



Webinar

“Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Brasil: Aspectos Técnicos e Regulatórios”

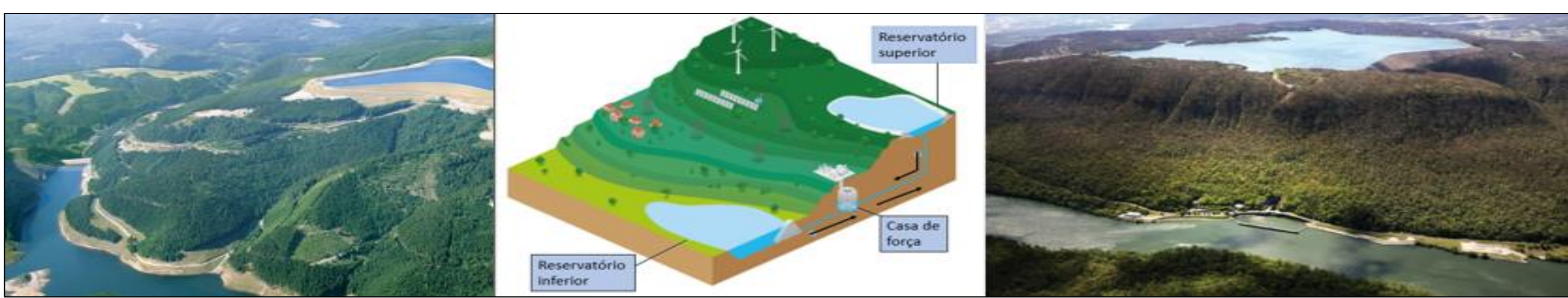
Revisão da Experiência Internacional sobre Usinas Hidrelétricas Reversíveis: Diversidade de Soluções de Projetos e Evolução Tecnológica

Projeto PD-00642-2705/2019

Usinas Hidrelétricas Reversíveis Combinadas com Hidrelétricas em Cascata e seus Benefícios para a Gestão do Setor Elétrico Brasileiro

Prof. Paulo Barbosa

27/08/2021



Equipe do Projeto – Parte Tecnológica

Prof. Sergio Bajay

Prof. Paulo Barbosa

Enga. Mirian Adelaide

Dr. Vinicius Pinheiro

M.Sc. Jorge Yasuoka

Países Selecionados para Estudos:

Alemanha, Espanha, Suíça, Japão, Estados Unidos

SUMÁRIO

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1 Diversidade quanto ao Porte/ Capacidade

1.2 Diversidade quanto à Escolha de Locais e Arranjos

2. Evolução Tecnológica

2.1 Quanto aos Arranjos das Unidades

2.2 Quanto ao Modo de Operação

2.3 Quanto à Velocidade das Máquinas

3. Conclusões

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1 Diversidade quanto a Capacidade Instalada

Usinas de Porte Pequeno (<50 MW)– Exs.

UHR Feiticeiro (36 MW)-Portugal (2015, bombea água do rio Douro)



Barragem Tipo: Gravidade
•Material: betão (Concreto)
•Altura: 45 m
•Comprimento no coroamento: 315 m
• Volume útil: 12 milhões m³

•Potência instalada: **38 MW**
•Produção média anual: **45 GWh**
•Turbinas: **2 (2 x 19 MW)**
•Tipo de Grupos: **Francis reversíveis**
• Queda: **34,5 m**

Ponto para Reflexão:

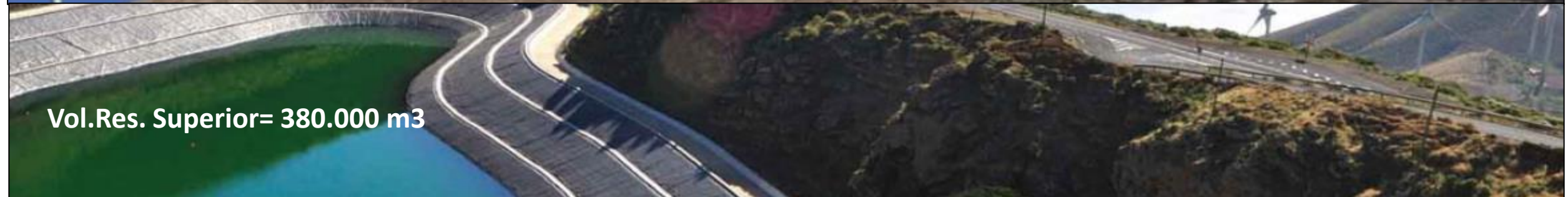
Haverá lugar/espço para UHRs de menor porte no Brasil ? (Descentralizadas, menor impacto ambiental, menor CAPEX)

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1 Diversidade quanto a Capacidade Instalada

1.1.1. Usinas de Porte Pequeno (<50 MW)– Exs. Projeto Gorona del Viento, ilha El Hierro (Ilhas Canárias)

UHR (6 MW) + Eólica 5 x 2,3 MW = 11,5MW + Geração Diesel (12,7MW)



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1 Diversidade quanto a Capacidade Instalada

1.1.1 Usinas de Porte Pequeno – Exs. Projeto Gorona del Viento, ilha El Hierro

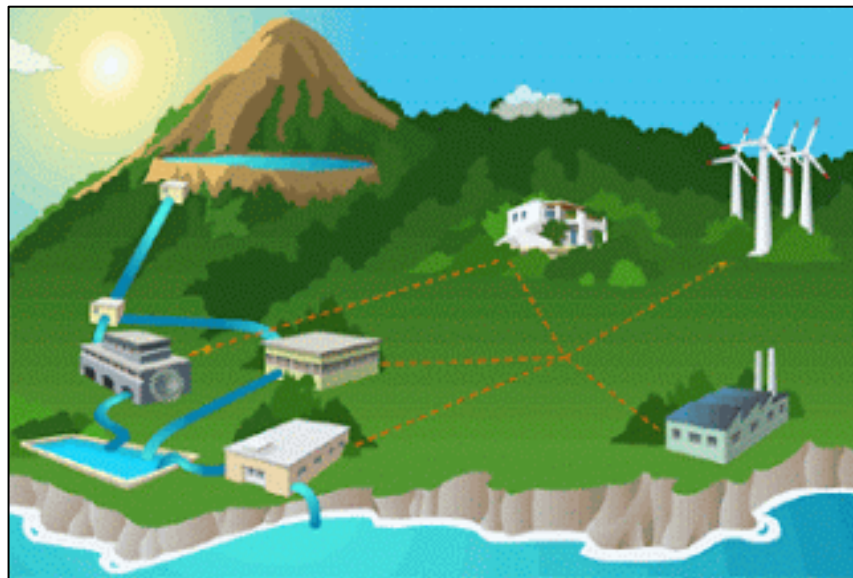


Geração:

4 turbinas (Pelton) 4 x 1,6 MW = 6,4 MW, veloc. variável.

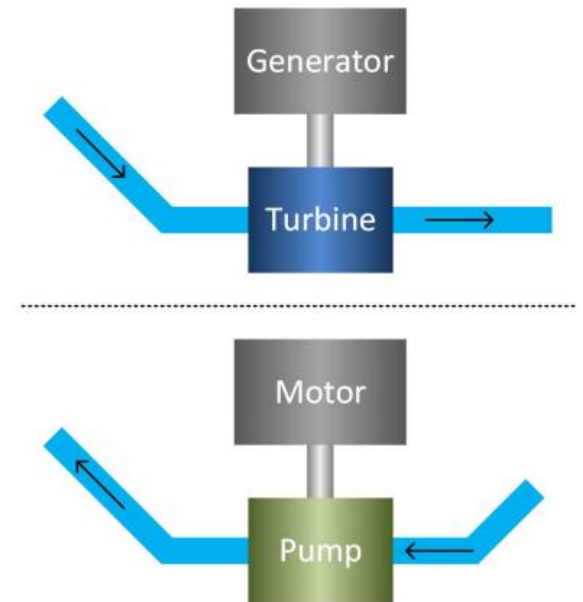
Bombeamento (3,4 MW)

Duas bombas de 1,6 MW operando com velocidade variável e três bombas de 600 kW operando com velocidade fixa



UHR com conjunto Quaternário:

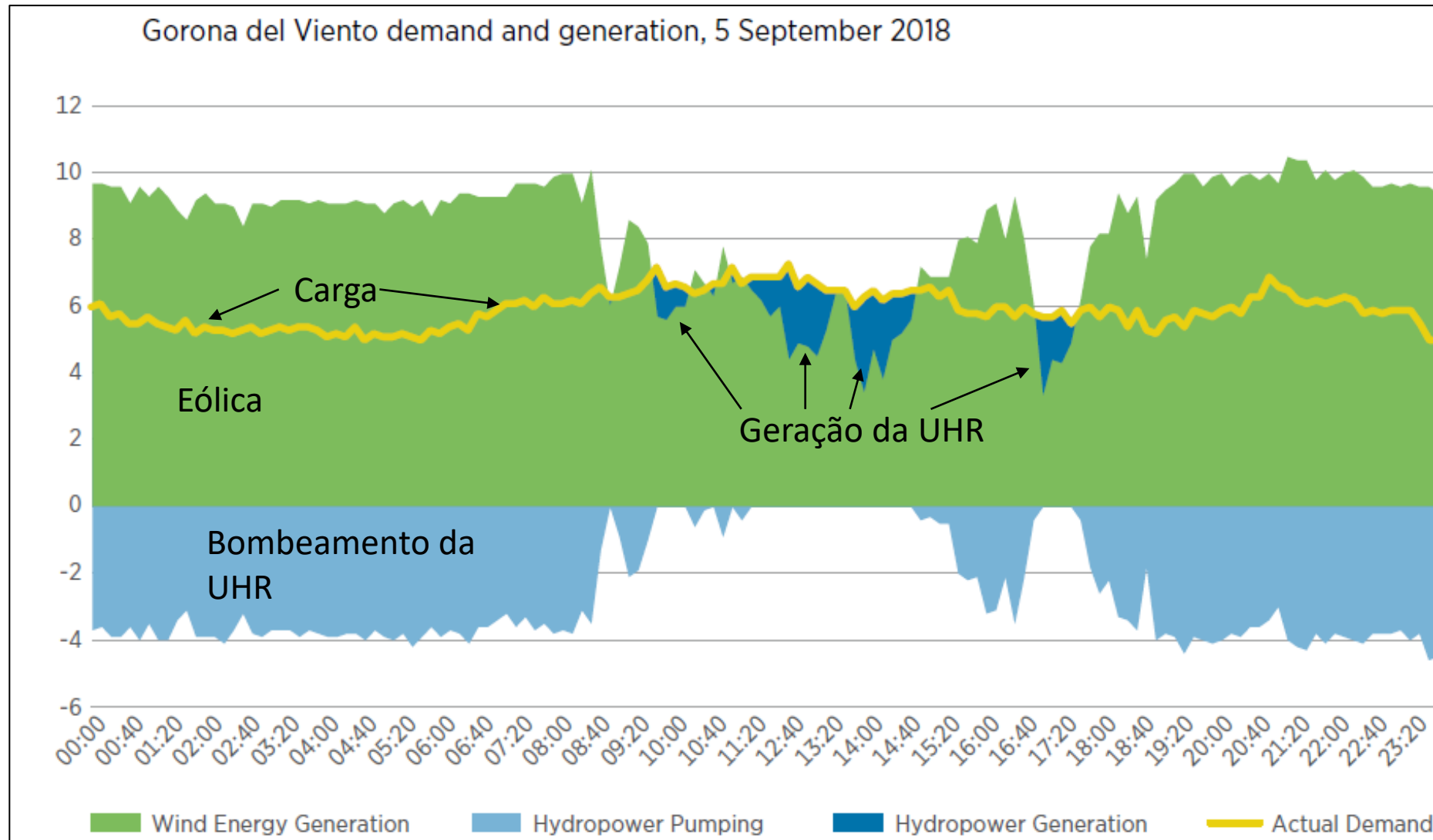
Unidades de geração e bombeamento são completamente separadas.



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1 Diversidade quanto a Capacidade Instalada

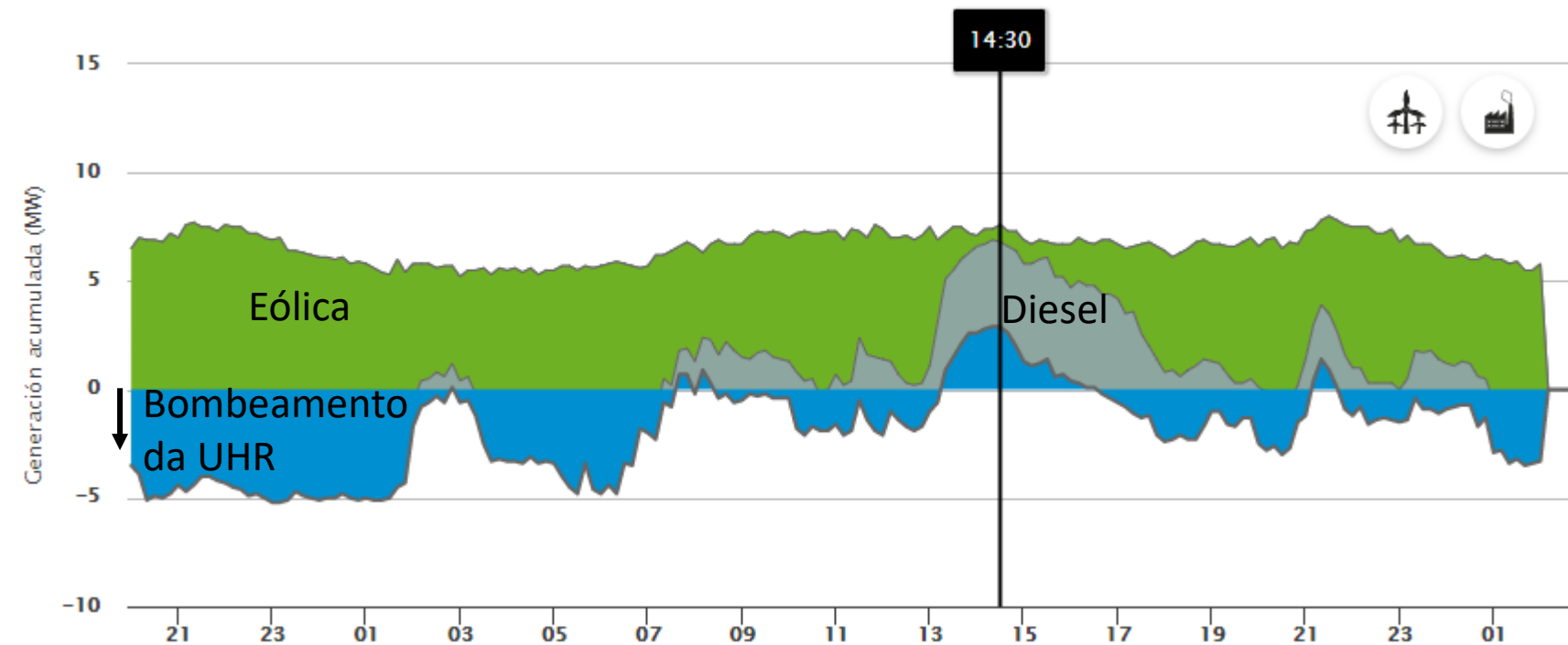
1.1.1 Usinas de Porte Pequeno– Exs. Projeto Gorona del Viento, ilha El Hierro



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.1 Usinas de Porte Pequeno (<50 MW)– Exs. Projeto Gorona del Viento, ilha El Hierro (Ilhas Canárias)

Operação Realizada dia 25/08/2021



Fontes de Geração às 14h 30:

Wind	2.5	34.25 (%)
Diesel engines	4.8	65.75 (%)
Hydraulics	-0.6	0 (%)

Ponto para Reflexão:

Usinas Híbridas, com Renováveis, Descentralizadas podem ter lugar no Brasil ?

