente baixos para as condições geológicas das fundações.
- d) Barreira/barragem com comporta de descarga: Isto é aplicável a projectos hidroeléctricos com nível de água baixo em canais fluviais ou áreas de planície. É geralmente construído sobre uma fundação rochosa ou solo homogéneo, ou sobre uma fundação não rochosa, como cascalho arenoso e argila mole. No entanto, deve evitar-se construir parcialmente sobre fundações rochosas e parcialmente sobre fundações não rochosas.
- e) Açude/barragem de obturador: Isto é aplicável a locais onde a profundidade da água é inferior a 5 m e os requisitos de cheias do leito do rio é alta. Os requisitos de fundação para uma barragem de obturador são iguais aos de uma barragem com comporta de descarga.

#### 9.5 Selecção das estruturas de descarregador de cheias

As medidas adequadas de descarga e descarregadores de cheias devem ser seleccionados de acordo com o tipo de barragem e topografia circundante. As principais formas são as seguintes.

- a) A descarga de cheias através da barragem pode ser classificada em descarga de cheias através de um descarregador de cheias de superfície e descarga de cheias através de comporta de descarga baixa.
- b) As descargas de cheias nas margens dos rios podem ser classificadas em descarregador de cheia e túnel de descarregador de cheias.
  - 1) Descarregador de cheias: O descarregador de cheias deve ser colocado sobre uma fundação estável e o eixo deve ser recto. O caudal deve manter uma distância segura de outras estruturas e ligar-se ao rio a jusante. O descarregador de cheias é classificado como vertedouro em canal de queda ou vertedouro lateral, de acordo com a relação entre o seu eixo e o eixo da barragem ou barreira.
  - 2) Túnel do descarregador de cheias: Devem ser feitas comparações económicas e técnicas para escolher um túnel com pressão ou um túnel sem pressão. O túnel de desvio da construção pode ser usado como um túnel de descarregador de cheias.

Todos os descarregadores de cheias devem ter espaço adequado para estruturas de dissipação de energia, dependendo do tipo de descarregador de cheias, características topográficas e geológicas.

### 9.6 Seleção de estruturas de captação de água

As estruturas de captação de água dentro ou fora da barragem devem ser seleccionadas de acordo com os diferentes tipos de centrais de energia hidroeléctrica. A selecção da captação de água deve cumprir os seguintes requisitos.

- a) A captação de água da central de energia hidroeléctrica no fundo da barragem pode ser instalada no interior da barragem.
- b) A captação da água do tipo de desvio do projecto hidroeléctrico deve ser instalada fora da barragem.
- c) A admissão da água fora da barragem pode ficar num dos lados da margem do rio.
- d) No caso de rios carregados de sedimentos, uma bacia de sedimentação deve ser instalada adjacente à captação da água. Quando restringido pelas condições do terreno, ou o nível da água de descarga de areia não for suficiente, pode ser movida para uma posição apropriada ao longo do canal de desvio.

### 9.7 Seleção de estruturas de desvio

O sistema condutor de água da central de energia hidroeléctrica inclui o canal, o túnel, a bacia de sedimentação, câmara de carga, conduta forçada, chaminé de equilíbrio, passagem de peixes e obras de fuga. A selecção de cada parte deve respeitar as seguintes condições.

- a) Canal: A rota do canal ao longo da linha de contorno deve ser escolhida. É preferencial o caminho mais curto e viável.
- b) Túnel: O túnel pode ser classificado como um túnel com pressão ou de caudal livre. Para reduzir o comprimento do canal, o túnel pode ser escavado se as condições geológicas da montanha satisfizerem os requisitos. O túnel deve ser mantido longe de estruturas geológicas, como falhas, fracturas e cavernas cársticas.
- c) Bacia de sedimentação: De acordo com o teor de sedimentos, o tamanho das partículas sedimentares e o nível de água da central de energia hidroeléctrica, a necessidade de instalação de uma bacia de sedimentação deve ser avaliada. A bacia de sedimentação deve ficar posicionada sobre uma fundação estável e deve ser capaz de descarregar convenientemente os sedimentos.
- d) Câmara de carga: A câmara de carga deve ficar localizada na extremidade do sistema de desvio de água sem pressão e antes que a conduta forçada conduza a água para a turbina. A pressão da câmara de carga deve ser mantida longe de deslizamentos de terras, surgimento de fracturas em declive ou de taludes íngremes. A câmara de carga deve estar localizada sobre uma fundação sólida com baixa permeabilidade e em combinação com a localização da conduta forçada e a central de energia.

- e) Conduta forçada: A forma, os parâmetros e os métodos de suporte para a conduta forçada devem ser determinados pelo projecto subsequente.
- f) Chaminé de equilíbrio: No sistema de desvio de pressão de uma central de energia hidroeléctrica, se existir a possibilidade de um martelo directo com base no resultado do cálculo firme da regulação da turbina, deve ser instalada uma chaminé de equilíbrio numa posição adequada da tubagem de pressão, antes da turbina. Se as condições geográficas o permitirem, a chaminé de equilíbrio deve ser instalada perto da central de energia hidroeléctrica. Deve ser instalada sobre a fundação sólida com baixa permeabilidade à água.
- g) Passagem de peixes: Na estrutura de desvio pode ser providenciada a passagem de peixes adequada.

