



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS  
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



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

## **Parte 3: Renovação Técnica**

**SHP/TG 005-3: 2019**



## **DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

O presente documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material do presente documento não reflectem qualquer opinião do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou zona das suas autoridades, ou sobre as respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não reflectem necessariamente uma opinião sobre o estágio alcançado por um determinado país ou zona 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. O presente documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mediante indicação da fonte.

**© 2019 UNIDO / INSHP- Todos os direitos reservados**

Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas  
Centrais Hidroeléctricas

**GESTÃO**

## **Parte 3: Renovação Técnica**

**SHP/TG 005-3: 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 Hidroeléctricas (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na sua revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões concretas para tornar as directrizes técnicas profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão extremamente gratas pelas contribuições recebidas durante a elaboração 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), nomeadamente o Centro ~~de para as~~ Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro ~~para as Energias Renováveis de Energia Renovável~~ e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro ~~para as Energias Renováveis de Energia Renovável~~ e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro ~~para as Energias Renováveis de Energia Renovável~~ e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

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

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

Seria muito bem-vinda a formulação de recomendações e sugestões adicionais para a actualização.

# Índice

Prefácio.....	II
Introdução.....	III
1 Âmbito .....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições .....	1
4 Geral.....	2
5 Análise e avaliação do estado.....	2
6 Detecção e avaliação .....	3
7 Conteúdos e requisitos da renovação.....	4
7.1 Disposições gerais .....	4
7.2 Estruturas hidráulicas.....	5
7.3 Turbina e respectivos equipamentos acessórios .....	7
7.4 Equipamento auxiliar .....	10
7.5 Gerador e outro equipamento eléctrico.....	11
7.6 Automação .....	13
7.7 Aquecimento e ventilação, controlo de incêndios e segurança.....	14
7.8 Instalação de descarga de caudal ecológico.....	14
8 Índice de desempenho técnico.....	15

## 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). 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 irão enquadrar os esforços 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 a nível 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 Hidroelétrica) é uma organização internacional de coordenação e de promoção do desenvolvimento de pequenas centrais hidroelétricas (PCH) a nível mundial, baseada na participação voluntária de pontos focais regionais, sub-regionais e nacionais, instituições relevantes, serviços públicos e empresas e cujo principal objectivo é o progresso social. 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 do ambiente, à redução da pobreza, à melhoria dos padrões de vida e cultura locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroelétricas desde 2010. Com base nos relatórios, o desenvolvimento de PCH não responde às necessidades. Um dos obstáculos ao seu desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação de peritos a nível mundial e com base em experiências de desenvolvimento bem-sucedidas, decidiu desenvolver as directrizes técnicas das PCH para satisfazer a procura dos Estados membros.

Estas directrizes técnicas 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 directrizes técnicas possam estar sujeitos a direitos de autor. A UNIDO e a INSHP não podem ser responsabilizadas pela identificação desses direitos de autor.

## Introdução

As Pequenas Centrais Hidroeléctricas (PCH) são cada vez mais reconhecidas como uma importante solução de energia renovável para a electrificação de zonas 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 das PCH em muitos países em desenvolvimento permanece desconhecido e é prejudicado por vários factores, incluindo a ausência de boas práticas ou normas acordadas a nível mundial para o desenvolvimento de PCH.

As presentes Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas (TG) vão abordar as actuais limitações das regulamentações aplicáveis às directrizes técnicas para PCH, aplicando conhecimentos especializados e as melhores práticas existentes em todo o mundo. Pretende-se que os países utilizem estas directrizes para apoiar as suas políticas, tecnologias e ecossistemas actuais. Os países com capacidades institucionais e técnicas limitadas poderão melhorar a sua base de conhecimentos no que respeita ao desenvolvimento de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, contribuindo para o desenvolvimento económico a nível nacional. Estas directrizes técnicas serão valiosas para todos os países, mas, sobretudo, permitem a partilha de experiências e boas práticas entre países que têm limitados conhecimentos técnicos especializados.

As directrizes técnicas 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 directrizes técnicas especificam os termos e definições técnicas profissionais normalmente utilizados para PCH.
- As Directrizes de Concepção fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimentos em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, plano do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo, avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais do projecto - com o objectivo último-final de obter as melhores soluções de concepção.
- As Directrizes das Unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, bem como para sistemas de vigilância, controlo, protecção e alimentação de corrente contínua, de PCH.
- 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 - Gestão**

## **Parte 3: Renovação Técnica**

### **1 Âmbito**

Esta Parte das Directrizes de Gestão especifica os princípios básicos, os conteúdos, os métodos e os requisitos para a renovação técnica de uma pequena central hidroeléctrica (PCH).

### **2 Referências normativas**

Os seguintes documentos são referidos no texto de forma a que parte ou a totalidade do seu conteúdo constitua uma exigência do presente documento. Para referências datadas, é apenas aplicável a edição citada. Para referências não datadas, é aplicável a mais recente edição do documento referido (incluindo eventuais alterações).