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.2 Usinas de Porte Médio ($50 < P < 500$) MW)

Há um grande número de UHRs nesta faixa de potência. Ex1. UHR Foz Tua

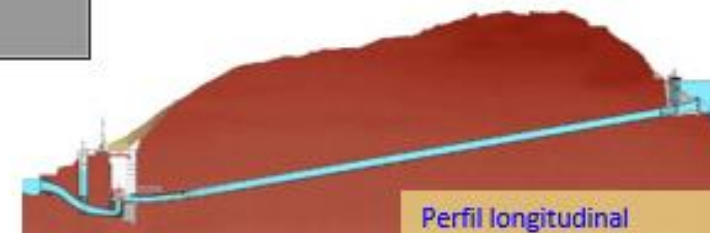
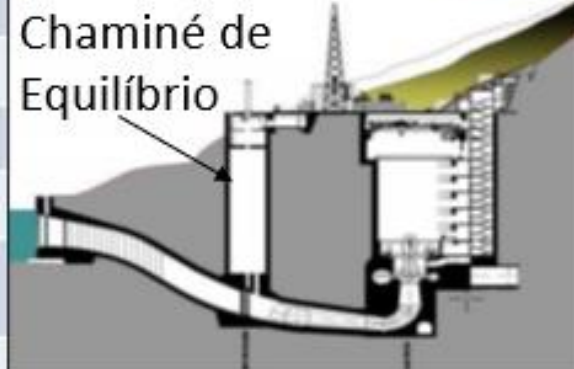
O aproveitamento está situado no rio Tua. Inclui uma barragem, uma central subterrânea em poço, equipada com dois grupos reversíveis, e um circuito hidráulico constituído por dois túneis

UHR Foz Tua, da EDP, em Portugal



Principais Indicadores

Início da construção	2011
Entrada em serviço	2017
Capacidade de geração	270 MW
Produção média anual	660 GWh
Produção anual sem bombeamento	275 GWh
Altura de queda nominal	93,6 m
Vazão turbinada/bombeada	310/250 m ³ /s
Volume útil do reservatório	69 hm ³



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.2 Usinas de Porte Médio (50 <math>< P < 500</math>) MW): Ex2. UHR Hohenwarte I, Alemanha



Capacidade: 64 MW
Queda H = 56 m
Vazão Turbinada: 2 x 55 m³/s
Turbinas (02): Francis
Reserv.Superior: 181 hm³

Obs. Eventos extremos/cheias na Alemanha: UHRs para controle de cheias ?

Evolução Histórica

- Barragem (75m) em 1941: Controle de cheias a jusante
- 1942: foi motorizada, com turbina+gerador
- 1959: UHR com duas turbinas-bombas

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.2 Usinas de Porte Médio ($50 < P < 500$) MW): Ex2. UHR Hohenwarte II, Alemanha



Capacidade: 320 MW
Queda H = 304 m
Vazão Turbinada: 8 x 16,1
= 128,8 m³/s
Turbinas (02): Francis

Reserv.Superior: 3 hm³
Construção: 1966

Pontos de Reflexão:

- Sistemas hidro-energéticos podem evoluir conforme necessidades
- Conceito de Aproveitamento Máximo das infra já existentes

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.2 Usinas de Porte Médio ($50 < P < 500$) MW)

Ex2. UHR Veitaux II, Suíça (480 MW a partir de 2017). Empresa: ALPIQ

Suíça: Veytaux pumped storage plant



Lago Superior: Hongrin dam



Queda H = 880 m
Vazão Turbinada:
32 m³/s

Custo: USD 337 million

Pelton turbine with spare wheel at Veytaux

Expansão (a partir de 2017)

Dois novos grupos de 120 MW
Cada qual, consistindo de 2 turbinas
Pelton e 2 bombas

Total (a partir de 2017)

480 MW
Sendo 420 MW em operação e 60 MW em reserva

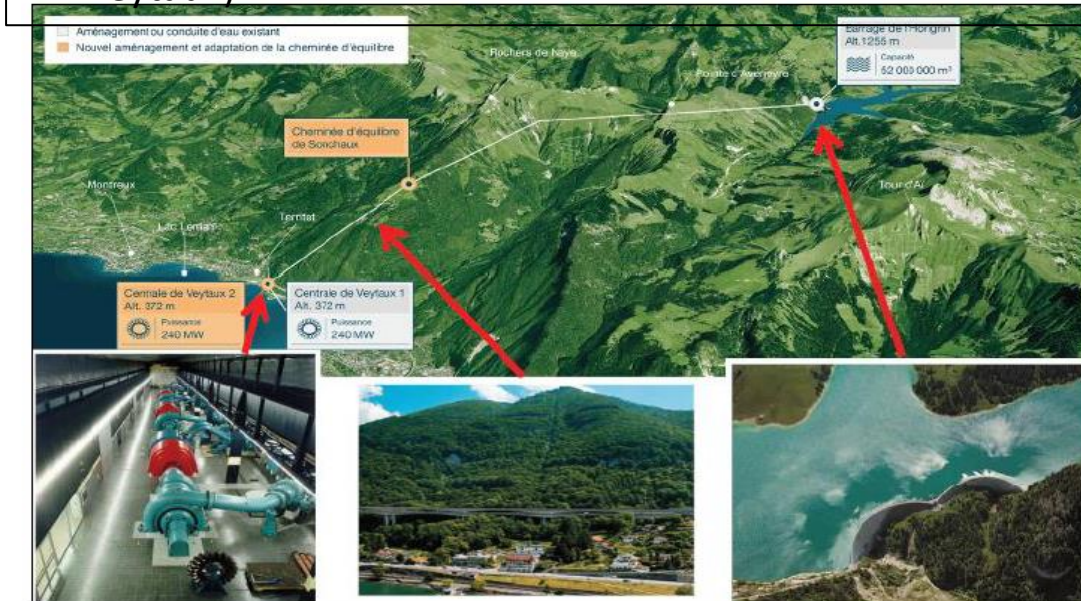
<https://iecetech.org/issue/2017-07/Expanded-pumped-storage-power-station-goes-into-service>



Reverse pump at the
Veytaux pump storage installation

Desafios de Engenharia:

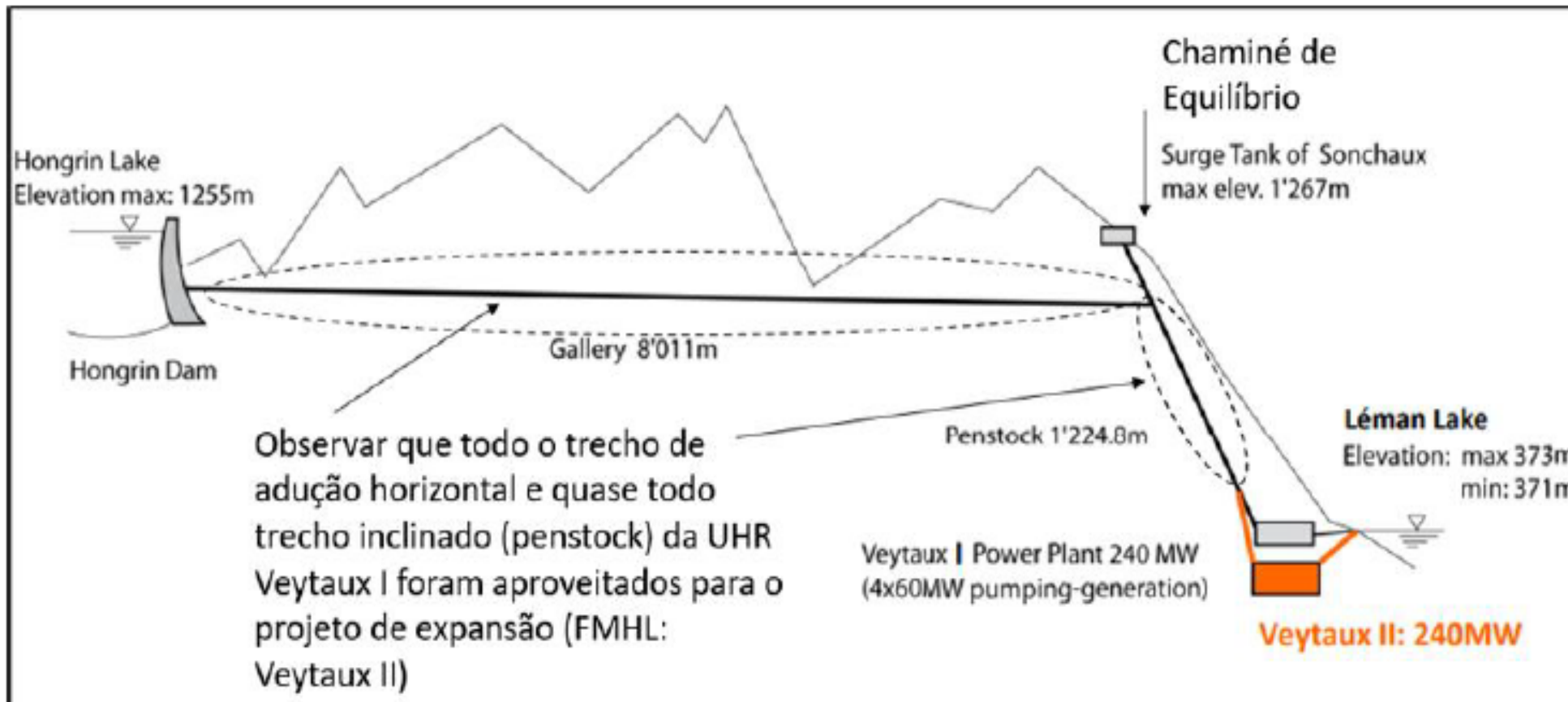
- Duplicar a capacidade (240 MW para 480 MW), ao mínimo custo
- Aproveitar muitos componentes de Veytaux I (Tubulação horizontal, penstock)
- Obras de Veytaux II sem interromper a operação de Veytaux I
- Obras em região urbana (parte inferior, dentro cidade Veytaux)



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.2 Usinas de Porte Médio ($50 < P < 500$) MW)

Ex3. UHR Veitaux II, Suíça (480 MW a partir de 2017)



Ponto para Reflexão:

Unidades reversíveis em UHEs existentes (Poços Vazios, ou Construções Adicionais) podem ter lugar no Brasil ?

Vista em Perfil dos Condutos de Adução e Lagos Superior e Inferior

Fonte: Nicolet et al. (2016)

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

11..3 Usinas de Grande Porte ($P > 500$) MW): Ex1 – Goldisthal, Alemanha

1ª UHR na Europa com Veloc. Variável



Localização: Thuringian Slate Mountains, Thuringia

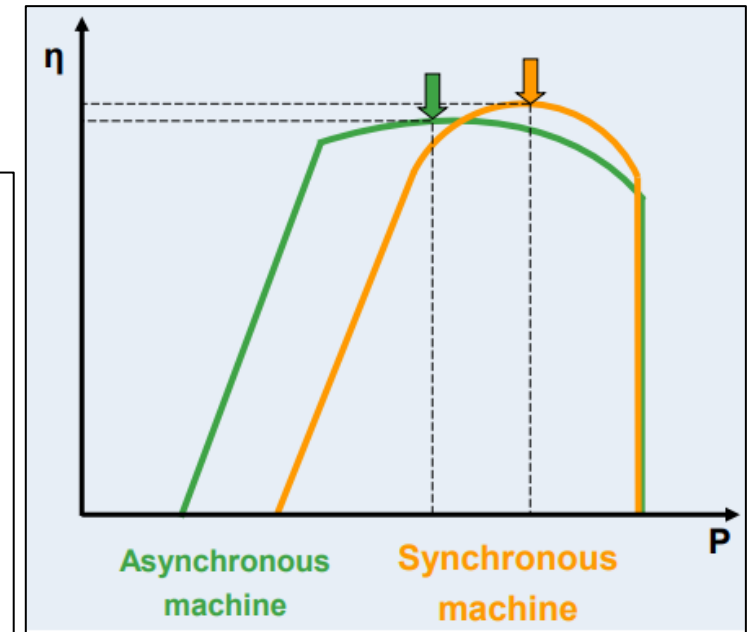


- Capacidade: 1.060 MW
- Comissionamento: 2004
- Tempo de descarga: 9h
- Turbinas: 4 x 265 MW Francis
- Queda: 301,65 m
- $Q = 103 \text{ m}^3/\text{s}$ (turbina)
- $Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ (bomba)
- Proprietário: Vattenfall
- Tipo: Open-loop

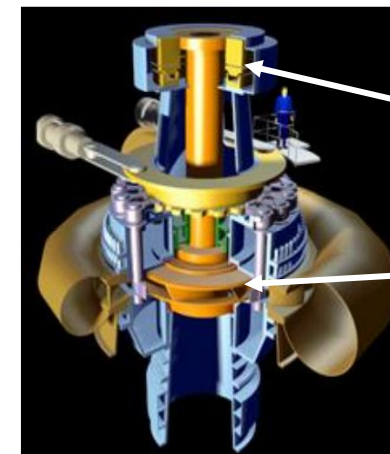
Capacidades dos Reservatórios:

Superior: 12 hm^3 (3,4 km de perímetro)

Inferior: $18,9 \text{ hm}^3$



Arranjo: Conjunto Binário



Motor-Gerador

Turbina-Bomba

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte ($P > 500$) MW Ex1 – Goldisthal, Alemanha

Tempo de Partida:

Turbina = 75 s

Bomba = 185 s

Tempo de Inversão

Bomba-Turbina:

85 segundos

Custo:

620 milhões Euros

Turbina = 75 s

Bomba = 185 s

Tempo de Inversão

Bomba-Turbina:

85 segundos

Arranjo de máquinas:

- 2 grupos síncronos
(2 x 265) = 530 MW
Cada um operando
entre 100 a 265 MW

- 2 grupos assíncronos
/veloc. variável
(2 x 265) = 530 MW,
cada um operando em
range 40 a 265 MW

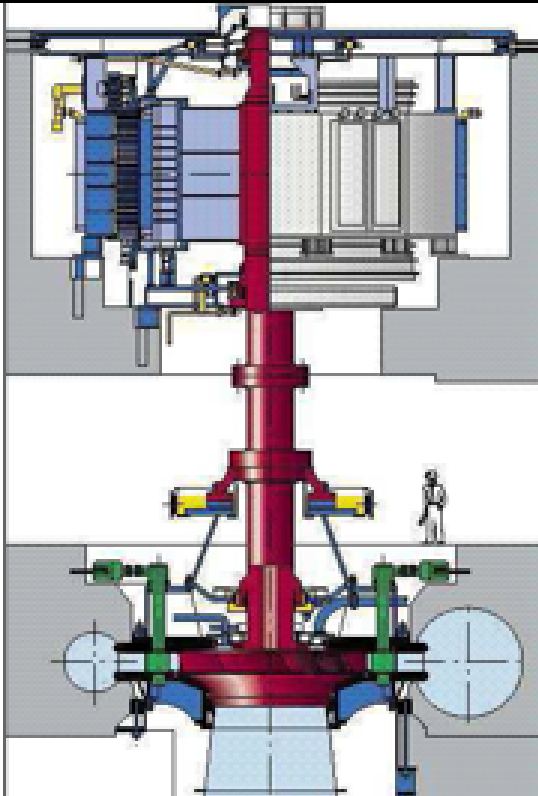
- Tempo de descarga: 9 horas
- 2 túneis de adução: L= 870 m e D= 6 m
- Cada túnel alimenta:
 - 1 Turbina vel. Fixa e
 - 1 Turbina de vel. Variável
- 2 túneis de restituição: L 275 m e D 8 m

- Adequação
para Black-Start

- Mais
Flexibilidade
- Controle
frequencia no
modo Bomba

Ponto para Reflexão:

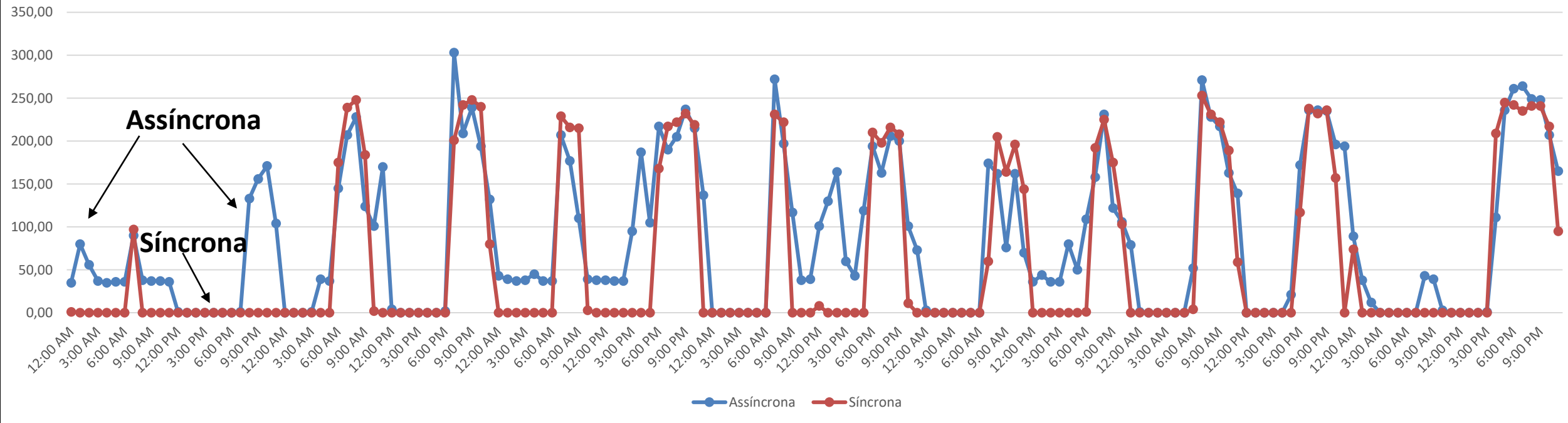
Combinação de tecnologias (no caso máquina vel. fixa+ veloc. Variável) pode trazer soluções flexíveis/ robustas-- mais atraentes



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte (P > 500) MW Ex1 – Goldisthal, Alemanha