### **9.8 Tipos de centrais de energia**

O tipo de central de energia deve ser seleccionado através de comparação económica e técnica de acordo com as condições topográficas e geológicas, o nível de água a montante e a jusante e outros factores. Os tipos de centrais de energia incluem de superfície, subterrâneas, semi-enterradas, de transbordo e no interior de barragens.

### **9.9 Localização da subestação de exterior**

Na medida do possível, a subestação de exterior deve ficar perto da central de energia, em combinação com as características topográficas. Localizações subvencionáveis e de baixa altitude devem ser evitadas.

### **9.10 Localização das obras de fuga**

A localização das obras de fuga deve ser determinada tendo em conta a descarga sem problemas do caudal e deve evitar a influência do caudal de água na saída das estruturas do descarregador de cheias.

### **9.11 Disposição das estruturas principais**

Sob a premissa de satisfazer as condições geológicas e outras condições de construção, os princípios de disposição incluem principalmente o seguinte.

- a) As condições topográficas devem ser utilizadas em pleno para otimizar o volume de obras de construção.
- b) Na medida do possível, a central de energia deve ficar perto da barragem.
- c) Na medida do possível, a subestação de exterior deve ficar perto da central de energia.
- d) A conveniência do transporte do equipamento, especialmente a possibilidade de transporte do equipamento maior e mais pesado, deve ser considerada.

- e) Deve ser dada a devida consideração à prevenção de cheias.
- f) O património cultural deve ser evitado.
- g) A facilidade de construção deve ser considerada.
- h) Deve ser tido em conta o aspecto harmónico e elegante da disposição geral das estruturas principais.
- i) A facilitação de visitas educativas e turísticas deve ser acomodada quando fizer parte da regulamentação local.

## **10 Avaliação e previsão**

### **10.1 Avaliação preliminar dos impactos sociais e ambientais**

**10.1.1** O estado actual do ambiente natural e social deve ser investigado no local da central de energia hidroeléctrica, na área do reservatório e nas áreas possivelmente afectadas pela construção; isto deve ser usado como linha de referência para avaliar os impactos sociais e ambientais do projecto.

**10.1.2** O impacto sobre os organismos aquáticos e terrestres dentro das áreas de construção e a jusante deve ser avaliado de acordo com o tipo de desenvolvimento, escala e modo de operação da central de energia hidroeléctrica.

**10.1.3** A extensão do impacto permanente sobre a vegetação na área circundante ao projecto após as medidas de restauração devem ser avaliadas, com base na área necessária para a central de energia hidroeléctrica, incluindo a fase de construção.

**10.1.4** O nível de inundação de florestas, culturas, terras agrícolas e bosques na área do reservatório deve ser estimado.

**10.1.5** O número de realocações de casas e a população de recolocação deve ser estimado.

**10.1.6** Com base nos resultados do levantamento, os pareceres da avaliação preliminar (audiência pública) sobre o impacto ambiental do projecto devem ser feitos de acordo com os critérios de avaliação ambiental do país.

### **10.2 Avaliação dos requisitos de energia**

**10.2.1** De acordo com a situação actual dos requisitos de energia e o plano de desenvolvimento socioeconómico, será efectuada a previsão da carga a curto, médio e longo-prazo para a área de fornecimento directo de energia, incluindo o perfil de carga, tipos de cargas, como variações domésticas, comerciais, industriais, institucionais, sazonais e anuais.

**10.2.2** A tendência de desenvolvimento do mercado de electricidade deve ser prevista de acordo com o estado actual da carga e do plano de desenvolvimento económico nacional.

### **10.3 Estimativa de custos e avaliação de benefícios**

10.3.1 Os métodos de estimativa de custos incluem o método de estimativa de medidas de despesas de agregados familiares (sub-hem) e o método abrangente de computação de custos, que deve cumprir os seguintes requisitos.

- a) Método de estimativa sub-hem: Primeiro, as quantidades de diferentes componentes do projecto da central de energia hidroeléctrica são estimadas de acordo com o esquema proposto, depois a análise do preço unitário é realizada de acordo com o índice local de preços, depois o custo do projecto é estimado de acordo com as quantidades do projecto e o preço por unidade. O custo do equipamento electromecânico pode ser estimado por conjuntos. Após o resumo dos custos do subprojecto, o custo total de construção da central de energia hidroeléctrica será obtido.
- b) Método abrangente de cálculo de custos: O custo total de construção da central de energia hidroeléctrica é o produto do preço global por unidade (custo por quilowatt) do mesmo tipo de central de energia hidroeléctrica local e da capacidade instalada da central da energia hidroeléctrica.
- c) Os estudos de custos paramétricos e empíricos podem ser usados para estimar os custos.