IEC 60060-3-200, *Técnica do ensaio de alta tensão - Parte 3: Definição e requisitos para ensaios no local*

IEC 61439, *Conjuntos de aparelhagem de potência, comando e controlo de baixa tensão*

IEC 62006:2010, *Máquinas hidráulicas - Ensaio de aceitação das instalações de pequenas centrais hidroeléctricas*

IEC 62208, *Invólucros vazios para conjuntos aparelhagem de potência, comando e controlo de baixa tensão - Requisitos gerais*

IEC 60609-1, *Turbinas hidráulicas, bombas de armazenamento e bomba-turbina - Avaliação da crepitação por cavitação - Parte 1: Avaliação nas turbinas de reacção, bombas de armazenamento e turbinas-bomba*

IEC 60609-2, *Turbinas hidráulicas, bombas de armazenamento e turbinas-bomba - Avaliação da crepitação por cavitação - Parte 2: Avaliação das turbinas Pelton*

ISO/DIS 5208, *Válvulas industriais - Ensaio de pressão de válvulas metálicas*

SHP/TG 001, *Directrizes técnicas para o desenvolvimento de pequenas centrais hidroeléctricas - Termos e definições.*

### **3 Termos e definições**

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

## **4 Geral**

**4.1** A renovação técnica da central eléctrica deve eliminar os riscos de segurança, garantir a segurança no trabalho, melhorar a eficiência da produção de energia, rentabilizar as obras e melhorar a operação e a manutenção.

**4.2** As instalações ou os equipamentos existentes devem ser plenamente utilizados e as novas tecnologias, os novos processos, os novos equipamentos e os novos materiais plenamente desenvolvidos devem ser activamente utilizados para melhorar os aspectos técnicos funcionais e financeiros da central hidroeléctrica e para cumprir os requisitos de conservação de energia e de protecção ambiental a que as tecnologias antigas não dão resposta.

**4.3** Se as instalações ou o equipamento apresentarem falhas graves e não for possível garantir a sua segurança mesmo após várias reparações, ou se o custo previsível da renovação for superior a 60% do custo de equipamento novo, o equipamento usado deve ser desmantelado e substituído por novo.

**4.4** Antes da execução da renovação, deve proceder-se à análise e à avaliação do estado das instalações ou equipamento. Quando necessário, deve proceder-se à detecção de segurança do equipamento e das instalações. O estudo de viabilidade deve ser realizado para determinar o esquema da renovação técnica.

**4.5** Deve ter-se em conta a colaboração das centrais hidroeléctricas em cascata na mesma bacia hidrográfica, ou se os caudais ou a produção têm impacto de uma central para outra.

**4.6** Deve prestar-se atenção aos impactos sociais e ambientais, particularmente à descarga de caudais ecológicos e à protecção ambiental. A estrutura de passagem dos peixes deve ser instalada de acordo com a situação real da central eléctrica.

**4.7** O esquema da renovação deve respeitar as disposições da regulamentação nacional e local aplicáveis ao projecto.

## **5 Análise e avaliação do estado**

**5.1** Para a renovação técnica da central eléctrica, devem ser recolhidos os seguintes dados:

- a) Dados do projecto de engenharia, da conclusão e da operação e registos da revisão ao longo dos anos;
- b) Dados hidrológicos e relativos aos sedimentos;
- c) Detecção de segurança e ensaio de desempenho ou dados de avaliação;
- d) Outros dados relevantes.

**5.2** Antes da renovação técnica da central eléctrica, os equipamentos ou as instalações, incluindo a estrutura hidráulica, o equipamento electromecânico e a estrutura hidromecânica, devem ser analisados do ponto de vista do

desempenho e da segurança, de acordo com o relatório do ensaio preventivo, com o resultado do ensaio de desempenho, com os resultados da detecção de segurança e com os dados da operação e da revisão. Deve ainda avaliar-se, do ponto de vista do desempenho e da segurança, se as instalações e o equipamento da central eléctrica devem ser renovados.

**5.3** Analisar os dados de operação e de manutenção da central eléctrica, de acordo com o planeamento do rio e os dados hidrológicos, estudar as regras de mudança do nível da água a montante e a jusante, a pressão hidrostática da água, o caudal e a concentração de sedimentos e demonstrar a necessidade e a viabilidade da renovação. Avaliar se a potência da central eléctrica deve ser aumentada ou diminuída, devendo esta avaliação incluir os seguintes conteúdos:

- a) O escoamento disponível e as cheias da estrutura devem ser revistos quando necessário. É necessário verificar se ocorreu alguma cheia desde o início da operação da central hidroeléctrica ou se as estruturas hidráulicas devem ser ampliadas para aumentar o volume de desvio da água ou a altura do açude/barragem. O impacto das alterações climáticas na segurança do descarregador de cheia deve também deve ser verificado;
- b) O escoamento deve ser novamente verificado através do aumento ou da diminuição da potência quando a central hidroeléctrica for renovada;
- c) As condições que podem aumentar ou diminuir o caudal e aumentar ou diminuir a carga efectiva;
- d) Água utilizável abandonada;
- e) Condições para reduzir a perda de altura manométrica e a perda de caudal reduzido;
- f) Análise do caudal ecológico.