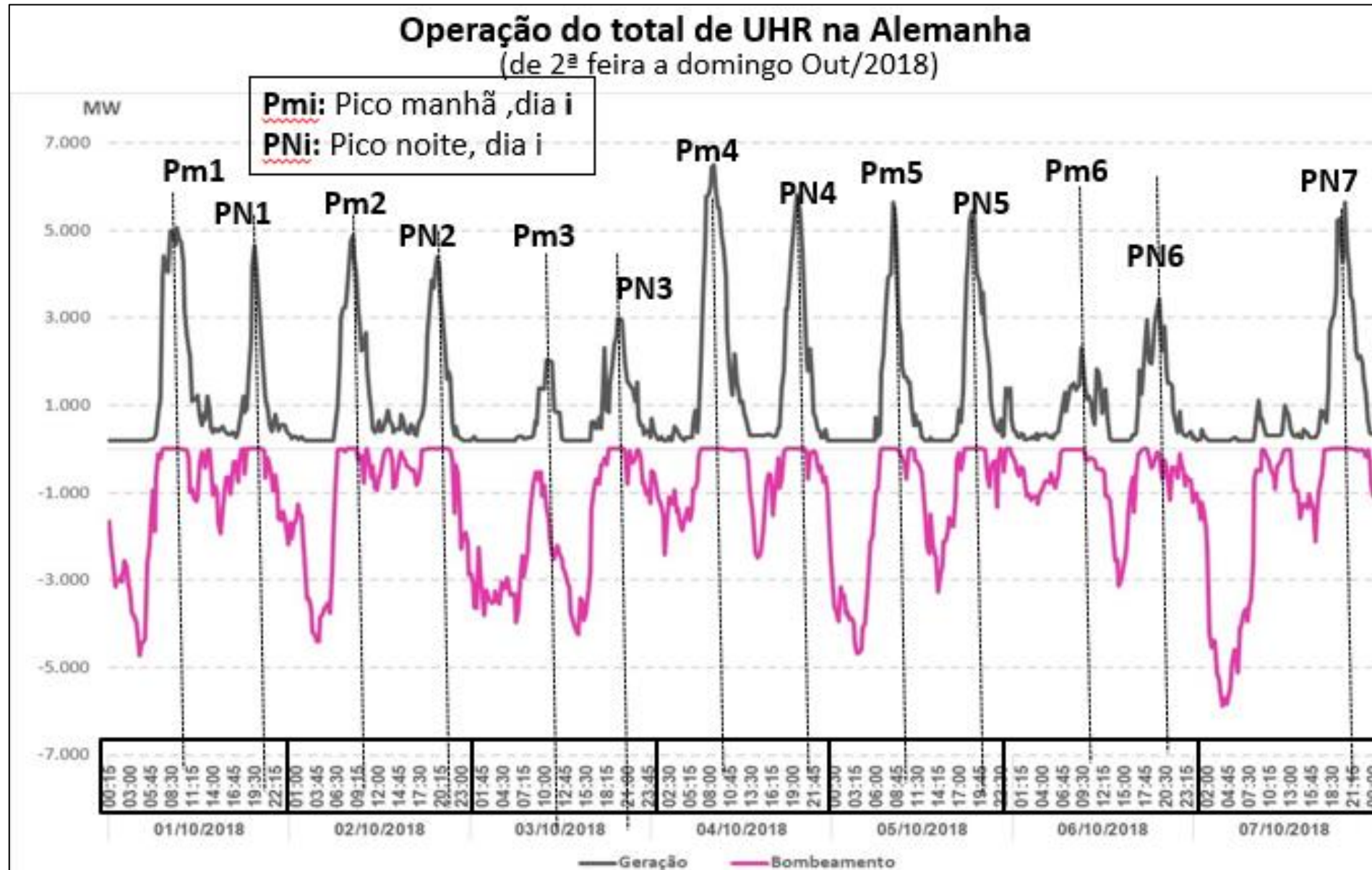
Geração (MW) na Unidade Assíncrona e Unidade Síncrona - Período de 01 a 07/Agosto/2021



A Unidade Assíncrona é mais utilizada, em razão de sua maior flexibilidade operacional

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

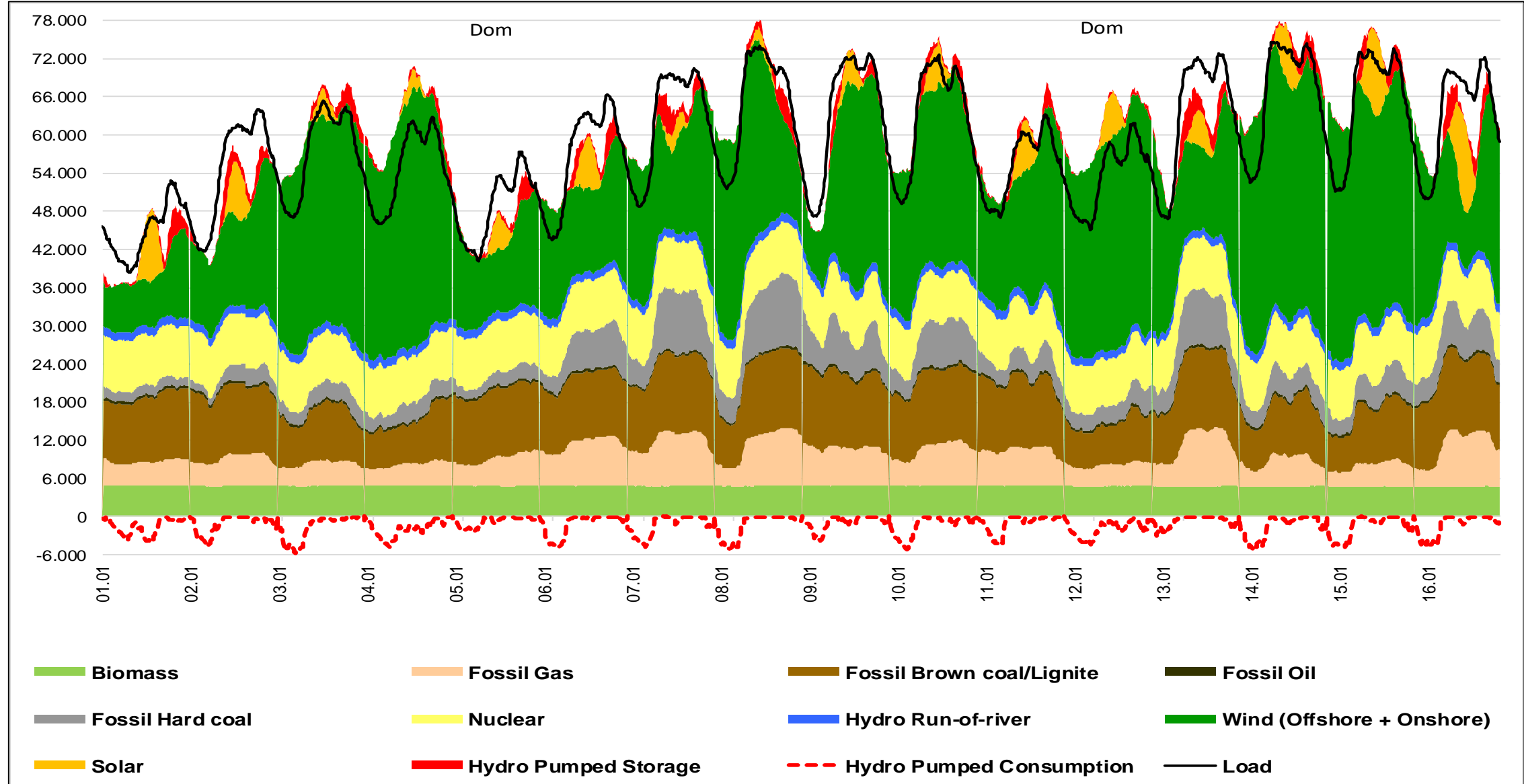
1.1.3 Usinas de Grande Porte (P > 500) MW} Alemanha



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte (P > 500) MW} Alemanha

Participação no Portfólio de Geração/ Consumo Alemanha (1 a 16/01/2020: Inverno)



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte (P > 500) MW} Alemanha (01 a 25/08/2021: Verão)

Figura 1- Geração Hidráulica

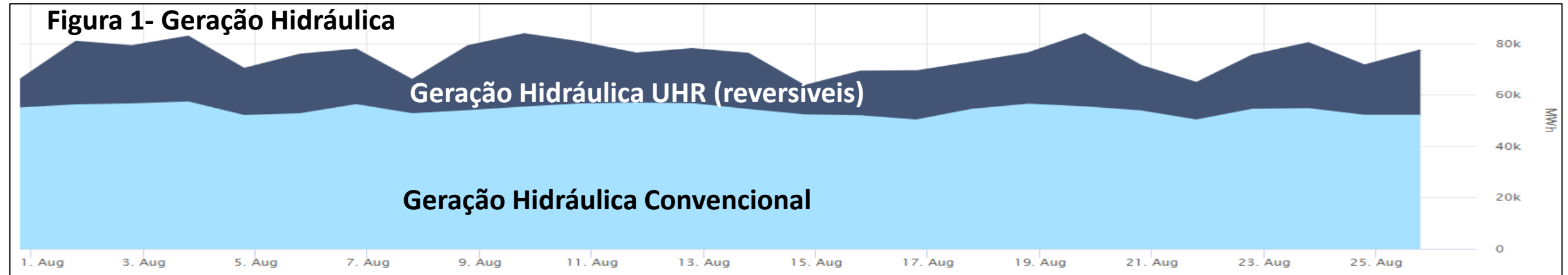
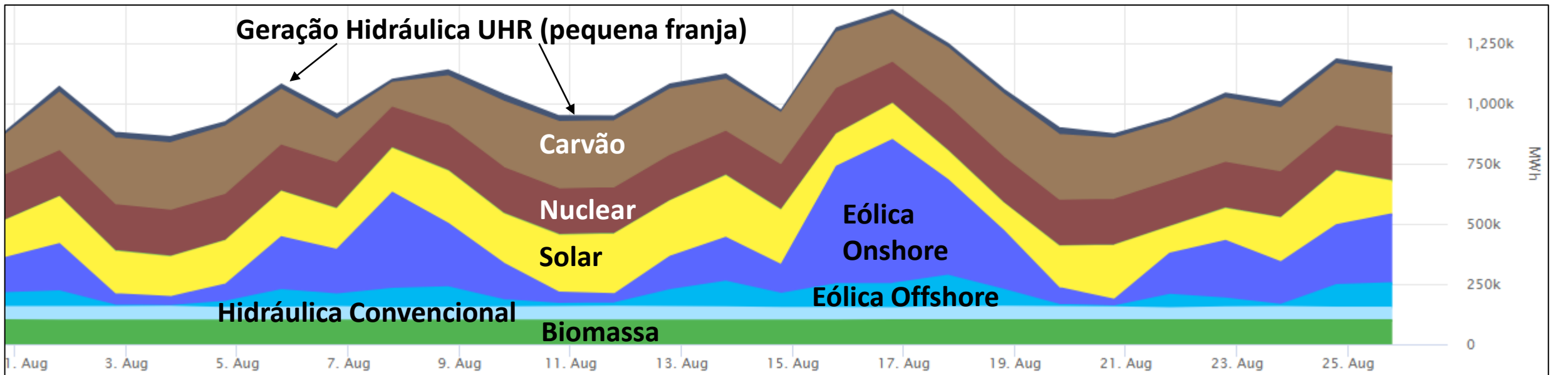


Figura 2- Todas as Fontes

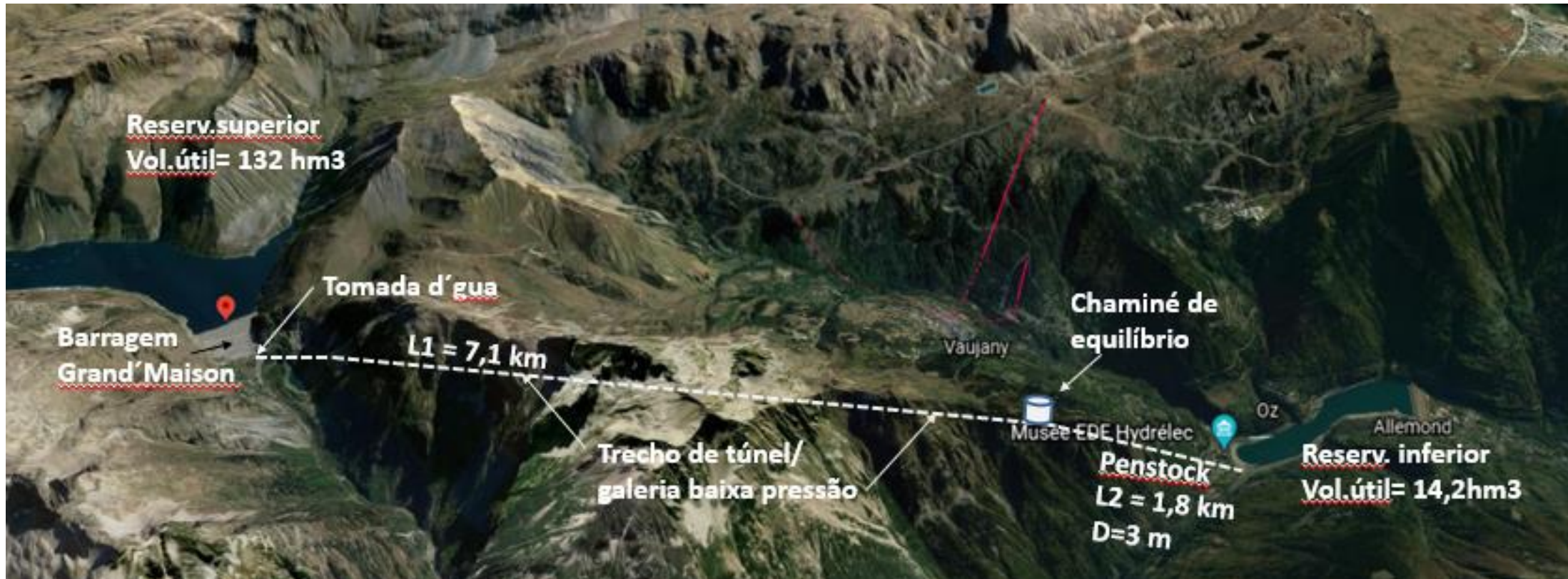


Ponto para Reflexão: UHR não resolve Problema Energético – é para Estabilização Grid, etc

1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte ($P > 500$) MW). Ex2:

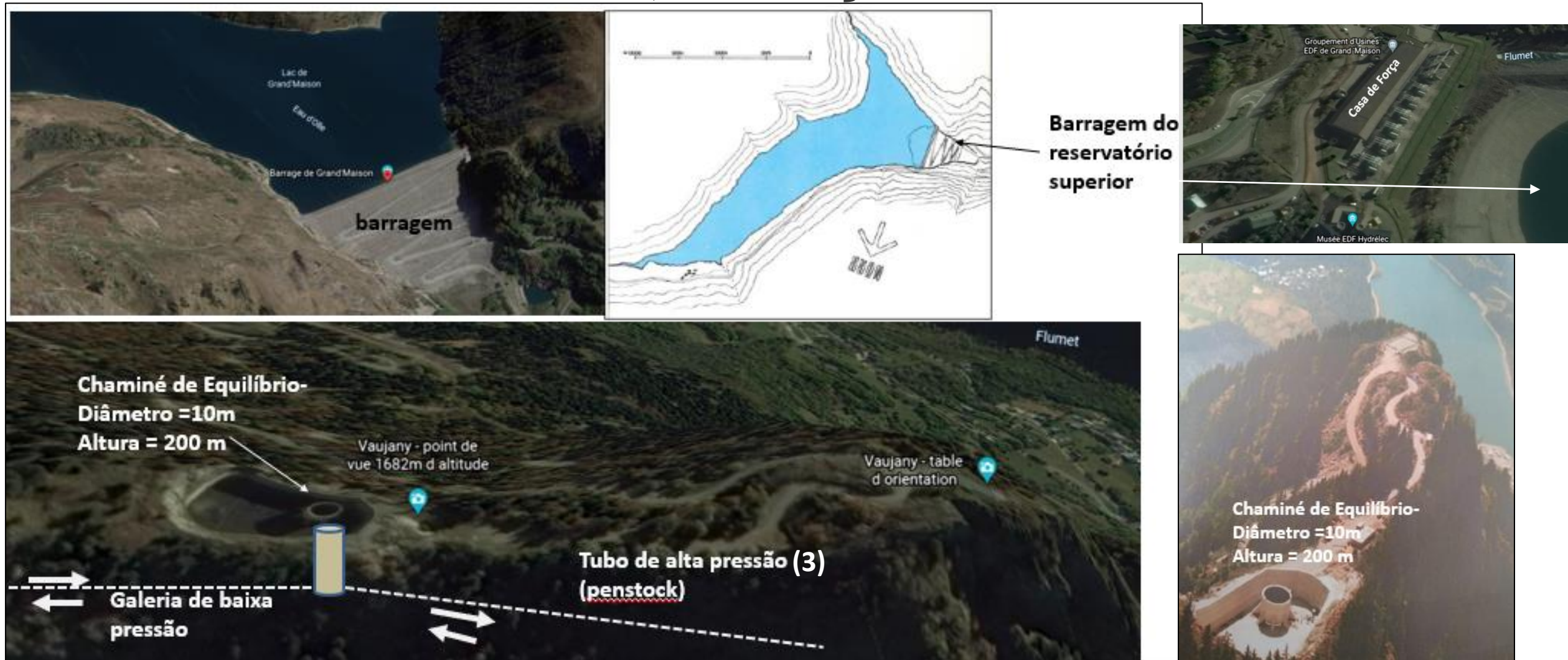
UHR Grand´Maison, França (1800 MW, 4 turbinas Pelton-150MW, 8 turbinas-bombas Francis-150MW)