**10.3.2** Estimar o custo total estático do projecto. Analisar e calcular os índices económicos da central de energia hidroeléctrica, como o custo por quilowatt e o custo por quilowatt-hora.

**10.3.3** O custo anual de geração e operação da central de energia hidroeléctrica pode ser calculado de acordo com o índice estatístico do país, ou seja, a relação entre o custo de geração e operação da central de energia hidroeléctrica e o custo da construção.

**10.3.4** Os benefícios dos esquemas da central SHP devem ser avaliados com base na utilização da electricidade, desenvolvimento da área e benefícios socioeconómicos.

### **10.4 Avaliação das recomendações do local de planeamento e sequência de desenvolvimento**

**10.4.1** A avaliação técnica do planeamento será realizada a partir dos aspectos de aproveitamento da energia hídrica, dificuldade de construção e aproveitamento integral.

**10.4.2** Uma avaliação económica preliminar do planeamento será efectuada com base no custo estimado preliminarmente através do método estático ou dinâmico.

**10.4.3** Uma avaliação do benefício social será realizada com base na contribuição que a central de energia hidroeléctrica pode proporcionar à sociedade após a sua conclusão.

**10.4.4** As sugestões sobre a sequência de desenvolvimento devem ser feitas de acordo com as condições de recursos e condições de desenvolvimento do planeamento “she” e dos seguintes factores:

- a) Satisfazer as necessidades actuais de electricidade da região, bem como as necessidades de desenvolvimento socioeconómico e de carga;
- b) Satisfazer os requisitos de energia local do sistema de energia;
- c) Alinhamento com a capacidade de investimento e nível tecnológico de construção;
- d) Coordenação com o plano global de planeamento e desenvolvimento da bacia hidrográfica.

## **11 Preparação do relatório de planeamento da selecção do local**

O relatório de planeamento da selecção do local deve conter o seguinte:

- a) Os resultados do planeamento da selecção do local para o desenvolvimento da PCH, incluindo as condições naturais da bacia hidrográfica, o estado dos recursos hidroeléctricos na bacia hidrográfica, os resultados da selecção do local, a avaliação abrangente do local e a sequência de desenvolvimento;
- b) A autenticidade, actualidade e aplicabilidade dos dados hidrológicos e outros materiais;
- c) A compilação, análise, interpolação e citação de dados;
- d) Os princípios de planeamento, métodos de planeamento e etapas técnicas;
- e) As condições de construção de cada planeamento “she” devem ser explicadas, incluindo sedimentos fluviais, condições geológicas de engenharia, conservação de água e energia hídrica, extensão da inundação do reservatório, plano de constru o e disposi o de engenharia, avalia o de impacto social e ambiental, avalia o de carga, estimativa de custo e benefício, avalia o econ mica e técnica;
- f) Juntamente com os resultados do planeamento resumido, uma avalia o abrangente dos projetos da PCH;
- g) O relatório de planeamento de selec o “she” de acordo com o esquema no Anexo C, com os gráficos relevantes anexados.

**Apêndice A  
(Informativo)**

**Cálculo do potencial teórico da energia hídrica fluvial,  
fórmula de estimativa da capacidade instalada num local planeado**

**A.1 Fórmula de conversão da produção média anual de energia hídrica e da produção média anual de energia da água**

$$N = \frac{E}{8\,760} \text{ (número de horas em um ano)} \dots\dots\dots (A.1)$$

Onde

$N$  é a potência de saída (capacidade), em kW;

$E$  é a energia da água (eletricidade) , em kWh.

**A.2 Fórmula de conversão para precipitação e profundidade de escoamento (aplicável para micro captação;) também conhecida como o método racional**

$$x = \alpha \cdot y \dots\dots\dots (A.2)$$

onde

$x$  é a pluviosidade, em mm;

$y$  é a profundidade de escoamento, em mm;

$\alpha$  é o coeficiente de escoamento.

**A.3 Fórmula de cálculo do potencial teórico de alcance da água**

$$N_i = 9.81 \frac{Q_1 + Q_2}{2} H_i \dots\dots\dots (A.3)$$

Onde

$N_i$  é a potência de saída (capacidade) do alcance  $i$ , em kW;

$Q_1$  é o fluxo médio anual na secção superior do alcance  $i$ , em  $m^3/s$ ;

$Q_2$  é o fluxo médio anual na secção inferior do alcance  $i$ , em  $m^3/s$ ;

$H_i$  é a diferença entre as elevações das secções superior e inferior do alcance  $i$ , em m.

#### A.4 Fórmula para densidade de energia da água por unidade de extensão de rio

$$N_d = \frac{N_i}{L_i} \dots\dots\dots (A.4)$$

onde

$N_d$  é a densidade de energia da água em unidade de comprimento do troço  $i$ , em kW/km;

$N_i$  é a saída de água (potência) do troço  $i$ , em kW;

$L_i$  é o comprimento do troço  $i$ , em km.