**5.4** Os possíveis impactos sociais e ambientais da renovação da central hidroeléctrica devem ser avaliados.

## **6 Detecção e avaliação**

**6.1** Antes da renovação da central eléctrica, as estruturas hidráulicas devem ser inspeccionadas e a aparência, a segurança estrutural, as condições de operação e de gestão e a qualidade do projecto devem ser avaliadas. As estruturas hidráulicas com condições anormais identificadas através da inspecção no local e da supervisão de segurança devem ser obrigatoriamente verificadas.

**6.2** O ensaio comparativo deve ser realizado para o desempenho da unidade antes e depois da renovação técnica. Os dados do ensaio são uma base importante para avaliar os efeitos e os índices económicos da renovação técnica da central eléctrica. Recomenda-se a realização dos ensaios de desempenho antes e depois da renovação com o mesmo método e o mesmo conjunto de instrumentos e indicadores.

**6.3** O ensaio de desempenho da turbina deve ser realizado de acordo com a situação específica ou de acordo com as disposições relevantes da IEC 62006:2010.

**6.4** Em relação à central hidroeléctrica com o equipamento electromecânico principal que excedeu a vida útil da concepção ou submetida a condições anormais que afectem a segurança da operação, os principais membros estruturais devem ser inspeccionados relativamente a sinais de corrosão, deformações e fissuras. As respectivas resistências e rigidez devem ser examinadas e avaliadas.

**6.5** A conduta forçada, a comporta e o guincho especiais, as deformações, as torções, as fissuras, os sinais de corrosão ou abrasão dos principais membros estruturais, bem como as soldaduras defeituosas, devem ser detectados através de ensaios não destrutivos. As respectivas resistências e rigidez devem ser revistas e avaliadas.

**6.6** O ensaio de desempenho do equipamento eléctrico principal da central eléctrica pode utilizar os resultados dos ensaios preventivos ou os resultados do ensaio de corrente anteriores à renovação e o ensaio pode ser realizado de acordo com a norma IEC 60060-3: 2006.

**6.7** Os resultados da detecção e da avaliação devem ser utilizados como base para determinar a necessidade, o esquema e os efeitos da renovação técnica da central eléctrica.

## **7 Conteúdos e requisitos da renovação**

### **7.1 Disposições gerais**

**7.1.1** A renovação técnica deve ser realizada em qualquer dos seguintes casos:

- a) Risco de segurança existente ou previsível;
- b) Os parâmetros das características hidrológicas a montante e a jusante alteram-se significativamente;
- c) A utilização do recurso hídrico não é razoável, especialmente se a altura manométrica e o caudal não são utilizados de forma adequada e entram em conflito com a utilização de outros recursos hídricos;
- d) A qualidade da construção de engenharia civil, do fabrico do equipamento ou das instalações é fraca. O desempenho do equipamento é obsoleto e as condições técnicas são deficientes;
- e) As condições geológicas mudaram significativamente;
- f) O impacto no ambiente é substancial e negativo;
- g) Outra situação que exija renovação.

**7.1.2** A parte utilizável das instalações e dos equipamentos existentes deve ser examinada e calculada conforme necessário. O respectivo tratamento técnico deve ser realizado quando necessário.

**7.1.3** A central eléctrica com muita água pode ser renovada com um aumento da capacidade. A central hidroeléctrica com poucas horas de utilização anual, menor altura manométrica ou caudal decrescente pode ser renovada com uma redução da capacidade.

**7.1.4** Para que a central hidroeléctrica seja renovada mediante o aumento da capacidade, a escala da capacidade instalada deve voltar a ser determinada e devem ser examinados os seguintes conteúdos:

- a) A tomada de água, a perda de altura manométrica, a resistência estrutural, o transiente e os equipamentos hidráulicos, bem como as instalações do sistema de desvio (incluindo a tomada de água, o túnel de desvio e a conduta forçada) devem ser examinados;
- b) A capacidade de descarga do túnel e do canal deve ser verificada novamente;
- c) A classe do projecto, o nível da estrutura e a norma das cheias devem ser examinados;
- d) Os parâmetros de garantia da regulação da unidade e do sistema de transporte de água devem ser verificados.

## **7.2 Estruturas hidráulicas**

**7.2.1** A renovação técnica da estrutura hidráulica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Eliminação do potencial risco de segurança;
- b) Poucas perdas por inundação;
- c) A construção é adequada.