1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.1.3 Usinas de Grande Porte ($P > 500$) MW). Ex2:

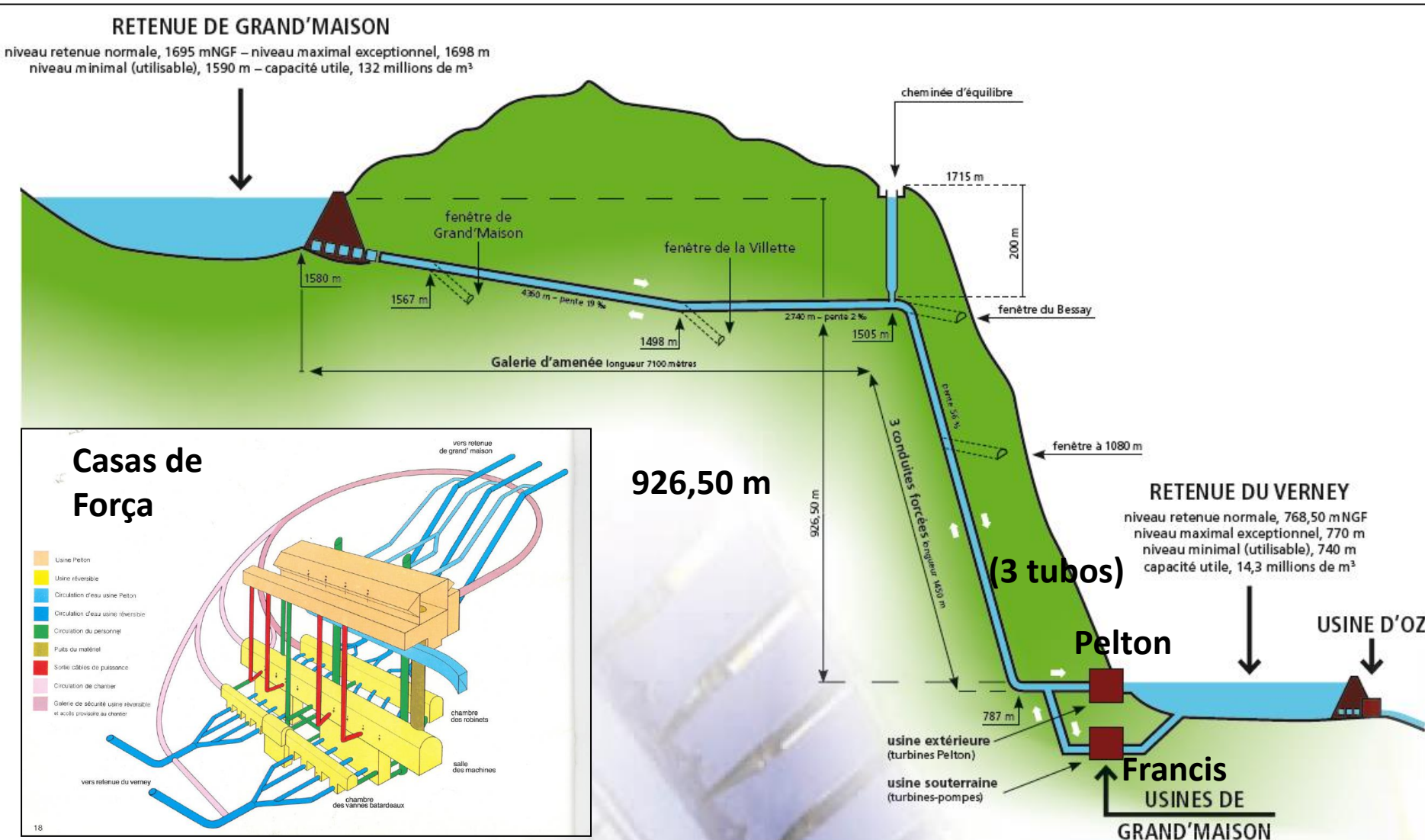
UHR Grand´Maison, França (1800 MW)



1.1.3 Usinas de Grande Porte (P > 500) MW). Ex2: UHR Grand'Maison, França (1800 MW, 4 turbinas Pelton, 8 turbinas-bombas Francis)

Obs.
Combinação harmoniosa entre Peltons (4) e Turbinas-Bombas reversíveis (8 Francis) usando boa parte de infra-estrut.comum

Peltons são usadas na Partida das Turbina-Bombas modo Bombeamento



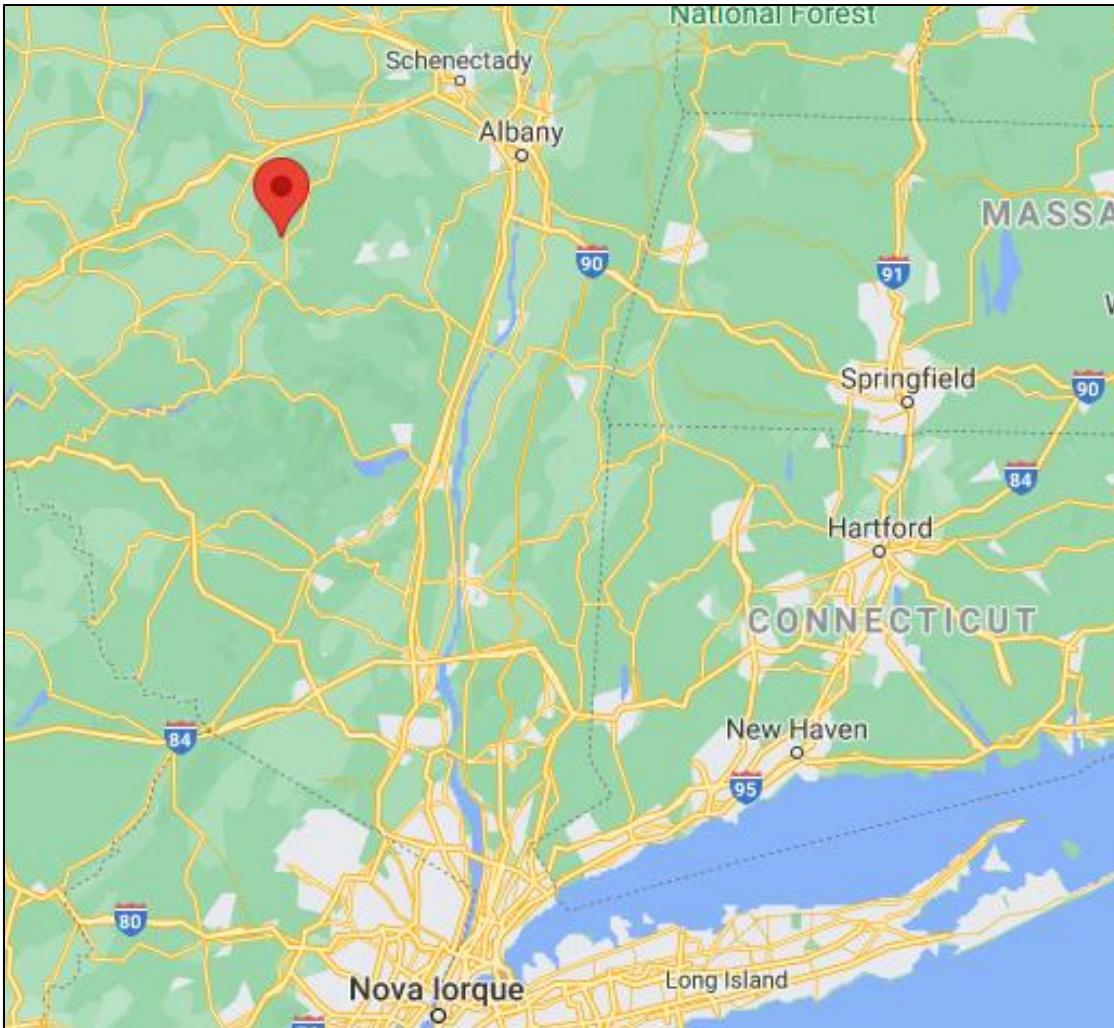
1. Alguns Aspectos da Diversidade de Projetos

1.2 Escolha de Locais, Arranjos das Obras e seus Componentes

Alguns Fatores Determinantes de Escolha de Locais para Implantação de UHRs

- Necessidade do Sistema Elétrico (Regional ou Nacional). Exs. Japão (década 70) e Suíça (2012) – ambas associadas a Nuclear
- Existência de queda adequada
- Oportunidade de aproveitamento de infraestrutura existente (exs. reservatório de UHE existente, túneis, etc)
- Condições adequadas locais (geomecânicas, hidrologia, etc) para as obras
- Proximidade de linha de transmissão (para facilitar produção e suprir carga de bombeamento)
- Inexistência de restrições socio-ambientais, ou existência de restrições que possam ser contornadas/ mitigadas
- Outros

1.2.1 A UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York



Potência:
1.160 MW
(4 turbina-bombas
de veloc. Fixa, 257
rpm, Hitachi)

Queda:
H = 325 a 348 m

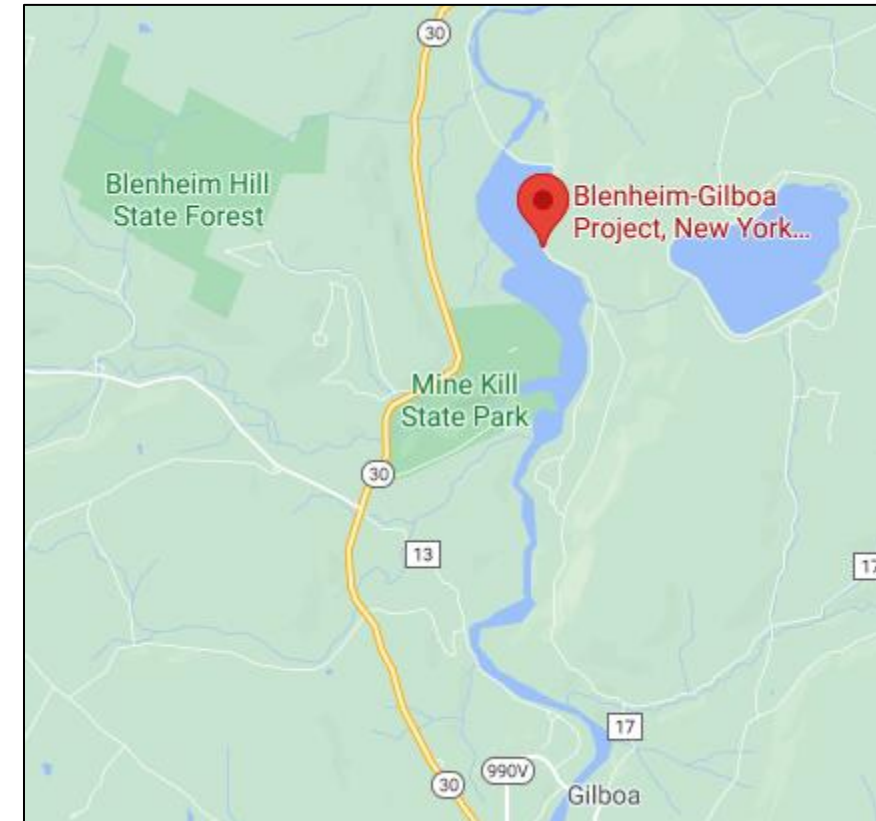
Comissionamento:
1973

Modernização:
2007 a 2009

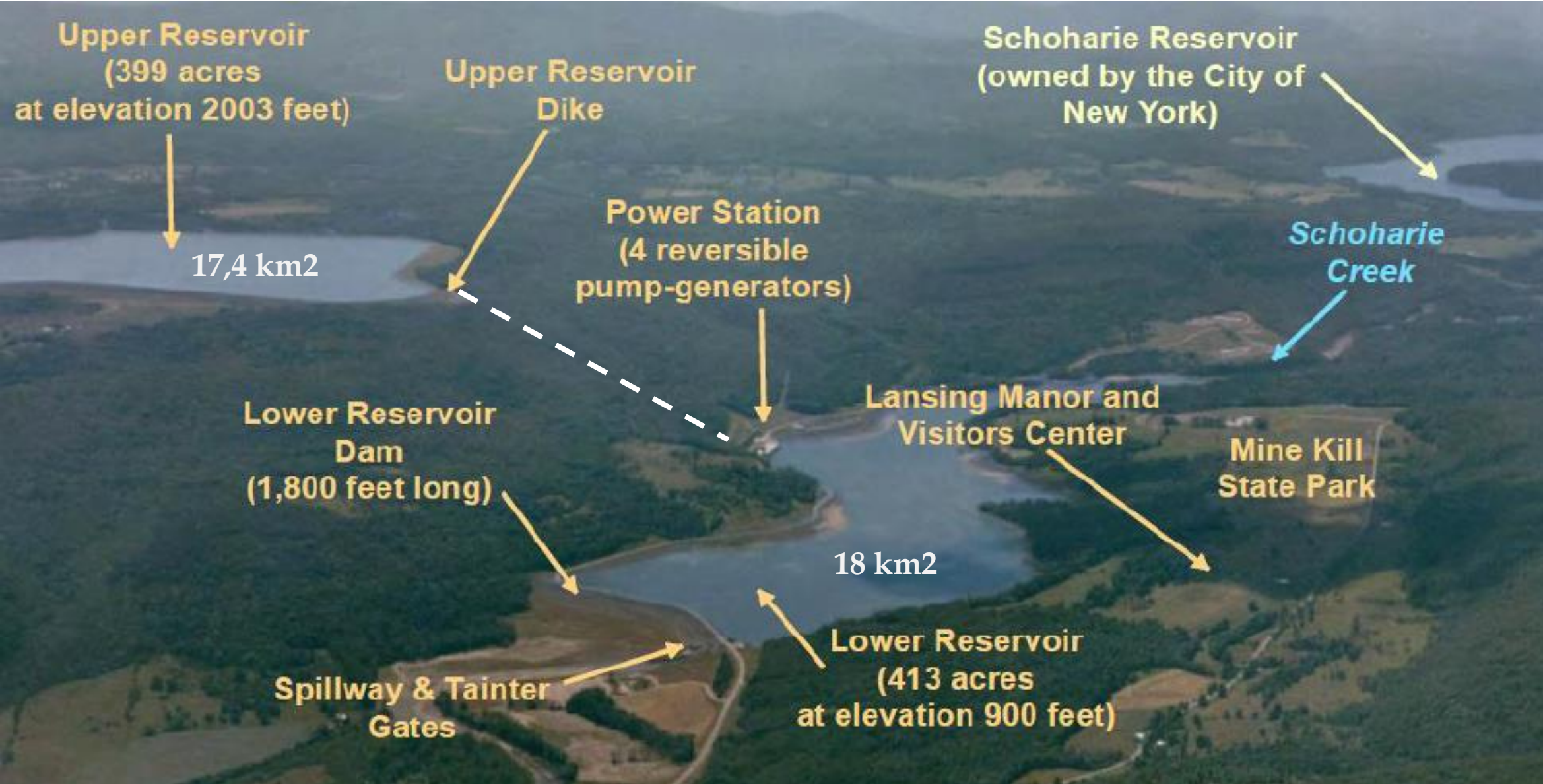
Relicenciamento
(FERC):

Em 2019 por
período: +50 anos

Empresa Concessionária: NYPA:
New York Power Authority



1.2. 1 A UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York



1.2.1 A UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York

Vista da Casa de Força



Motivações para o Projeto (1967-68): Provisão de:

- despacho rápido para atender pico de demanda
- seguimento /acompanhamento da carga, permitindo manter constante a geração de base (ex.nuclear)
- suporte a regulação de voltagem no grid
- reserva girante
- geração de back up (emergência)

1.2. 1 UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York

Histórico de Operação- Anos iniciais (MWh)

Calendar Year	Total Pumping	Total Generating	System Support
1973	672,089^a	453,045^a	7,516.5^a
1974	1,174,861	1,226,957	11,442.7
1975	1,758,586	1,226,602	10,861.8
1976	1,916,470	1,316,763	13,049.0
1977	1,437,361	983,686	12,935.0
1978	1,760,019	1,205,625	14,113.0
1979	1,749,931	1,187,857	13,722.0
1980	<u>2,345,000^b</u>	<u>1,724,000^b</u>	<u>14,000.0^c</u>
TOTAL	13,381,317	9,324,535	97,620

Histórico de Operação- Anos Recentes

Média 2007-2016:

Geração média:
374.800 MWh/ano

Bombeamento médio:
540.217 MWh/ano

Eficiência média: 69,4%

Eficiência Média ciclo Geração/Bombeamento = 9.422 GWh / 13.381 GWh = 70%

Fonte: Dames and Moore/ U.S. Army of Engineers, An Assessement of Hydroelectric Pumped Storage, Nov. 1981

1.2. 1 UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York

QUESTÕES e RESPOSTAS DO NYPA (2020): Group C - Questions for the Operation Planning Division

Q.3) How is the typical operation cycle of PSH plants of NYPA in the U.S. markets? For example, daily cycle, weekly cycle or seasonal cycle?