#### A.5 Fórmula para a produção média anual do local de planeamento da PCH

$$N_j = 9.81 QH\eta_1 \eta_2 \dots\dots\dots (A.5)$$

onde

$N_j$  é a produção média anual (potência) da central de energia hidroeléctrica planeada, em kW;

$Q$  é o fluxo médio anual do planeamento "she", em  $m^3/s$ ;

$H$  é a cabeça de água utilizável no planeamento "she", em m;

$\eta_1$  é o coeficiente de entrada de água no planeamento "she" (é aplicado 0,9, enquanto os 10% restantes do fluxo médio anual são considerados como fluxo ecológico normal)

$\eta_2$  é o coeficiente de eficiência global das unidades (aplicado 0,75 a 0,85).

#### A.6 Fórmula de estimativa da capacidade instalada da estação de PCH

$$P = 8\,760 \frac{N_j}{h\eta_1} \dots\dots\dots (A.6)$$

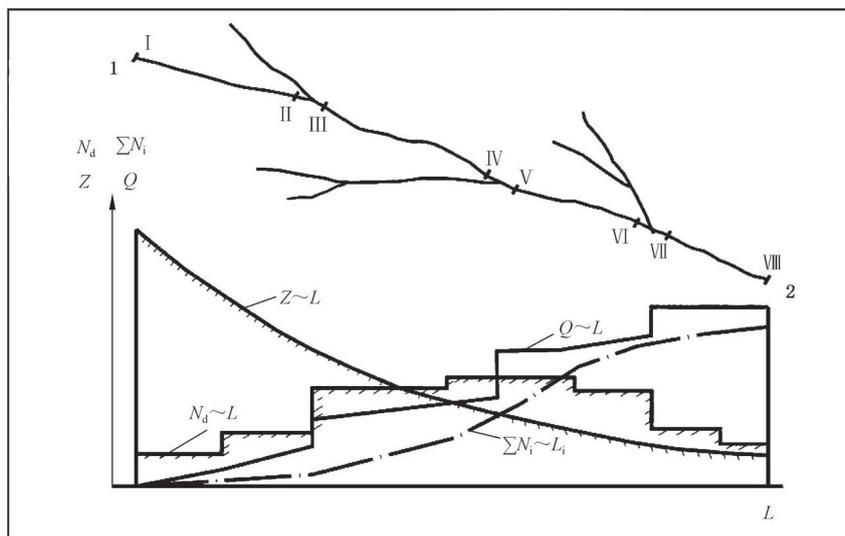
onde

$P$  é a capacidade instalada da central de energia hidroeléctrica planeada, em kW;

$N_j$  é a produção média anual da potência planeada (potência), em kW;

$hnl$  é o horário anual de funcionamento da central de energia hidroeléctrica planeada, em h.

**A.7 Diagrama do potencial teórico da energia hídrica fluvial**



Chave

1 nascente do rio

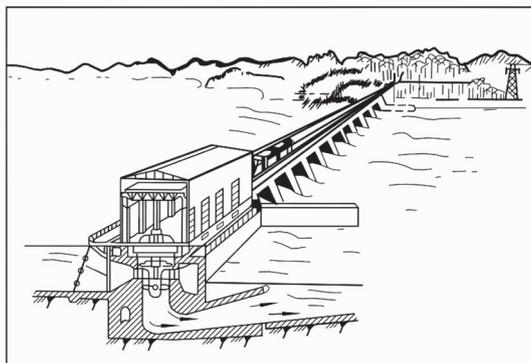
2 estuário do rio

Troço do rio I a VIII

**Figura A.1 - Diagrama do potencial teórico da energia hídrica fluvial**

**Apêndice B  
(Informativo)**  
**Diagrama esquemático de tipos de desenvolvimento e terreno especial  
utilização das estações de PCH**

**B.1 Diagrama esquemático dos tipos de desenvolvimento de estações de PCH**



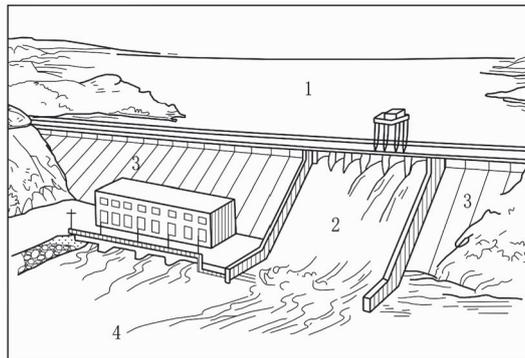
**Figura B.1 Central de energia hidroelétrica a jacto**



Chave

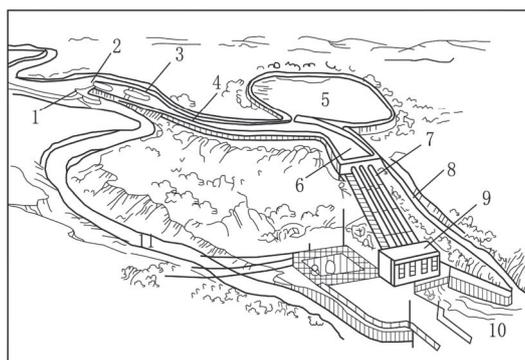
- 1 canais de irrigação
- 2 válvula de graduação
- 3 central de energia