**7.2.2** Para a utilização científica dos recursos hídricos, devem ser tomadas as seguintes medidas de renovação técnica:

- a) Direcção da água de diferentes zonas da mesma bacia para o reservatório ou câmara de carga ao canalizar ou escavar um túnel sob a premissa de cumprir os requisitos do caudal ecológico;
- b) Aumentar a altura manométrica da produção de energia e o armazenamento de regulação através do método de aumento da altura da barragem sob a premissa de minimizar a influência na submersão, de modo a melhorar a produção de energia;
- c) Com base na não afectação da segurança do controlo de cheias, adicionar barragens de borracha, comportas de charneira ou comportas controláveis e outras instalações no descarregador de cheia. Em conjunto com a

previsão do regime hídrico, a comporta de descarga pode armazenar água no final da época das cheias para aumentar a pressão hidrostática da água e a capacidade de armazenamento, o que aumenta a capacidade de produção;

- d) Expelir a sedimentação do canal do rio e reduzir o nível da água a jusante da unidade, com base no alcance da altura de aspiração estática da turbina.

**7.2.3** Para a renovação técnica do sistema de desvio de águas, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- a) Melhorar a remoção de sedimentos, as instalações de lavagem e de limpeza do lixo na extremidade do sistema de desvio de águas, incluindo a melhoria da disposição da tomada de água, e a renovação da estrutura hidráulica que, de outra forma, não cumpriria a regra de caudal regular da água, e tentar estabelecer a forma da linha de corrente;
- b) Melhorar a estrutura da grelha, instalar equipamentos de limpeza adicionais ou adicionar instalações de retenção de lixo e de descarga de gelo, incluindo o ajuste do espaçamento entre as barras das grelhas, e a melhoria da estrutura da grelha e do formato das barras para reduzir a obstrução do lixo;
- c) Aumentar a secção transversal do caudal e o factor de rugosidade;
- d) A dragagem e o tratamento anti-infiltrações são realizados na câmara de carga, no túnel e no canal da estrutura de desvio;
- e) Limpar a barreira, desassorear a água a jusante e melhorar o regime do caudal de água do canal de fuga.

**7.2.4** A renovação técnica da central deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação de controlo de cheias deve ser melhorada para cumprir os requisitos de controlo de cheias;
- b) Em relação à central hidroeléctrica renovada, a resistência do pilar do gerador e da viga do guindaste deve ser examinada, bem como a resistência das lajes ao aumento da carga;
- c) Os requisitos de segurança para a operação, a manutenção e a revisão do equipamento electromecânico devem ser cumpridos;
- d) A aparência da central deve integrar-se harmoniosamente no ambiente.

**7.2.5** Na região fria, as instalações de resistência à geada, como a barra de retenção de gelo e o suporte de retenção de gelo, devem ser colocadas na estrutura hidráulica e no equipamento hidromecânico.

**7.2.6** A renovação técnica das comportas e dos guinchos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Em relação a todos os tipos de comportas que apresentem sinais de corrosão, deformações, vibrações e fugas de água graves, bem como ao guincho que não funcione de forma flexível, a renovação técnica deve ser realizada de forma a eliminar as falhas;
- b) Em relação à comporta com uma capacidade de elevação excessiva devido à corrosão ou a deformações, devem ser utilizados, de preferência, novos materiais de suporte, ou devem ser melhorados a estrutura de suporte da comporta ou o equipamento de elevação;
- c) Em relação à central eléctrica que dispõe de um sistema de desvio renovado ou uma barragem mais alta, a comporta ou o guincho existentes devem ser revistos ou reforçados.

**7.2.7** Para a comporta ensecadeira de emergência na tomada de água da unidade e na comporta ensecadeira de água a jusante, devem ser estabelecidas instalações de enchimento de água e de equilíbrio de pressão, e a cauda de bloqueio fica estritamente proibida de utilizar água de alta pressão a montante para o enchimento de água e para o equilíbrio da pressão.

**7.2.8** O guincho da comporta de descarga das cheias deve dispor de energia de reserva fiável.

**7.2.9** A renovação técnica da conduta forçada deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O anel de paragem de água da junta de dilatação que apresente fugas de água graves e sinais de envelhecimento deve ser substituído;
- b) O tubo de aço deve ser substituído se apresentar sinais de corrosão ou danos graves;
- c) Os maciços de ancoragem e os suportes com assentamento diferencial devem ser reforçados;
- d) A tubagem de betão armado que apresente graves sinais de envelhecimento deve ser substituída;
- e) Se o diâmetro da tubagem da conduta forçada for muito pequeno, devem ser utilizadas mais tubagens ou o diâmetro dos tubos deve ser aumentado de forma a reduzir as perdas de altura manométrica.

**7.2.10** O sistema de vigilância de segurança da barragem do reservatório deve ser melhorado.

### **7.3 Turbina e respectivos equipamentos acessórios**

**7.3.1** A renovação técnica da turbina deve ser realizada de acordo com os seguintes princípios:

- a) Em termos de avanço, é necessário seleccionar a roda eficiente de desempenho avançado e tecnologias plenamente desenvolvidas. Durante a selecção e a criação do tipo, é necessário recolher a maior quantidade de informações possível sobre os vários tipos de rodas (pelo menos 3) do departamento de investigação e dos fabricantes para se proceder à comparação e à selecção;

- b) Em termos de racionalidade, é necessário combinar e gerir de perto as condições limitativas da central hidroeléctrica que não podem ou não devem ser alteradas;
- c) Em termos económicos, é necessário aumentar a produção anual de energia e melhorar os benefícios económicos da central eléctrica;
- d) Em termos de especificidade, é necessário melhorar as condições de funcionamento da turbina em condições especiais de qualidade da água, como o excesso de sedimentos, e tomar medidas de tratamento abrangentes para a resistência aos sedimentos e à abrasão.