Daily Cycle. Summer is the peak season, followed by winter, and then the spring/autumn shoulder months of low demand when most maintenance outages are performed. Different regions of the country have different characteristics. For example, California now has such solar and wind capacity that pumping is occasionally performed during the day, rather than strictly at night.

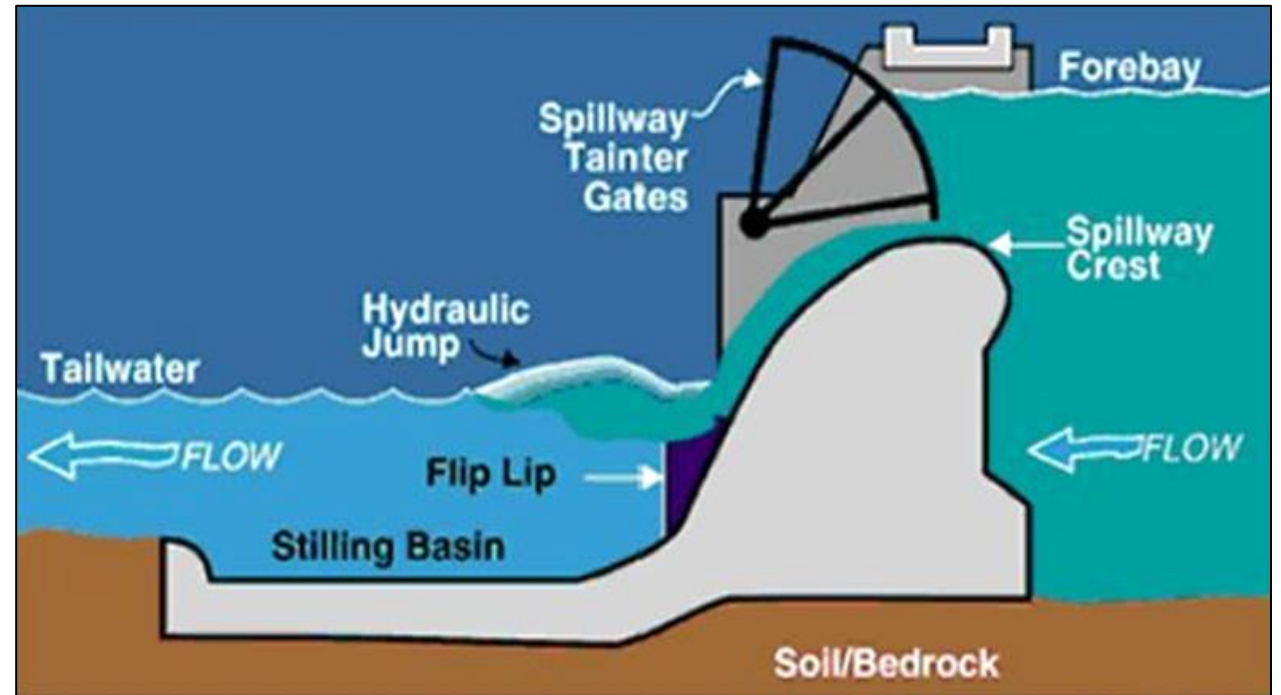
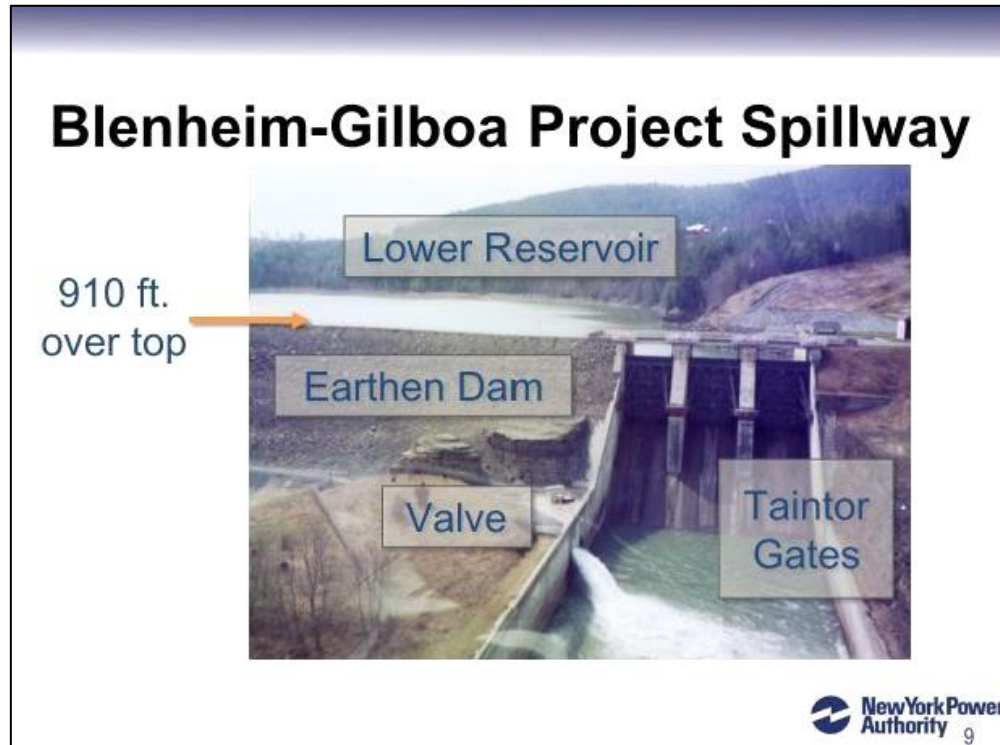
Q.5) Which is the contribution of PHS plants during outages of other plants or transmission lines? Is there a plant priority dispatching rule? how is the position of the PSH plants on this priority sequence ? How these type of generators are used / dispatched during emergency needs?

PSH are dispatched as needed to support the system based on NYISO projections and/or load requirements (Open Market).

Transmission System Operators will dispatch generators to perform during contingencies and emergencies.

1.2. 1 UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York

2. 1 Obra civil - o Caso do Vertedor do Reservatório Inferior



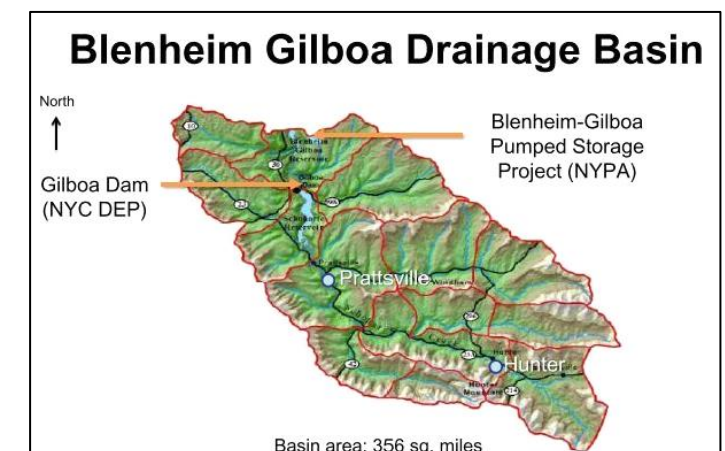
Comportas:
**Abrem a 30 cm/
Minuto**



**Requerem
42 minutos até abertura total**

Bacia de
Drenagem de
911 km²:

Precisa
Vertedor



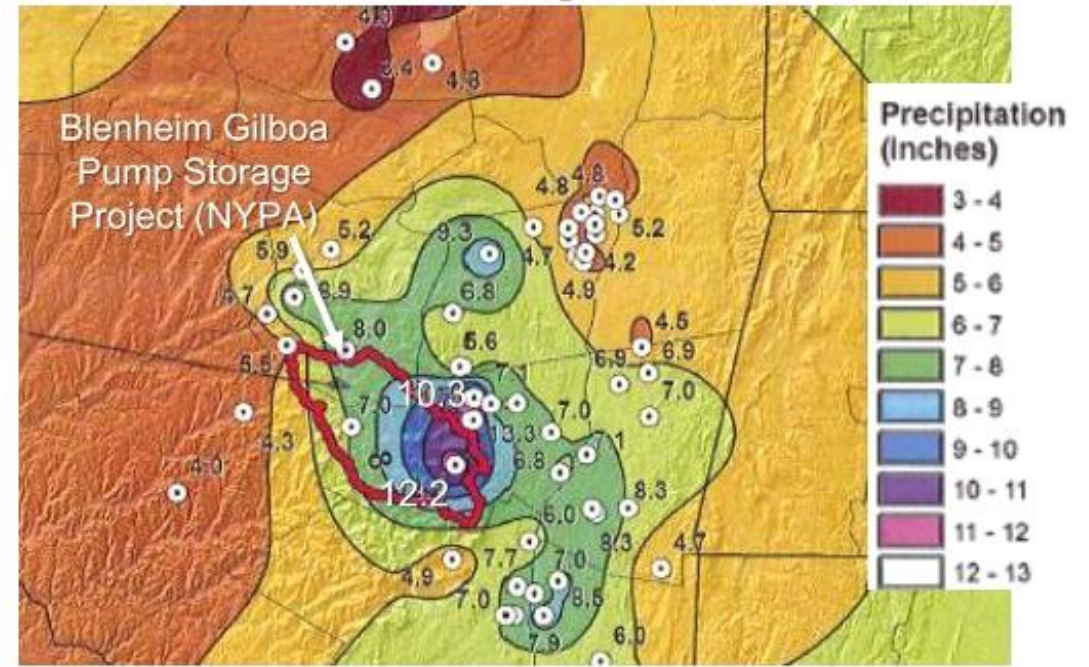
1.2. 1 UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York Obra civil – o Caso do Vertedor do Reservatório Inferior

Hurricane / Tropical Storm Irene Projection as of August 24, 2011



15

Rainfall Totals: August 27-30, 2011

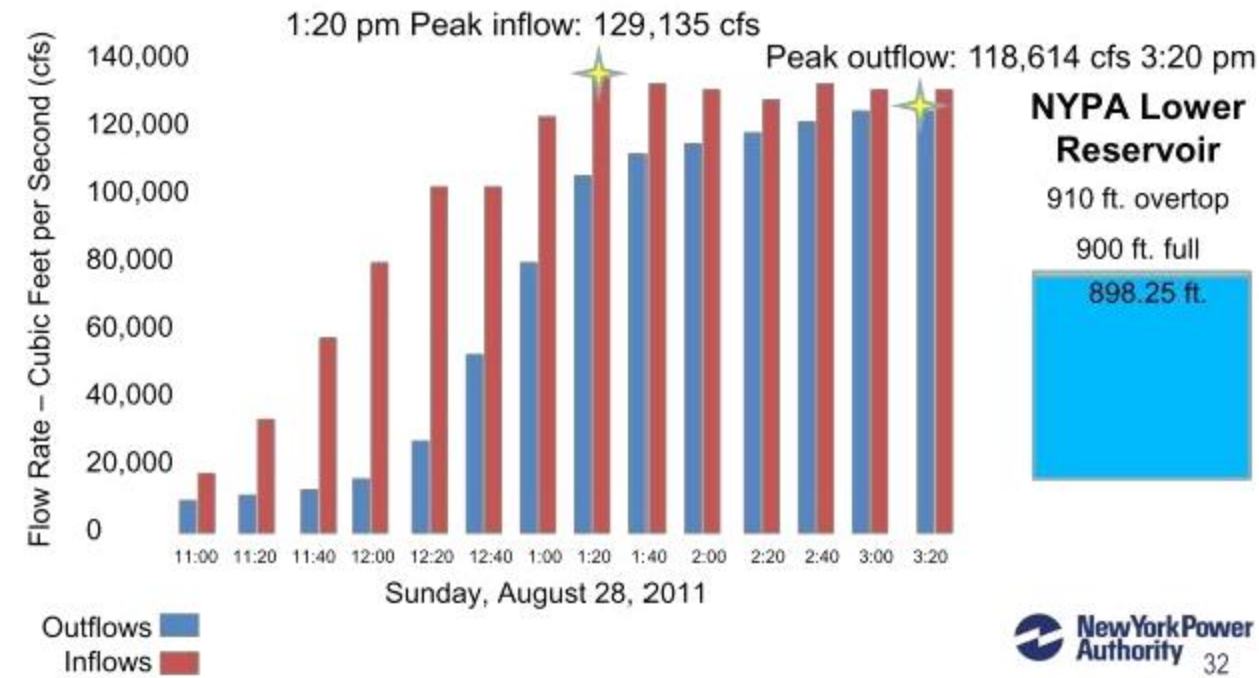


1.2. 1 UHR Blenheim-Gilboa, estado de Nova York

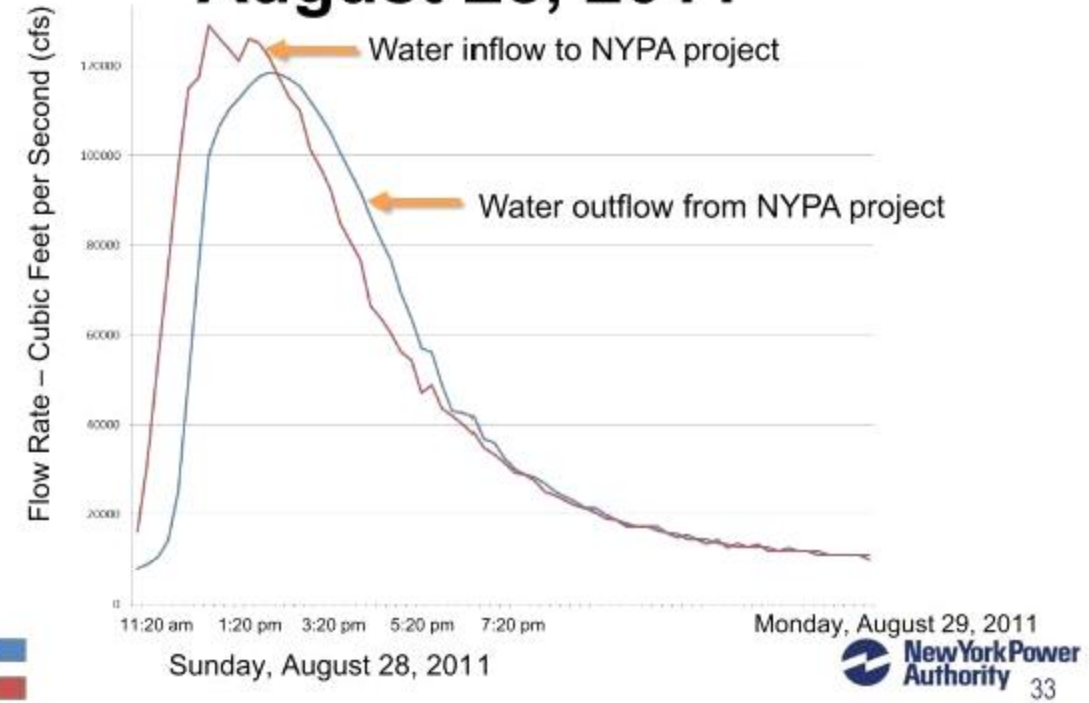
Obra civil – o Caso do Vertedor do Reservatório Inferior

Evolução da Enchente durante o Furacão IRENE, 24/08/2011

Tropical Storm Irene Response Sunday, 3:20 p.m.



Water Flow Peak Shaved August 28, 2011



1.2.2 UHR Bath County - EUA

A UHR, localizada no estado da Virginia, foi concebida no início dos anos 1960 para **complementação de termelétricas a carvão e usinas nucleares**, e para o atendimento de uma **demanda de ponta** que crescia naquela época.