**Figura B.2 Queda do canal da estação de energia hidroelétrica**



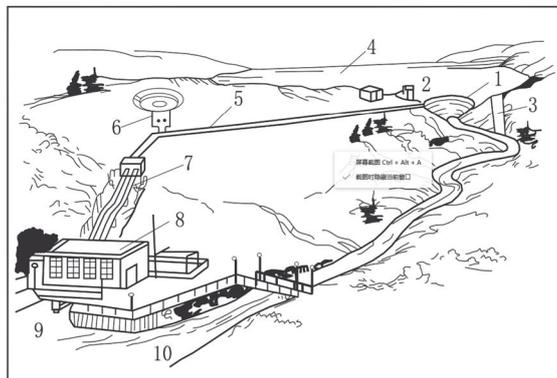
- Chave
- 1 reservatório
  - 2 barragem de transbordo
  - 3 barragem de não-sobrefluxo
  - 4 leito do rio

**Figura B.3 Estação de energia hidroelétrica no fundo da barragem**



- Chave
- 1 barragem de transbordo
  - 2 entrada de água
  - 3 bacia de grãos
  - 4 canal de desvio
  - 5 reservatório regulador
  - 6 câmara de carga de pressão
  - 7 conduta forçada
  - 8 canal de irrigação
  - 9 central de energia
  - 10 obras de fuga
  - 11 leito do rio

**Figura B.4 Central de energia hidroelétrica do tipo de desvio**

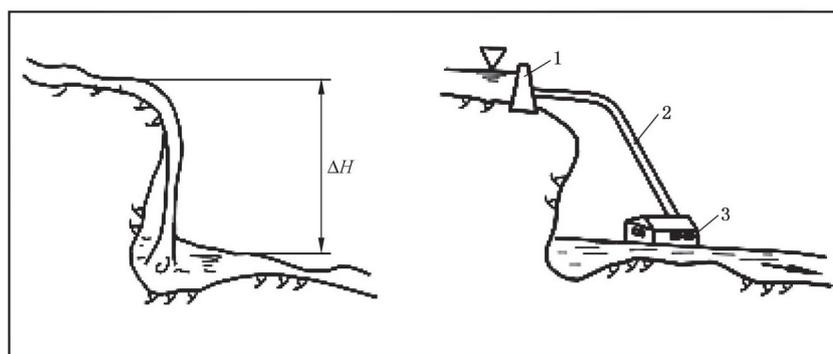


Chave

- |                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 barragem               | 6 veio de compensação |
| 2 entrada de água        | 7 conduta forçada     |
| 3 descarregador de cheia | 8 central de energia  |
| 4 reservatório           | 9 obras de fuga       |
| 5 túnel de pressão       | 10 leito do rio       |

Figura B.5 Estação de energia hidroelétrica de passagem do rio baseada em reservatório

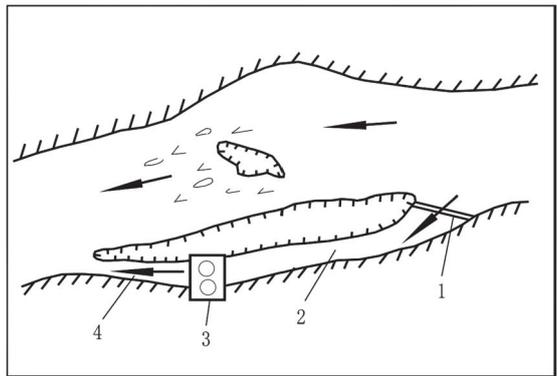
**B.2 Diagrama esquemático da utilização de várias condições geográficas especiais no canal do rio**



Chave

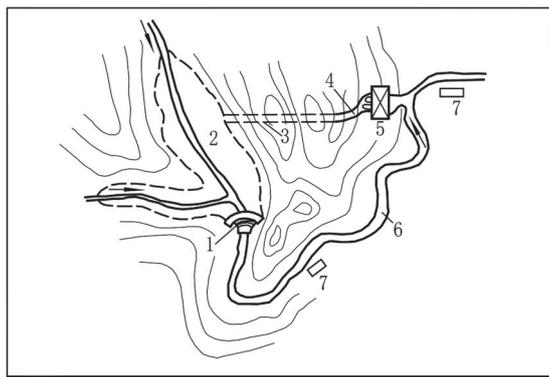
- |                      |
|----------------------|
| 1 barragem           |
| 2 conduta forçada    |
| 3 central de energia |