**7.3.2** A renovação técnica da turbina deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O índice energético da roda da turbina seleccionada deve ser aperfeiçoado. A roda deve apresentar excelentes características de cavitação e uma boa estabilidade no funcionamento;
- b) Quando os principais parâmetros da turbina são seleccionados, devem ser consideradas as dimensões, a elevação da instalação do sistema de desvio e a passagem do caudal da turbina da central hidroeléctrica, bem como os parâmetros do gerador, para que a turbina possa operar na zona estável e eficiente e a altura de aspiração estática cumpra os requisitos;
- c) A turbina deve ser adaptável às mudanças de altura manométrica e de caudal, de forma a melhorar as condições de serviço, bem como a estabilidade e a eficiência do funcionamento;
- d) Em relação à água com um elevado teor de sedimentos na central hidroeléctrica, a abrasão da turbina pelos sedimentos deve ser avaliada e analisada, os parâmetros técnicos da renovação devem ser razoavelmente seleccionados e devem ser escolhidas medidas de resistência à abrasão, como material ou revestimento da turbina resistentes a lodos. Em relação à turbina da central hidroeléctrica com elevada passagem de sedimentos, esta deve operar sem cavitações.

**7.3.3** De acordo com as condições específicas da central hidroeléctrica, a renovação técnica da turbina deve ser realizada pelos seguintes métodos:

- a) A nova roda de desempenho superior deve ser adoptada e corresponder à passagem do caudal da turbina. O perfil e a estrutura das secções de passagem podem ser melhorados após demonstração técnica, quando necessário;
- b) Em relação à central eléctrica com pequenas alterações na altura manométrica e no caudal comparativamente com as condições da concepção original, mas com equipamentos da turbina antigos e de baixa eficiência, o desempenho da turbina deve ser melhorado;

- c) Em relação à central eléctrica com altura manométrica e caudal superiores aos das condições da concepção original, a potência de saída nominal deve ser aumentada;
- d) Em relação à central eléctrica com altura manométrica e caudal inferiores aos das condições da concepção original, a potência de saída nominal deve ser reduzida;
- e) Em relação à central eléctrica com elevado teor de sedimentos, a concepção hidráulica e estrutural da turbina deve ser melhorada de acordo com o volume da passagem de sedimentos pela turbina e com as características dos sedimentos, e deve ser utilizado material resistente à abrasão e revestimento de protecção;
- f) Se a unidade apresenta um potencial risco de segurança grave ou os danos correspondem às condições de sucata, a unidade deve ser desmantelada e substituída por uma nova;

7.3.4 A roda da turbina e a pá-guia devem ser maquinadas com uma máquina-ferramenta controlada numericamente.

**7.3.5** A renovação técnica do rolamento de carga axial deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O estilo da estrutura deve ser melhorado ou a potência de refrigeração deve ser reforçada nos rolamentos de carga axial com uma temperatura relativamente alta durante a produção de energia. Unidades com velocidade nominal de 1 000 r/min ou menos devem utilizar rolamentos de carga axial metalo-plásticos;
- b) Para a concepção do aumento de capacidade da unidade, devem ser calculadas e analisadas a capacidade de carga do rolamento de carga axial e a capacidade de carga da fundação;

**7.3.6** A carga radial do veio horizontal pode utilizar o mancal de rolamentos ou o rolamento deslizante; o rolamento deslizante pode utilizar a sapata de rolamentos Babbitt ou outra sapata de rolamentos adequada. O rolamento-guia da turbina de veio vertical deve ter uma estrutura parabólica para evitar que a sapata de rolamentos seja arranhada.

**7.3.7** A renovação técnica do sistema de regulação da turbina hidráulica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os parâmetros característicos, como a capacidade de serviço do regulador, devem ser revistos de acordo com os parâmetros da turbina quando a altura manométrica, o caudal ou o diâmetro da roda muda;
- b) O sistema de regulação da turbina hidráulica renovado deve cumprir os requisitos de arranque e de paragem, de sincronização rápida, de aumento/diminuição de carga e de paragem de emergência;
- c) O sistema de regulação da turbina hidráulica deve ser renovado de forma a utilizar o regulador totalmente automático por microcomputador ou o manipulador com equipamento de armazenamento de energia;

- d) O sistema de regulação da turbina hidráulica após a renovação técnica pode servir de fonte de óleo de pressão para o dispositivo de travagem automático de modo a cumprir os requisitos operacionais do serviço;
- e) Quando a unidade requer o arranque autónomo, o regulador deve dispor de um sistema de funcionamento totalmente manual.