UHR Bath County - EUA

A necessidade sistêmica de operação em ciclos diários **demandam potência, mas pouco armazenamento.**

Assim, locais com grandes desníveis naturais são desejáveis, mas **não há necessidade da criação de grandes reservatórios.**

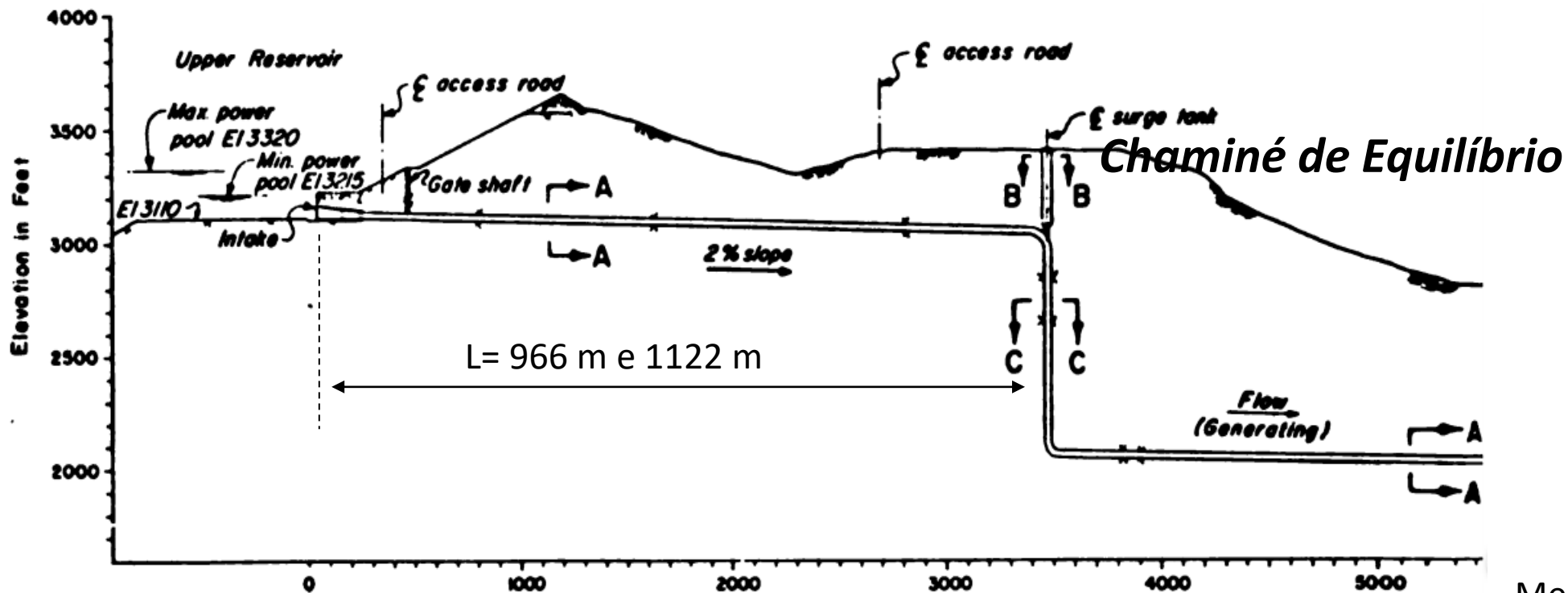
1.2.2 UHR Bath County - EUA

Dois corpos d'água correm em paralelo (2,8 km) e com um *desnível natural de aproximadamente 380 m*, criando condições muito favoráveis para a implantação de uma UHR.



1.2.2 UHR Bath County - EUA

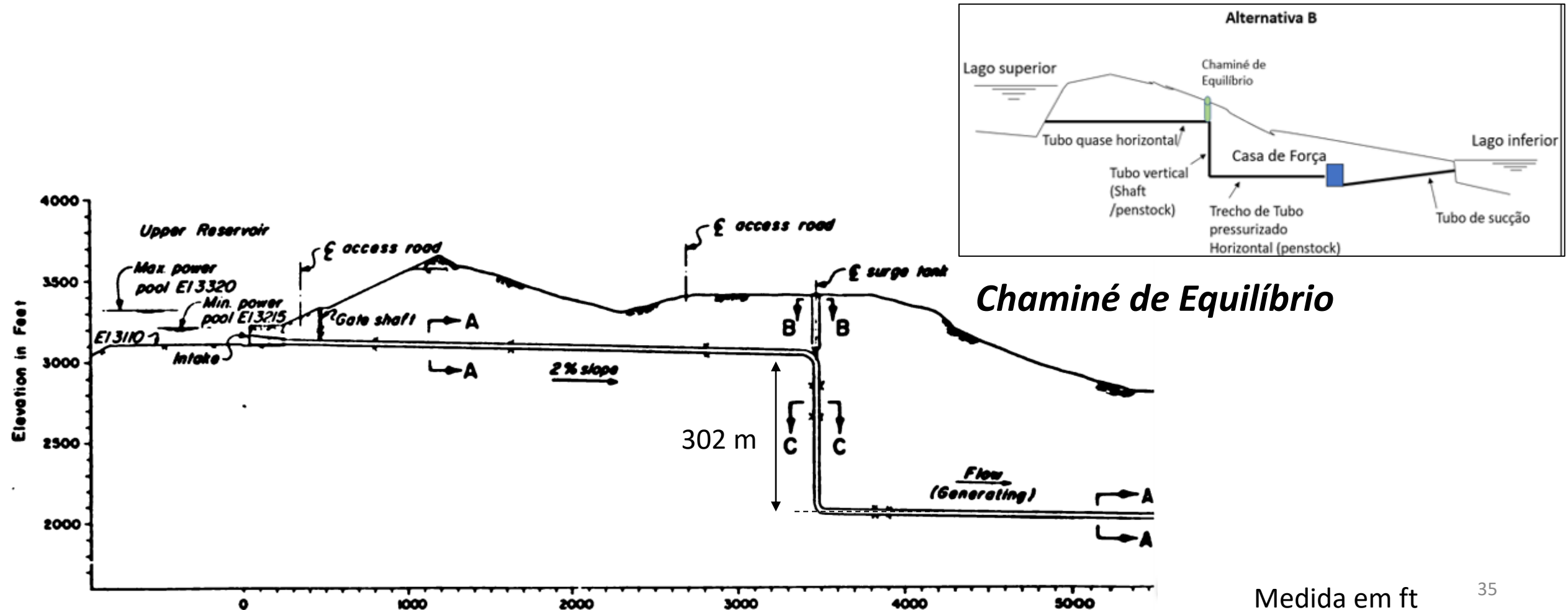
Do reservatório superior, saem três condutos escavados em rocha com paredes de concreto de 8,7 m de diâmetro em direção ao reservatório inferior, com comprimentos entre 966 m e 1122 m.



Medida em ft

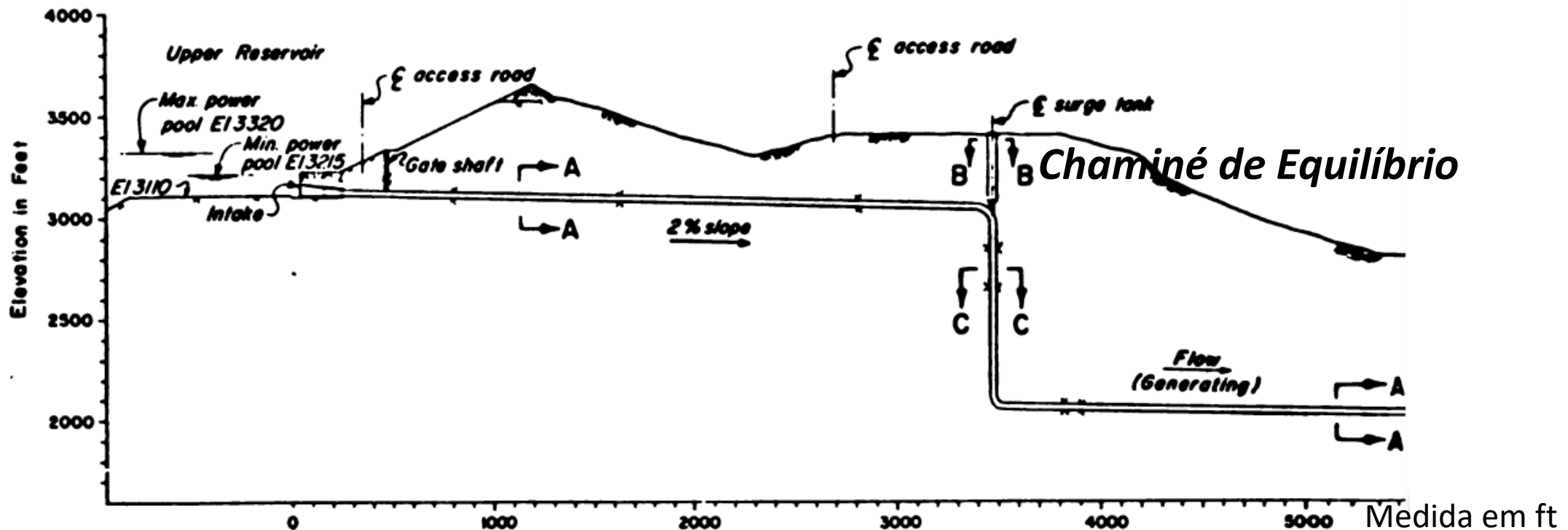
1.2.2 UHR Bath County - EUA

Cada conduto é dividido em dois segmentos horizontais com 2% de inclinação (superior e inferior) que são conectados, aproximadamente no meio de seu comprimento total, por um *shaft* vertical de 302 m.



2.2 UHR Bath County - EUA

Cada conduto inferior se bifurca em dois, totalizando 6 condutos forçados de 5,5 m e com comprimentos que variam entre 280 m e 392 m, que se conectam cada um a uma turbina-bomba.



1.2.3 UHR Goldendale – EUA (fase de Projeto)

Potência de turbinamento	1.200 MW
Potência de bombeamento	1.200 MW
Armazenamento	14,75 GWh (12 horas)
Turbinas-bombas	3 unidades Francis
Vazão de bombeamento	190 m ³ /s
Vazão de turbinamento	234 m ³ /s
Queda bruta	731 m
Tipo de circuito	Fechado
Eficiência de ciclo	80%
Velocidade de rotação	Variável

UHR Goldendale – EUA

Localização: estado de Washington
ciclos diários.

Finalidade: operações de curto prazo para mitigação de intermitência e imprevisibilidade de fontes eólicas e fotovoltaicas.



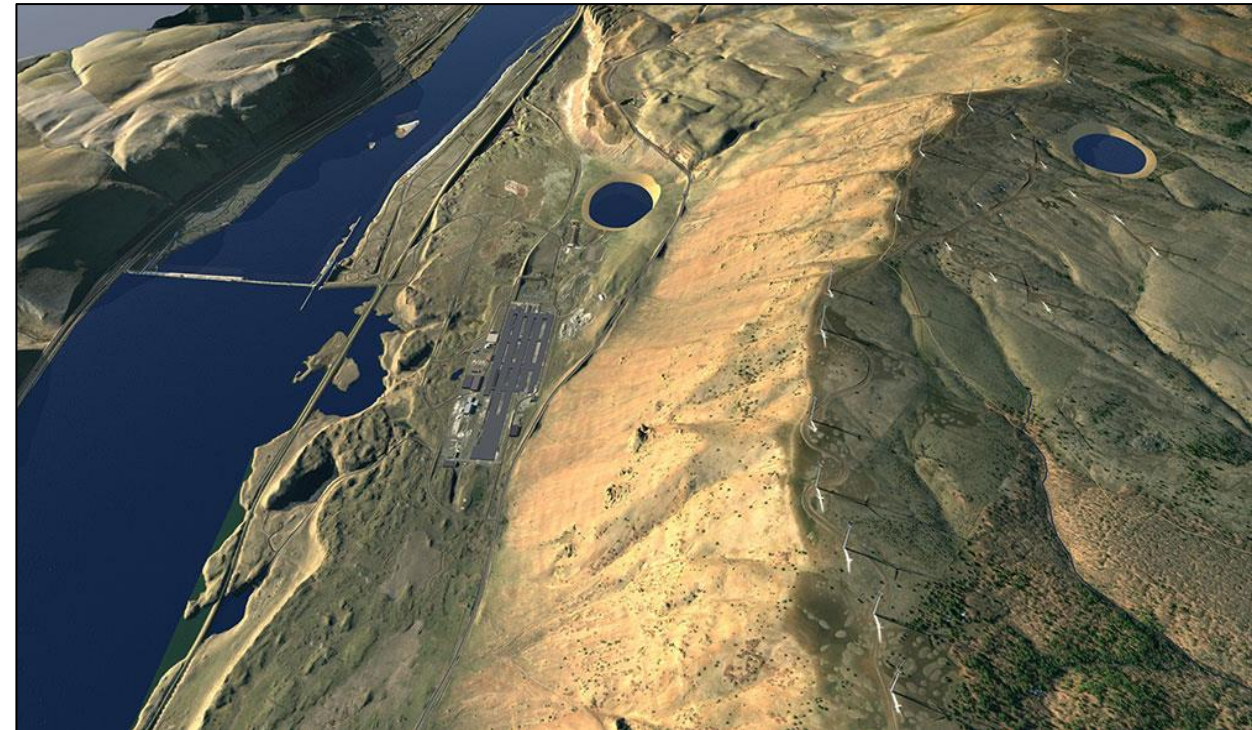
1.2.3 UHR Goldendale – EUA (fase de Projeto)

O desnível natural permite um queda bruta de aproximadamente 730m.



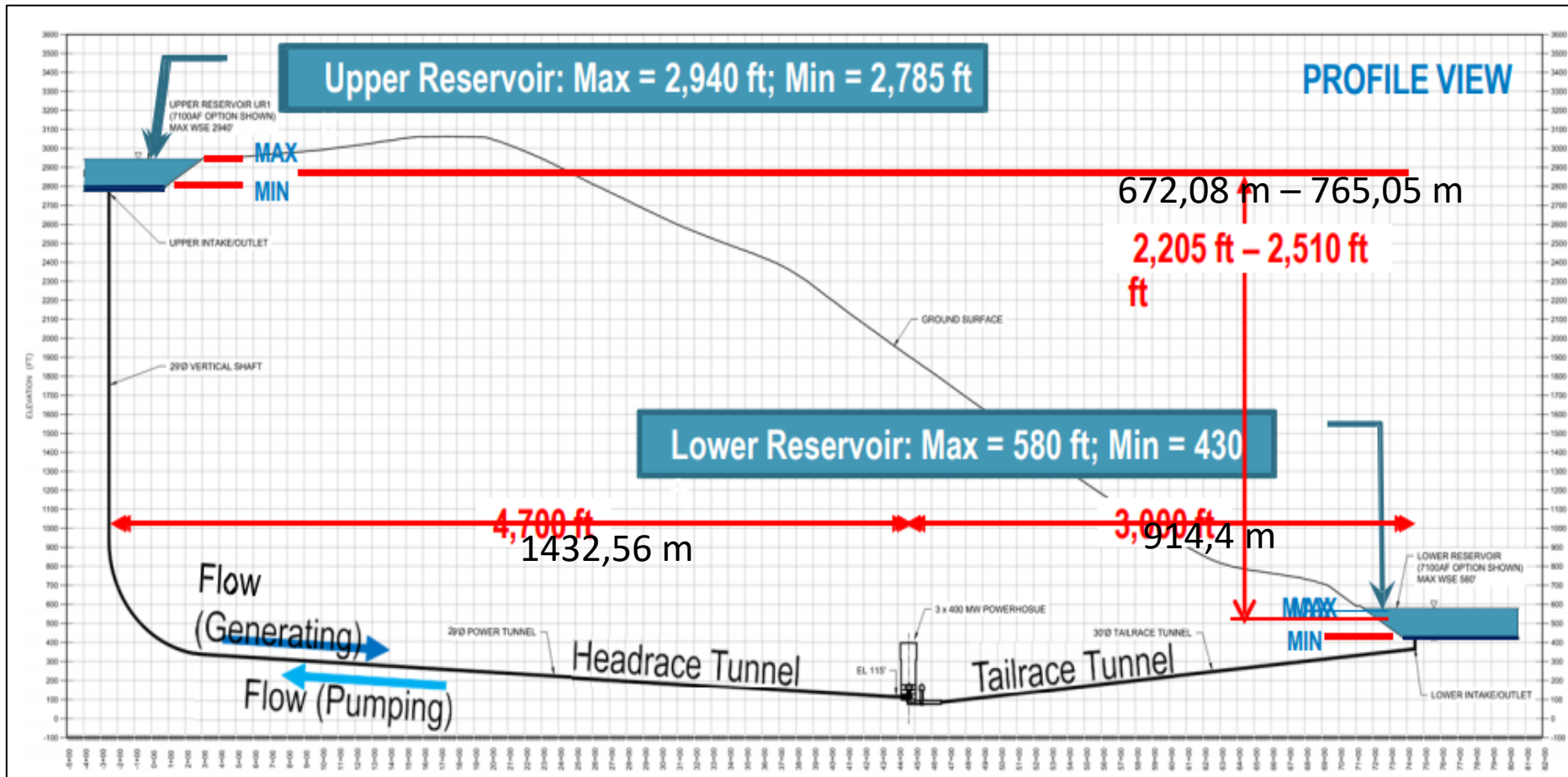
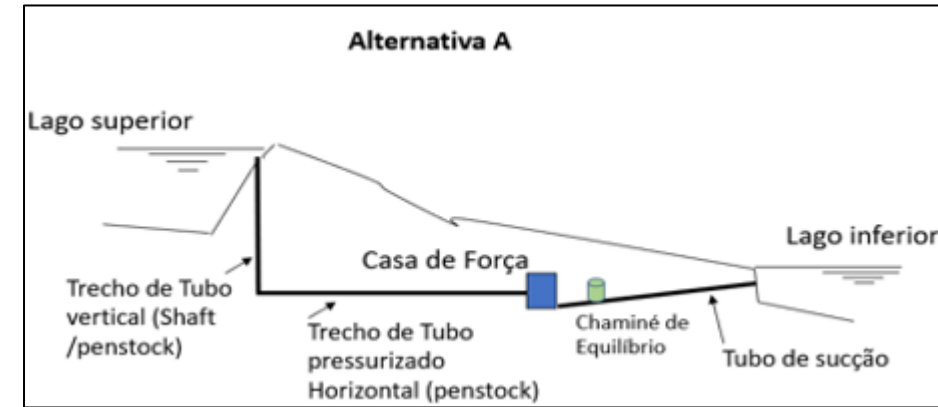
A UHR se aproveitará da estrutura existente da UHE John Day e terá ciclo fechado.