Figura B.6 Utilização das quedas de água naturais



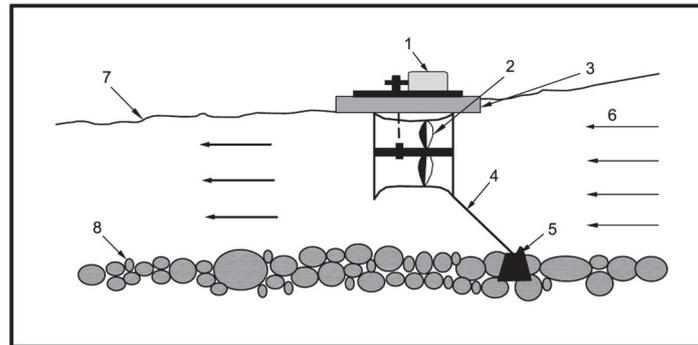
- Chave
- 1 entrada de água
  - 2 canal de desvio
  - 3 central de energia
  - 4 canal de desvio

Figura B.7 Utilização de rápidos de torrentes ou quedas de água naturais



- Chave
- 1 barragem em arco de alvenaria
  - 2 reservatório
  - 3 túnel
  - 4 conduta forçada
  - 5 central de energia
  - 6 rio
  - 7 aldeia

Figura B.8 Utilização da curva do rio



Chave

- 1 gerador
- 2 lâmina da turbina
- 3 flutuador
- 4 cabo de ancoragem

- 5 base ou prego
- 6 caudal de água
- 7 superfície da água
- 8 leito do rio

**Figura B.9 Utilização da energia cinética de águas correntes num rio ou canal**

**Apêndice C**  
**(Informativo)**  
**Relatório de planeamento de selecção do local**  
**(Esboço)**

**C.1 Esboço**

**—Índice**

**—Fotos relacionadas com o local, figuras e mapas**

**—Capítulo I: Descrição geral**

- 1) Localização geográfica, área administrativa e sistema de água do rio (troço) onde se encontra o planeamento “she”.
- 2) As condições naturais das áreas adjacentes da bacia hidrográfica, incluindo tendências geográficas, topografia, hidrometeorologia, vegetação florestal, geologia regional e recursos minerais.
- 3) As condições socioeconómicas da bacia hidrográfica, incluindo distribuição populacional, situação económica, estrutura industrial, grãos e colheitas, estilo de vida, crenças religiosas e gestão administrativa.
- 4) A situação dos recursos hidroeléctricos dentro da bacia hidrográfica planeada, incluindo os recursos hidroeléctricos totais, distribuição dos recursos, características dos recursos e capacidade explorável.
- 5) Resumo dos resultados do planeamento, incluindo a capacidade total de desenvolvimento de recursos, número de centrais de energia hidroeléctrica, distribuição local e indicadores técnicos e económicos.
- 6) Números e tabelas:
  - Diagrama esquemático da localização da central de energia hidroeléctrica planeada (ver Figura C.1);
  - Diagrama esquemático da localização e secção longitudinal da central de energia hidroeléctrica planeada (ver Figura C.2)
  - Quadro de resumo das características da engenharia da central de energia hidroeléctrica planeada (ver TabelaC.1).

**—Capítulo II: Descrição dos dados**

- 1) Recolha e compilação de dados; incluindo o tipo de dados, fonte de dados, métodos de recolha, arquivo e assim por diante.
- 2) Avaliação básica dos dados; incluindo a integridade, actualidade, autenticidade e aplicabilidade dos dados.
- 3) Análise técnica de dados; incluindo o suplemento de séries de dados, análise de consistência, avaliação de resultados e valor da aplicação.

**—Capítulo III: Princípios e métodos de planeamento**

- 1) Descrição dos princípios de planeamento, incluindo base de planeamento, objectivos de planeamento, controlo ambiental.
- 2) Descrição dos métodos de planeamento, incluindo procedimentos de planeamento, principais métodos técnicos, controlo de qualidade dos resultados.

**—Capítulo IV: Descrição do local de planeamento**

- 1) Princípios de selecção do local, incluindo os princípios de utilização de recursos, condições de construção, prioridades tecnológicas e prioridades económicas.
- 2) Descrição dos resultados da selecção do local, incluindo condições de construção, modo de desenvolvimento, migrantes da área de submersão, impactos sociais e ambientais, indicadores técnicos e económicos e custos estimados.