**7.3.8** A renovação técnica da válvula principal da turbina deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quando a fuga de água é significativa, a forma do vedante da válvula principal deve ser melhorada ou a válvula deve ser substituída por uma nova válvula principal;
- b) A válvula deve dispor de um dispositivo de protecção mecânico de limites;
- c) A válvula deve dispor de um mecanismo de funcionamento automático;
- d) A válvula operada hidráulicamente deve dispor de um dispositivo hidráulico com equipamento de armazenamento de energia.

#### **7.4 Equipamento auxiliar**

**7.4.1** O equipamento auxiliar das máquinas hidráulicas deve ser substituído ou renovado de acordo com os requisitos da renovação técnica do equipamento da unidade.

**7.4.2** A renovação técnica do sistema técnico de abastecimento de água deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A renovação do sistema técnico de abastecimento de água deve cumprir os requisitos hídricos após a renovação da central eléctrica;
- b) Em relação à central hidroeléctrica concebida para funcionar sem supervisão (assistida por menos pessoas), o sistema técnico de abastecimento de água deve dispor de filtro de água automático, válvula de controlo automática e dispositivo de indicação de caudal;
- c) Para a execução da drenagem, o sistema de drenagem de infiltrações deve utilizar-se a bomba auto-escorvante, a bomba vertical submersa ou a bomba de profundidade;
- d) A tubagem que apresente sinais de corrosão grave ou fugas ou ~~em que tenha~~ diâmetro inadequado deve ser substituída.

**7.4.3** A renovação técnica do sistema de ar comprimido deve satisfazer a necessidade de ar após a renovação da unidade. Em relação ao dispositivo de pressão do óleo do regulador que dispõe de um acumulador hidropneumático tipo bexiga, o sistema de ar comprimido correspondente pode ser omitido.

**7.4.4** A renovação técnica do sistema de óleo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O sistema de óleo da turbina deve ser colocado na tubagem simplificada e o óleo deve ser fornecido e drenado através da mangueira;
- b) O tanque de óleo do sistema de óleo isolante deve ser omitido (considerando que o óleo isolante da PCH é utilizado principalmente no transformador e normalmente não há necessidade de carregar ou descarregar o óleo e que o óleo pode ser filtrado em linha).

**7.4.5** O equipamento de elevação que for reprovado no ensaio deve ser renovado ou substituído.

**7.4.6** Para a concepção da central hidroeléctrica renovada através do aumento da capacidade, o equipamento de elevação e a respectiva estrutura de suporte na unidade devem ser examinados à luz do peso da peça mais pesada mais o peso do dispositivo de elevação. Quando o peso de elevação for superior à capacidade nominal de elevação do guindaste, o guindaste e a respectiva estrutura de suporte devem ser renovados ou devem ser tomadas outras medidas de segurança.

## **7.5 Gerador e outro equipamento eléctrico**

**7.5.1** A renovação técnica do gerador deve corresponder à capacidade da turbina e dos outros equipamentos de transmissão e transformação de energia.

**7.5.2** A renovação técnica do gerador pode ser realizada da seguinte forma:

- a) Melhoria ou substituição do sistema de refrigeração, mudança do ventilador do rotor, melhoria da ventilação forçada ou mudança da ventilação da tubagem no refrigerador de ar estanque;
- b) Substituição do enrolamento do estator e da bobina do pólo magnético do rotor. Se o isolamento do estator ou do enrolamento do rotor apresentar sinais de envelhecimento, o enrolamento deve ser substituído ou deve ser utilizado material isolante de grau superior; por exemplo, substituição do isolamento de grau B pelo isolamento de grau F para melhorar a resistência à temperatura. Em relação ao gerador com um grande aumento de capacidade, além da substituição do enrolamento e do isolamento, o comprimento do estator e do núcleo do rotor pode ser aumentado para melhorar a potência electromagnética. Em relação ao gerador vertical, a extracção do rotor do poço do gerador não deve ser afectada se o estator for extraído do solo da sala do gerador principal devido ao aumento do comprimento do núcleo;
- c) Renovação do mancal do gerador. É permitido adoptar placas de carga axial de plástico de baixa fricção, com grande capacidade de carga e sem desgaste da sapata de rolamentos;
- d) Substituição do gerador. A fundação e as partes embutidas do equipamento antigo devem ser totalmente utilizadas e devem ser utilizados novos materiais isolantes e placas de alta qualidade e eficiência.

**7.5.3** O gerador deve dispor de componentes de medição de temperatura.

**7.5.4** O gerador de alta tensão com baixa potência pode ser substituído pelo gerador de baixa tensão e a potência aumentada do gerador não deve exceder os 800 kW, caso contrário a corrente será muito elevada, a secção de cabos ficará mais espessa, a fiação será muito mais difícil e o investimento também será mais elevado.

**7.5.5** O gerador com uma grande diminuição de resistência de isolamento do enrolamento do estator após a paragem pode ser seco com o dispositivo adicional de aquecimento e desumidificação. Se a resistência de isolamento ainda não cumprir os requisitos após o aquecimento e a desumidificação, o isolamento deve ser substituído ou devem ser tomadas outras medidas.