O volume do reservatório superior é de 8,7 hm³



1.2.3 UHR Goldendale – EUA (fase de Projeto)

Do reservatório superior, sai um conduto único de 8,8 m de diâmetro, que se divide em três de 4,6 m que se conectam cada um a uma turbina-bomba.



Obs

$L = 3.076 \text{ m}$
 $H_{med} = 731$

$L/H = 4,21$
 Um pouco acima do limite 4,0 – seria necessário chaminé. Mas não foi colocada..

1.2.4 UHR Tehri - Índia

Parâmetro	Valor
H max Turbinam.	219,4 m
H min Turbinam.	120,4 m
H max bombeam. (inclui perdas)	229,5 m
H min bombeam. (inclui perdas)	130,5 m
Volume Res.sup	2.600 hm ³
H nominal	188 m
Turbina-bomba (veloc. Variável)	Francis
Rotação	206 a 250 rpm
Q nominal Turb	4 x 146,9 m ³ /s
Q nominal Bomb.	4 x 109,5 m ³ /s
Potência	4 x 250 = 1.000 MW

Obs. Hmax bomb/Hmin bomb= 1,76 –exige Máquinas de velocidade Variável

UHR Tehri - Índia

A UHR fará parte de um complexo existente no norte da Índia, com duas UHEs em cascata já em funcionamento. Será a maior UHR da Índia em potência instalada e aproveitará a capacidade de armazenamento existente de 4000 hm³.

The Tehri PSP and pump-turbine sets are designed *for a large head variation of 90 m, which would be amongst the largest head variation in such plants worldwide.*



1.2.4 UHR Tehri - Índia



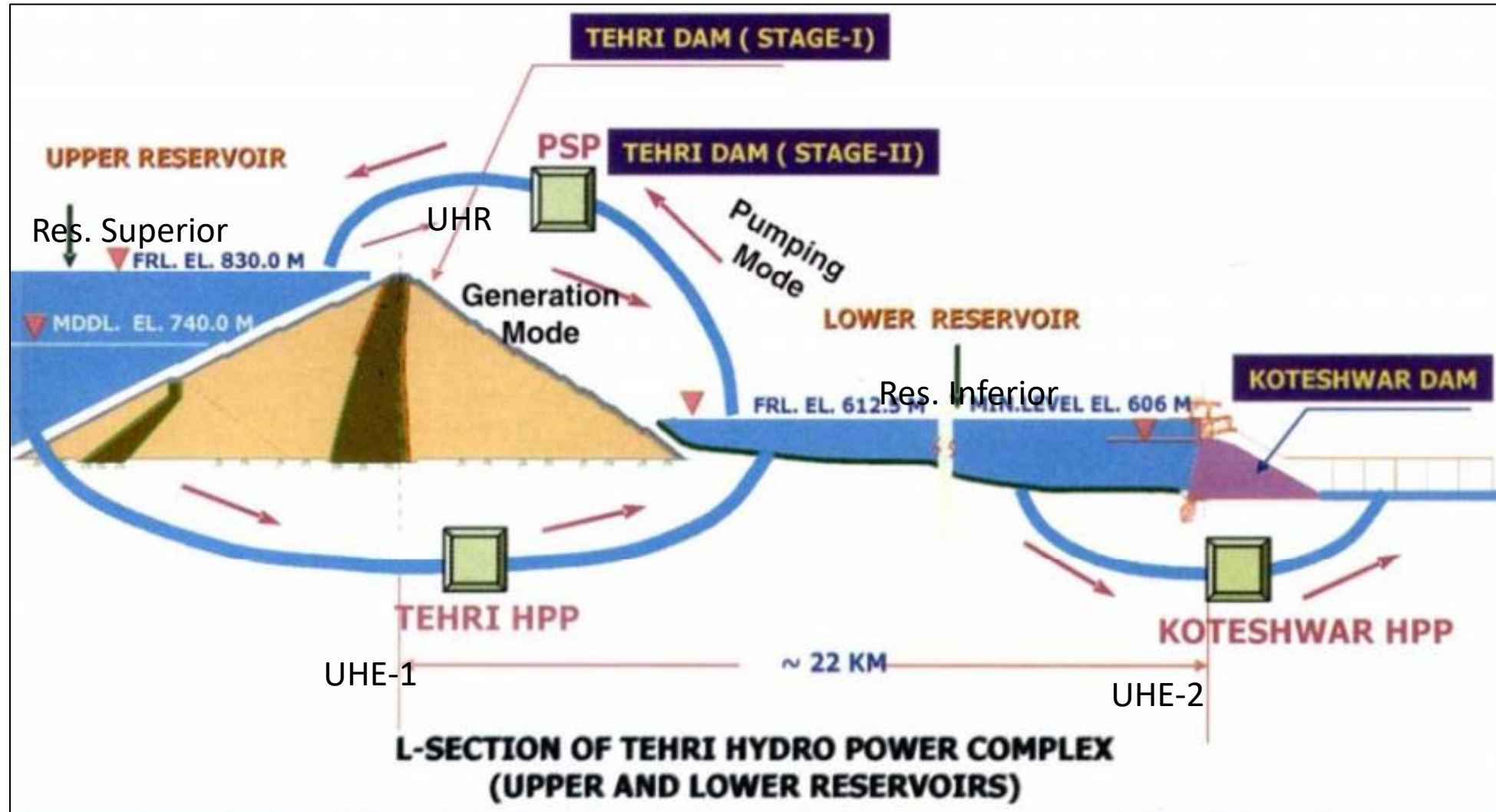
UHR Tehri - Índia

A região é montanhosa e adequada para conseguir grandes desníveis com pouca área alagada.

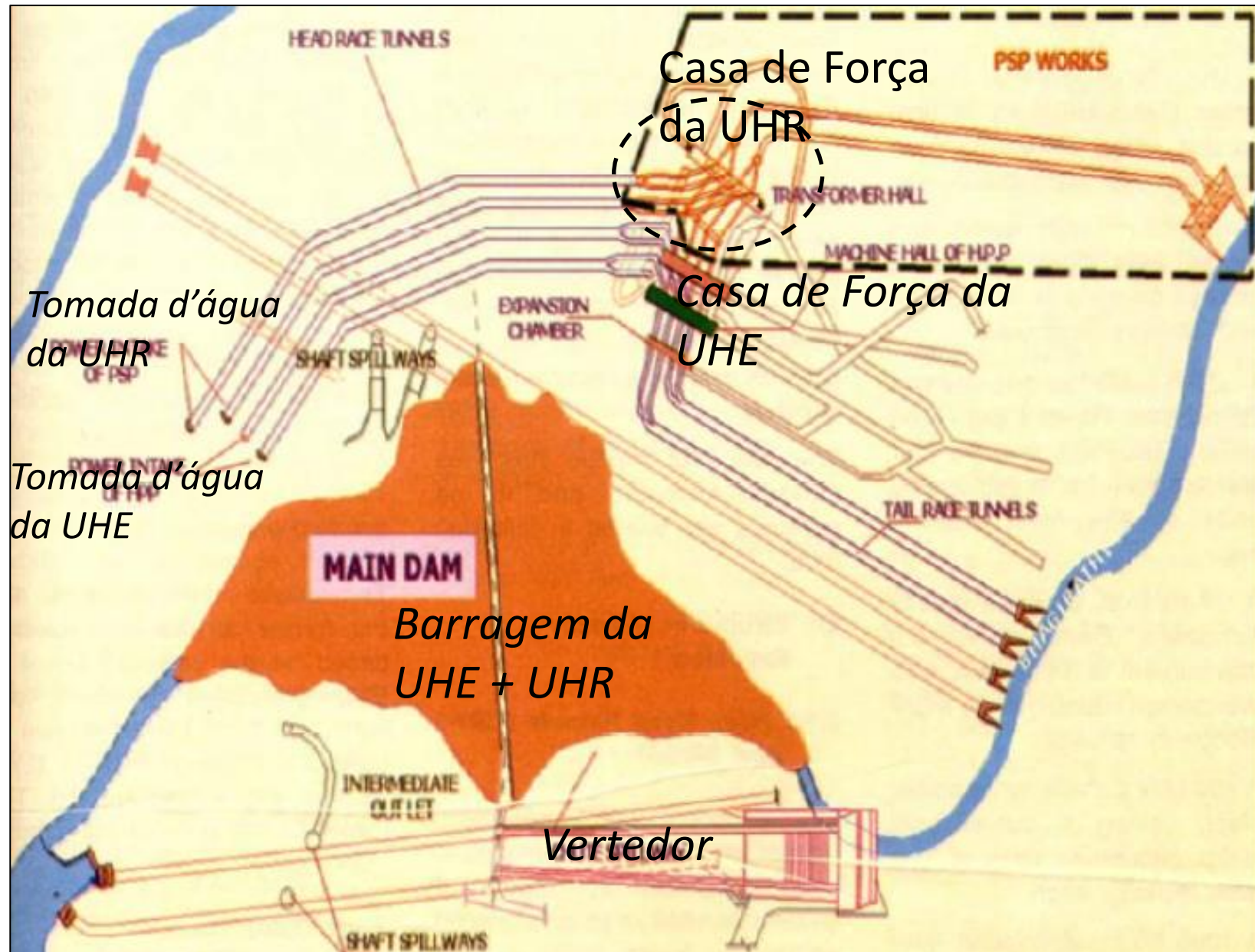
O principal objetivo da UHR é o **armazenamento sazonal**. O reservatório se enche durante o período de monções (junho a setembro) e é esvaziado nos demais

1.2.4 UHR Tehri - Índia

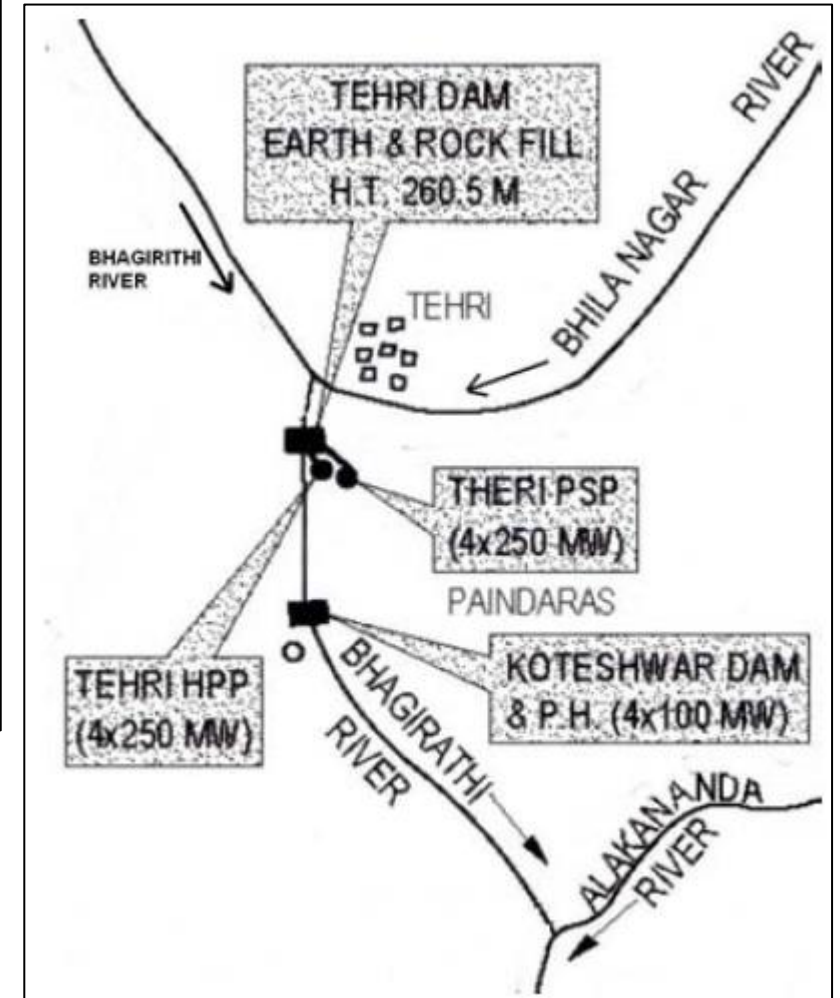
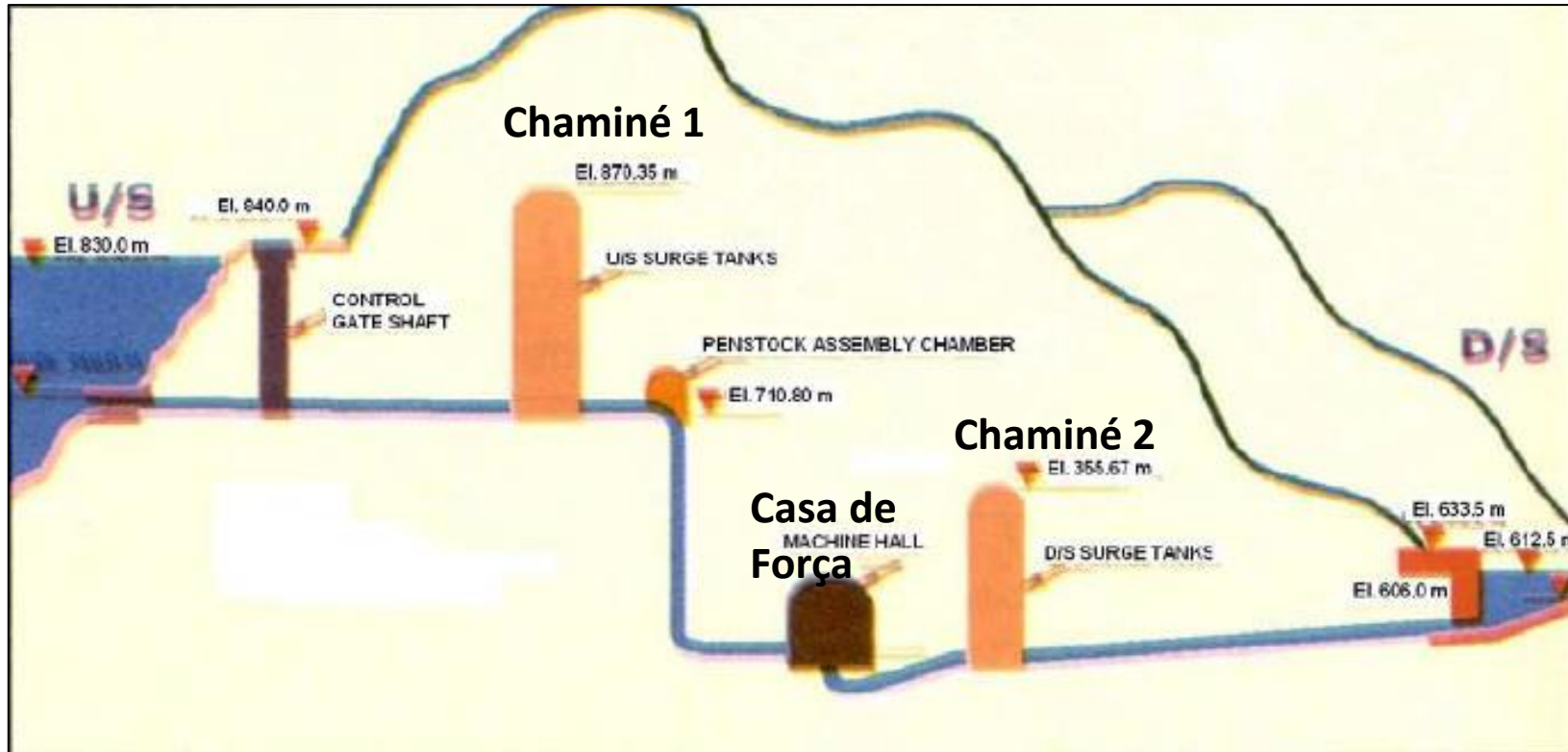
Serão instaladas 4 máquinas reversíveis de velocidade variável na UHE existente de Tehri (1.000 MW). A jusante desta barragem, está a UHE Koteshwar (400 MW).