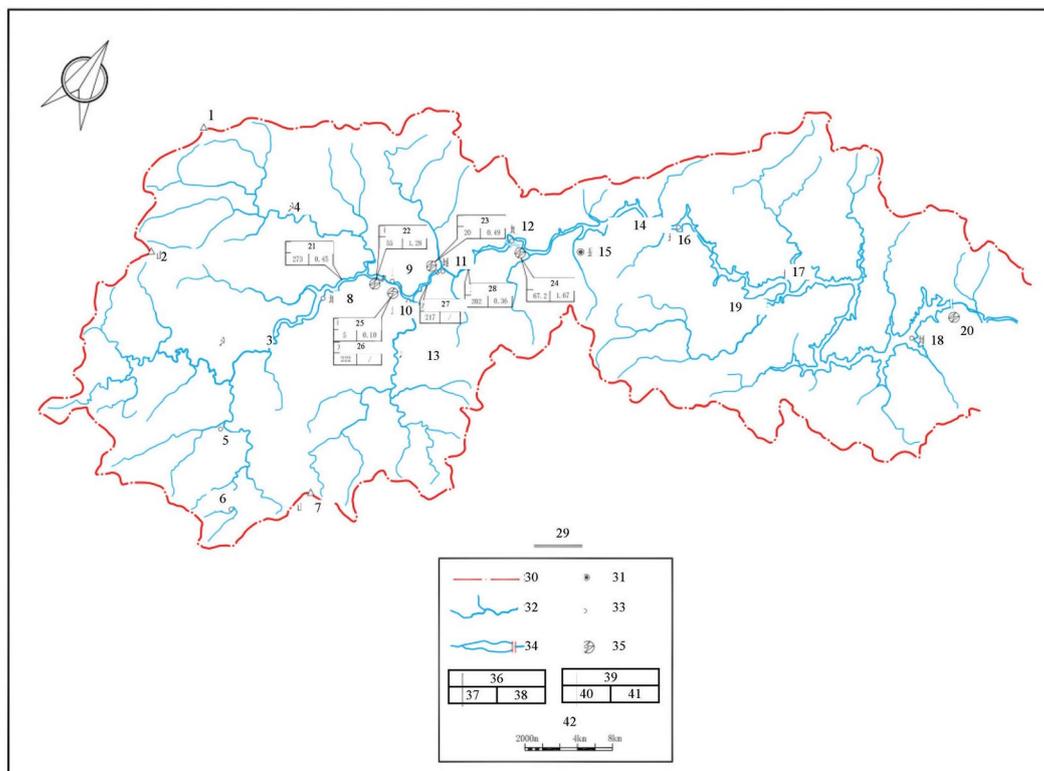
**—Capítulo V: Avaliação total**

- 1) Avaliação dos recursos hídricos, incluindo o potencial total, distribuição espacial e temporal, densidade energética e condições de desenvolvimento.
- 2) Avaliação da estação de energia hidroeléctrica planeada, incluindo nível de utilização de recursos, racionalidade da disposição, valor de desenvolvimento e mitigação e controlo do impacto ambiental.

**—Capítulo VI Sugestões para o desenvolvimento**

- 1) Disposição do trabalho preliminar, incluindo revisão de recursos, observação hidrológica e plano de estudo de viabilidade.
- 2) Propostas de desenvolvimento de recursos, incluindo sequência de desenvolvimento, condições de desenvolvimento e precauções.