**7.5.6** A renovação técnica do sistema de excitação deve utilizar o dispositivo de excitação com função de regulação automática e deve ser adoptado o modo de excitação estática ou de excitação sem escovas.

**7.5.7** A renovação técnica do transformador principal deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A potência nominal do transformador principal deve cumprir os requisitos da potência útil da central hidroeléctrica após a renovação;
- b) O transformador principal com alto consumo energético deve ser substituído por um transformador de poupança energética de baixo consumo energético;
- c) Em relação à central eléctrica com o transformador de distribuição como transformador principal, este deve ser actualizado para o transformador de reforço.

**7.5.8** A renovação técnica dos outros equipamentos eléctricos deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Devem ser escolhidos equipamentos eléctricos seguros, de baixo consumo energético e amigos do ambiente. Não devem ser utilizados equipamentos de elevado consumo energético ou com potencial para poluir o ambiente;
- b) Deve ser escolhido um disjuntor de alta tensão sem óleo;
- c) O quadro comutador de alta tensão fechado e leve escolhido deve cumprir os seguintes requisitos:
  - 1) impedir que o disjuntor abra ou feche por engano;
  - 2) impedir que o seccionador ligue ou desligue com carga;
  - 3) impedir que o fio de terra seja conectado ligado à electricidade;
  - 4) impedir que o interruptor de alimentação seja ligado com o fio de terra conectado;

- 5) impedir que o operador entre no compartimento activo;
- d) O quadro comutador de baixa tensão deve cumprir os requisitos das normas IEC 61439 e IEC 62208;
- e) Os cabos devem ser colocados nos caminhos de cabos ou passados pelo tubo.

**7.5.9** A central hidroelétrica concebida para funcionar sem supervisão (ou assistida por menos pessoas) deve dispor de uma fonte de alimentação fiável. A fonte de alimentação operacional da unidade do gerador de baixa tensão com uma potência unitária inferior a 800 kW pode ser adequadamente simplificada. Pode ser utilizada uma UPS (fonte de alimentação ininterrupta) que atenda as exigências de disparo do interruptor e do controlo eléctrico.

**7.5.10** O sistema do pára-raios deve ser melhorado para cumprir os requisitos da resistência de ligação a terra.

**7.5.11** Na renovação técnica da central eléctrica, deve ser instalada iluminação de emergência. A iluminação deve ser configurada com elementos de poupança energética e de protecção ambiental e deve ser de fácil manutenção.

## **7.6 Automação**

**7.6.1** Para a renovação técnica da automação da central eléctrica, o modo de controlo deve ser determinado de acordo com as características da central hidroelétrica, com o modo de funcionamento e com os requisitos de programação do sistema de energia eléctrica. Deve ser escolhida a operação sem supervisão com menos vigilantes.

**7.6.2** A central eléctrica concebida para operar sem supervisão e com menos vigilantes deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Deve ser estabelecido um protector digital fiável. Quando o protector está a funcionar, a máquina deve poder desligar-se e o sinal telemétrico deve ser enviado;
- b) As funções de arranque/paragem com uma tecla, a regulação de frequência automática, a regulação de tensão automática e a regulação de potência activa/reactiva automática devem estar disponíveis;
- c) A função de operação do controlo remoto deve estar disponível;
- d) O sistema de vigilância de vídeo deve estar instalado e dispor da função automática de guardar;
- e) O alarme contra roubo deve ser instalado.

**7.6.3** Para a renovação técnica do sistema de travagem da unidade, deve ser instalado o dispositivo de travagem automático.

**7.6.4** O sistema de vigilância e de controlo automático por microcomputador escolhido e fornecido para a renovação deve ser intuitivo e fiável.

**7.6.5** Para a renovação técnica da central eléctrica, o sistema de vigilância da comporta deve ser estabelecido de forma a executar as funções de supervisão e controlo remoto. A comporta de serviço rápido também deve ter uma função "fecho com um botão".

**7.6.6** Se as condições o permitirem, o sistema de vigilância de segurança da barragem e o sistema de comunicação e observação hidrológica automático (regime hídrico) podem partilhar dados com o sistema de vigilância por microcomputador da central hidroeléctrica.

**7.6.7** Em relação à central eléctrica com a unidade de baixa tensão, o ecrã multifunções de supervisão digital, protecção e excitação com estrutura intuitiva e fiável deve ser utilizado na renovação técnica do equipamento de controlo.

**7.6.8** O grau de protecção do quadro eléctrico secundário não deve ser inferior a IP42. O dispositivo de iluminação e desumidificação deve ser instalado no quadro.

**7.6.9** A renovação da central eléctrica deve prever equipamento de comunicação fiável. O equipamento de comunicação móvel pode ser instalado para supervisionar a situação operacional da central hidroeléctrica.

**7.6.10** A renovação da central eléctrica pode utilizar o modo de controlo centralizado para um grupo de centrais eléctricas.

## **7.7 Aquecimento e ventilação, controlo de incêndios e segurança**

**7.7.1** A central eléctrica com níveis de temperatura, humidade e ruído superiores à norma deve ser renovada tecnicamente.