1. 2.4 UHR Tehri - Índia



1.2.4 UHR Tehri - Índia



1.2.5. CONCLUSÕES PARCIAIS SOBRE ARRANJOS E ESCOLHA DE LOCAIS PARA UHRs

a) Bons Projetos de UHR dependem de bons Arranjos, com aproveitamento de oportunidades locais. É o caso de:

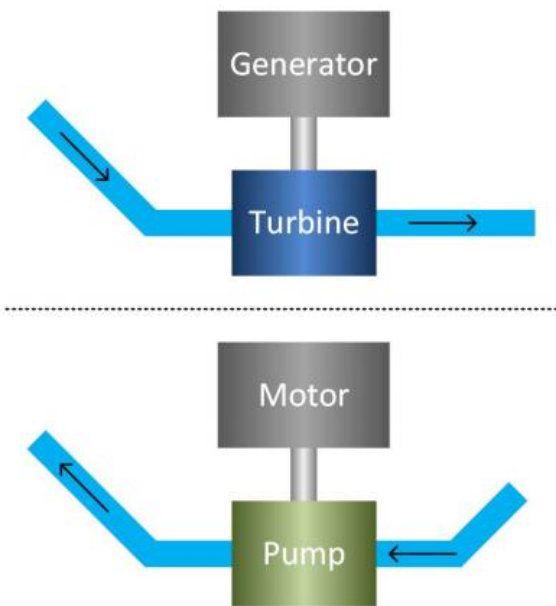
- UHR Bath County (rios próximos, com desnível grande desnível: 380 m)
- UHR Goldendale (730m de desnível, com aproveitamento de UHE existente John Day)
- UHR Tehri – Máximo aproveitamento, em ***Complexo Hidroelétrico***

b) Bons Projetos pode ter longa durabilidade e fluxo de benefícios. Ex. UHR Blenheim-Gilboa (47 anos de funcionamento), que teve ampla modernização (2009) e cuidados com Vertedor (ação de extremos — cheia de TR = 500 anos- Furacão IRENE, 2011)

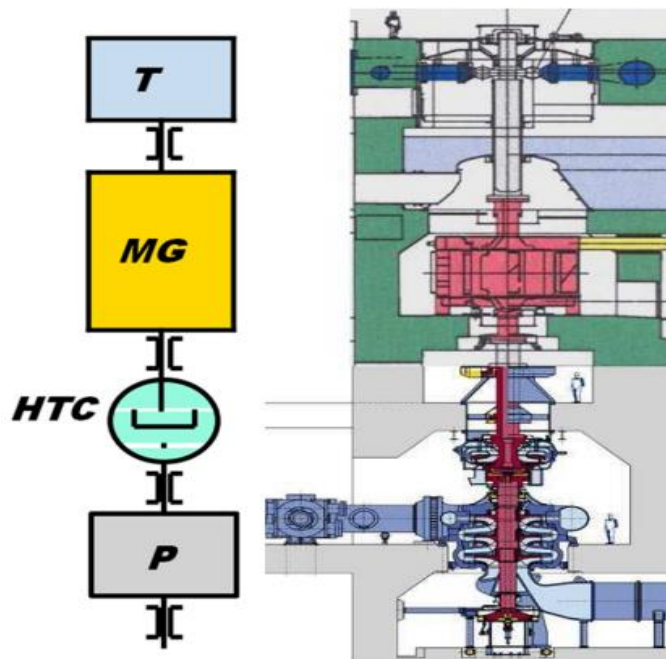
2. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

2.1 Quanto ao Arranjo das Unidades

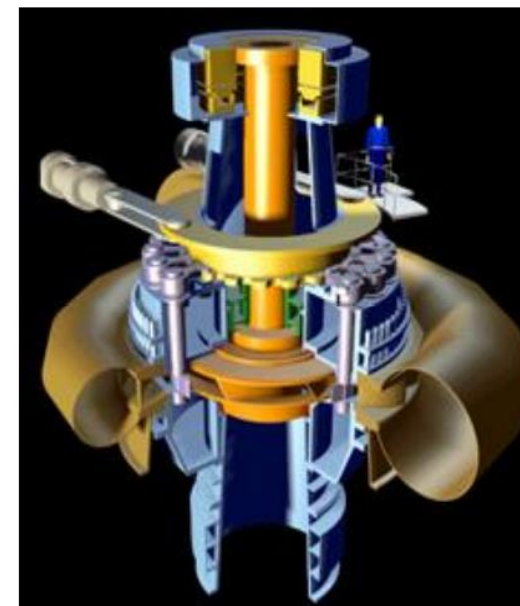
Conjunto Quaternário



Conjunto Ternário



Conjunto Binário



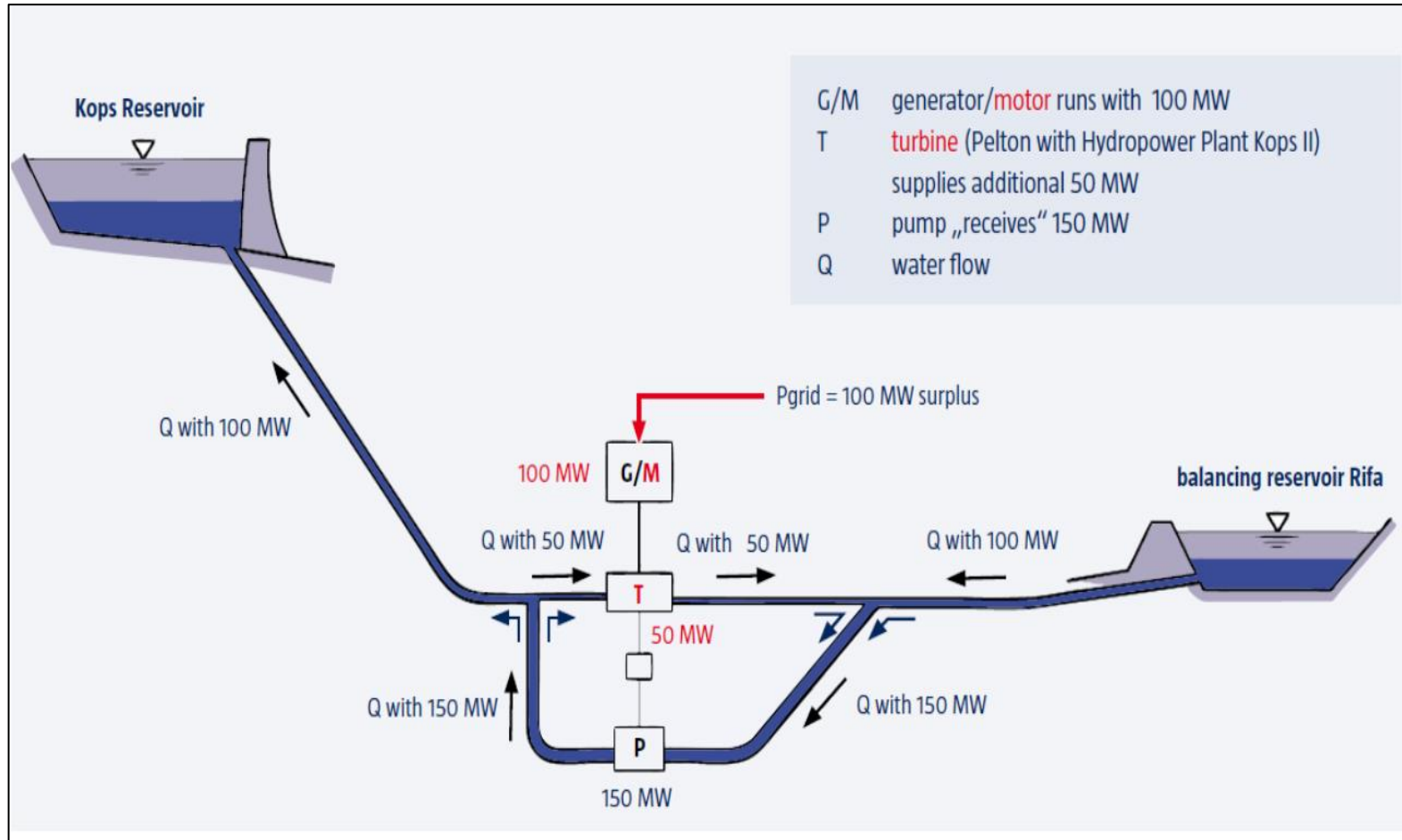
Motor-Gerador

Turbina-Bomba

2. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

2.2 Quanto ao Modo de Operação:

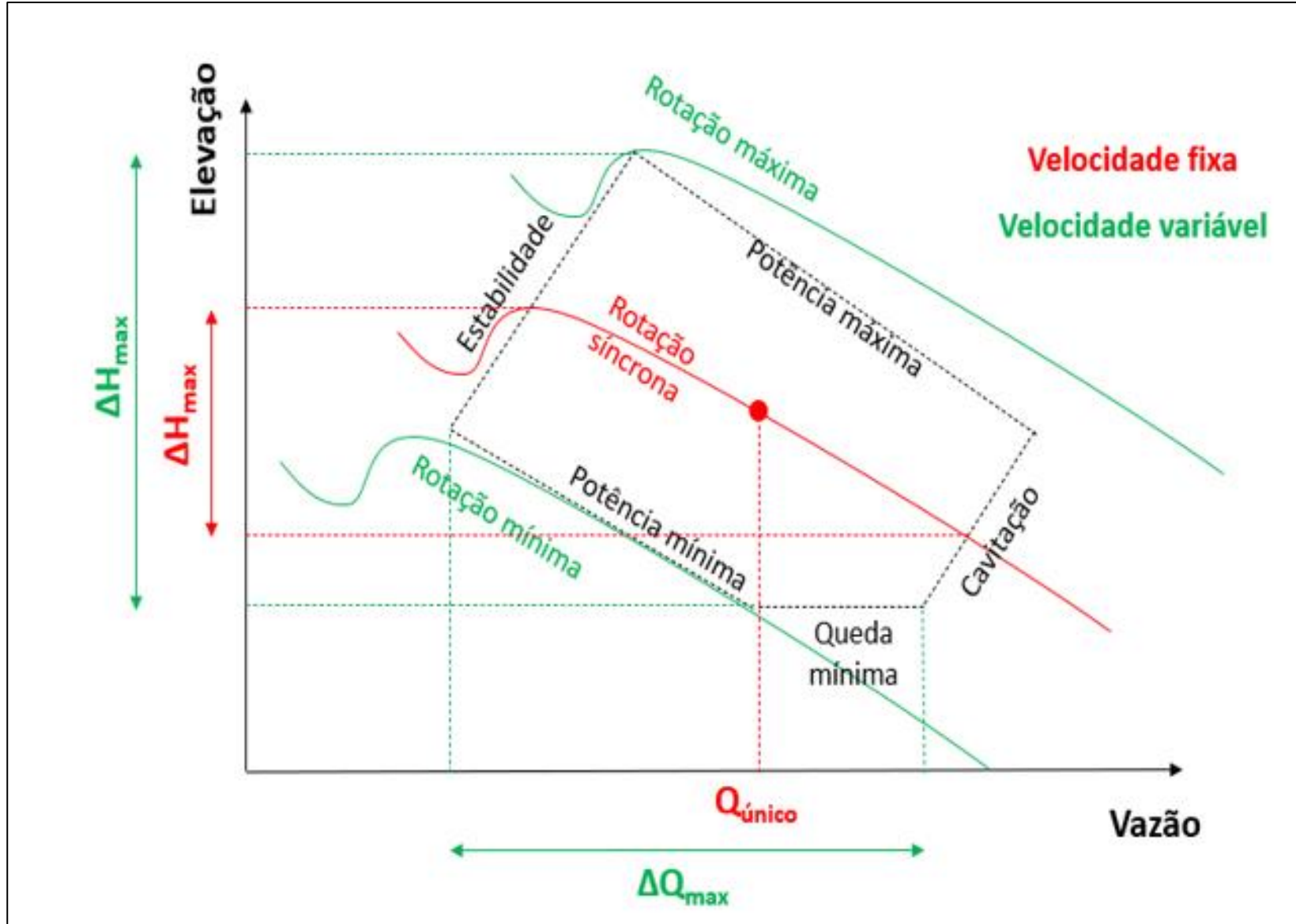
Operação em Curto-Circuito Hidráulico



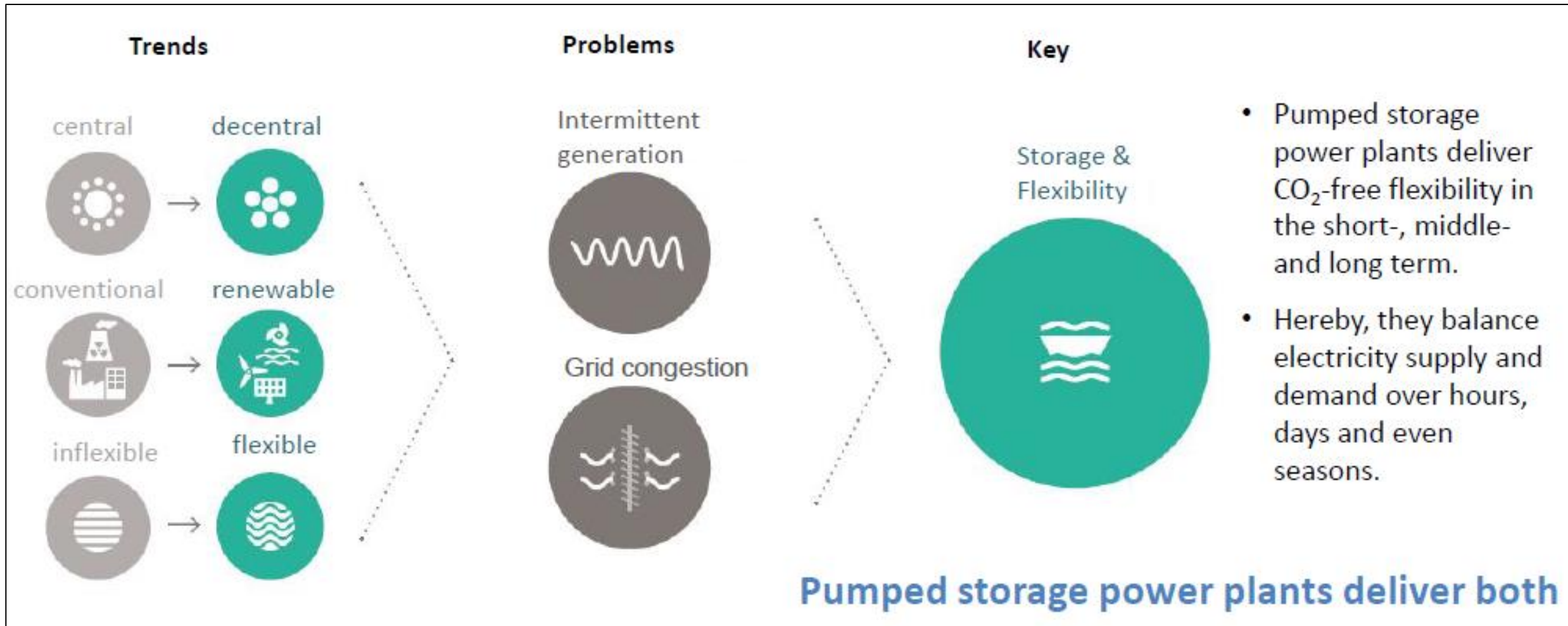
A bomba opera com potência fixa de 150 MW. Já a turbina gera 50 MW de potência, fazendo com que o consumo líquido da UHR seja de 100 MW, ou seja, menos que a potência nominal da bomba

2. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

2.3 Quanto à Variação do Ponto de Operação: Máquinas de Velocidade Variável



2. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA: Necessidades dos Sistemas de Potência Atuais e do Futuro



3. CONCLUSÕES (1)

Usinas Hidrelétricas Reversíveis são /podem ser:

- **Armazenamento de Energia**
- **Carga (útil para controle de frequência/ suporte de reativos no grid)**
- **Geração**
 - de rápida despachabilidade
 - flexibilidade operacional (rampas / descidas)
 - para seguimento de carga
 - Peak shaving
 - Provisão de capacidade
 - Estabilização do grid

3. CONCLUSÕES (2)

- **As UHRs são um caso particular de Usinas Hidrelétricas-UHEs, com a inserção dos equipamentos/máquinas para o ciclo de Bombeamento**
- **Muitos dos componentes típicos das UHEs também estão presentes nas UHRs (exs. tomada d'água, circuito hidráulico, casa de força, etc)**
- **A boa concepção do arranjo das obras/ escolhas pode fazer a diferença, em ambas UHR e UHEs – nos custos e na qualidade (ambiental incluída)/funcionalidade e durabilidade das soluções**
- **É Tecnologia provada/ madura, de longa durabilidade (100 anos)**
- **Se alinham muito bem com Vocação Hidrelétrica já existente no Brasil**

**Muito Obrigado
pela Atenção**

Paulo Barbosa
franco.barbosa@gmail.com