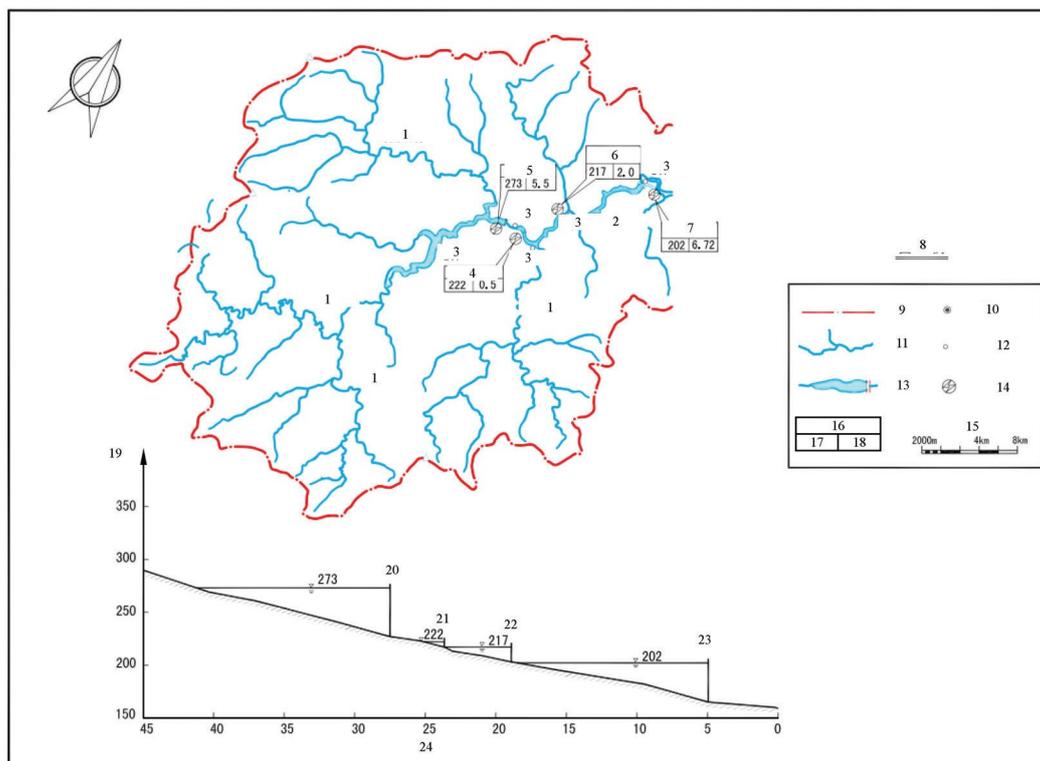
C.2 Números e tabelas



Chave

- |    |                              |    |  |
|----|------------------------------|----|--|
| 1  | nome do pico da montanha 3   | 22 | nome da estação de energia 1                           |
| 2  | nome do pico da montanha 2   | 23 | nome da estação de energia                             |
| 3  | nome do rio 1                | 24 | nome da estação de energia 4                           |
| 4  | nome do rio 2                | 25 | nome da estação de energia 2                           |
| 5  | nome do local 2              | 26 | nome do reservatório 2                                 |
| 6  | nome do local 1              | 27 | nome do reservatório 3                                 |
| 7  | nome do pico da montanha 1   | 28 | nome do reservatório 4                                 |
| 8  | nome do local 3              | 29 | legenda  |
| 9  | nome do local 4              | 30 | bacia de drenagem                                      |
| 10 | nome do local 5              | 31 | município  |
| 11 | nome do local 6              | 32 | rio  |
| 12 | nome do local 7              | 33 | cidade   |
| 13 | nome do rio 3                | 34 | reservatório   |
| 14 | nome do rio 4                | 35 | estação de energia hidroeléctrica                      |
| 15 | nome do condado              | 36 | nome do reservatório                                   |
| 16 | nome do local 8              | 37 | nível normal das águas                                 |
| 17 | nome do local 9              | 38 | armazenamento normal do reservatório (m <sup>3</sup> ) |
| 18 | nome do local 10             | 39 | estação de energia hidroeléctrica convencional         |
| 19 | nome do reservatório 5       | 40 | capacidade instalada (MW)                              |
| 20 | nome da estação de energia 5 | 41 | produção anual de energia (kWh)                        |
| 21 | nome do reservatório 1       | 42 | escala   |

Figura C.1 - Diagrama esquemático da localização da estação de energia hidroeléctrica planeada



Chave

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1 nome do rio                         | 13 reservatório                                   |
| 2 nome da bacia                       | 14 estação de energia hidroeléctrica              |
| 3 topónimo                            | 15 escala de delineação                           |
| 4 estação de energia hidroeléctrica   | 16 estação de energia hidroeléctrica convencional |
| 5 estação de energia hidroeléctrica 1 | 17 nível normal das águas (m)                     |
| 6 central de energia hidroeléctrica 3 | 18 capacidade instalada (kW.)                     |
| 7 central de energia hidroeléctrica 4 | 19 elevação (m)                                   |
| 8 legenda                             | 20 central eléctrica 1                            |
| 9 bacia de drenagem                   | 21 central eléctrica 2                            |
| 10 município                          | 22 central eléctrica 3                            |
| 11 rio                                | 23 central eléctrica 4                            |
| 12 cidade                             | 24 distância até ao estuário ** (km)              |

Figura C.2 - Diagrama esquemático da localização e secção longitudinal da central planeada

Tabela C.1 - Principais indicadores técnicos e económicos das xx centrais de energia hidroeléctrica fluviais planeadas

Itens	Unidade	Nome da central de energia hidroeléctrica			
		XXX	XXX	XXX	XXX
Local do projecto					
Distância até aos afluentes	km				
Área de captação no local da barragem/desvio	km <sup>2</sup>				
Caudal médio anual	m <sup>3</sup> /s				
Escoamento médio anual	m <sup>3</sup>				

Tabela C.1 (continuação)

Itens	Unidade	Nome da central de energia hidroeléctrica			
		XXX	XXX	XXX	XXX
Descarga média anual de sedimentos	kg				
Nível de água normal	m				
Nível de água morta	m				
Capacidade total do reservatório	m <sup>3</sup>				
Capacidade do reservatório abaixo do nível de água normal	m <sup>3</sup>				
Capacidade do reservatório morto	m <sup>3</sup>				
Capacidade regulada do reservatório	m <sup>3</sup>				
Desempenho de regulação					
Queda utilizável	m				
Capacidade instalada	kW				
Produção média anual de energia	kWh				
Horas de utilização anual	h				
Caudal de geração de energia	m <sup>3</sup> /s				
Requisitos ecológicos de água	m <sup>3</sup> /s				
Reservatório	Terras cultivadas	km <sup>2</sup>			
submersão	População	pessoa			
Modo de desenvolvimento					
Tipo de barragem (comporta)					
Altura máxima da barragem (comporta)	m				
Comprimento do canal a montante/do túnel	m				
Litologia "she" da barragem					
Intensidade Bask do grau do	terramoto				
Objectos ambientalmente sensíveis					
Custo total estimado	moeda unidade				
Custo estimado por quilowatt	unidade monetária/kW				
Custo estimado por quilowatt-hora	unidade monetária/kWh				
Período de construção	ano				