**7.7.2** A renovação técnica do controlo de incêndios deve cumprir as disposições relevantes do governo local, e a protecção contra incêndios deve ser instalada.

**7.7.3** A sinalização de segurança legível e as instalações de protecção devem ser colocadas em locais susceptíveis de representar um risco para a segurança do pessoal.

**7.7.4** Uma saída de evacuação de segurança adicional deve ser criada na sala do equipamento de distribuição de energia que tenha mais de 7 m de comprimento e apenas uma saída.

**7.7.5** Devem ser tomadas medidas de protecção de segurança para a parte rotativa da unidade e deve ser criada sinalização de segurança legível.

## **7.8 Instalação de descarga de caudal ecológico**

**7.8.1** Em relação à central hidroelétrica que não pode cumprir os requisitos de descarga do caudal ecológico, a instalação de descarga do caudal ecológico deve ser renovada ou deve ser construída uma nova instalação.

**7.8.2** Devem ser tomadas medidas para garantir o caudal ecológico em consonância com os princípios do ajustamento de medidas às condições locais, se for tecnologicamente razoável e economicamente prático.

**7.8.3** A renovação da instalação de descarga do caudal ecológico pode ser realizada com as seguintes medidas:

- a) Estabelecer a "pequena unidade do caudal ecológico" e operá-la por um longo período de tempo para executar a descarga do caudal ecológico;
- b) Para a central hidroelétrica com a tarefa de gerar a energia de base, o caudal ecológico pode ser descarregado no processo de produção de energia;
- c) Com a finalidade de garantir o caudal ecológico, construir um desvio novo ou renovar o antigo, libertar água, instalações de desassoreamento e descarga;
- d) Introduzir o software e o hardware para a expedição conjunta da central hidroelétrica em cascata, de forma a garantir que o caudal ecológico no canal do rio entre as centrais elétricas cumpra os requisitos.

**7.8.4** O dispositivo de supervisão em linha do caudal ecológico no canal do rio deve ser estabelecido. Quando o caudal ecológico for considerado insuficiente, a comporta de libertação (válvula), se instalada, pode ser aberta atempadamente ou podem ser tomadas outras medidas.

## **8 Índice de desempenho técnico**

**8.1** Após a renovação técnica da central elétrica, a potência e a eficiência da unidade devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A potência de saída da unidade deve alcançar ou exceder os requisitos de concepção da renovação técnica;
- b) Na condição nominal, a eficiência da unidade não deve ser inferior aos índices do Quadro 1, que deve ser visto de cima para baixo de acordo com a potência da unidade. A eficiência geral da unidade do gerador da turbina de impulso pode ser adequadamente reduzida.

**Quadro 1 Índice de eficiência unitária na condição de serviço nominal**

N.º	Unidade de potência $P$ (kW)	Índice de eficiência
1	$P \leq 100$	60%
2	$100 < P \leq 250$	70%
3	$250 < P \leq 500$	75%
4	$500 < P \leq 3000$	75% a 85%, em que a eficiência da unidade da turbina Francis está entre 77% e 85%
5	$3000 < P \leq 10\ 000$	81% a 87%, em que a eficiência da unidade da turbina Francis e da unidade da turbina de bolbo está entre 83% e 87%
6	$> 10\ 000$	85 a 88%, em que a eficiência da unidade da turbina Francis e da unidade da turbina de bolbo é de 88%.

**8.2** A atribuição do equipamento electromecânico deve ser razoável. A taxa de equipamento em bom estado deve alcançar os 100% na parte da renovação técnica.

**8.3** Após a renovação técnica, o ruído da turbina e do gerador durante o funcionamento normal deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para a turbina de veio vertical, o ruído medido 1 m acima do chão do poço do gerador não deve exceder 90 dB(A) e o ruído medido a 1 m da câmara de visita do tubo de aspiração não deve exceder 95 dB(A);
- b) Para a turbina de veio horizontal, o ruído medido a 1 m do veio principal e do tubo de aspiração não deve exceder 90 dB(A);
- c) O ruído medido 1 m acima da aresta externa da placa de cobertura não deve exceder 85 dB(A) no gerador de veio vertical e o ruído medido a 1 m da aresta externa do estator não deve exceder 85 dB(A) no gerador de veio horizontal.

**8.4** Após a actualização da válvula principal, a fuga de água deve respeitar as disposições relevantes da ISO/DIS 5208.

**8.5** Após a lâmina-guia actualizada estar totalmente aberta, a fuga de água deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Na altura manométrica nominal, a fuga de água não deve ser superior a 0,4% do caudal nominal da turbina quando a nova lâmina-guia cónica da turbina de reacção está totalmente fechada. A fuga de água não deve ser superior a 0,3% do caudal nominal da turbina quando a nova pá-guia cónica está totalmente fechada;
- b) Os novos bocais da turbina Pelton, de jacto inclinado e de fluxo cruzado não devem apresentar fugas de água quando estão totalmente fechados.

**8.6** A cavitação da turbina deve cumprir os requisitos relevantes da IEC 60609-1 ou IEC 60609-2.

---