

OBRAS DE TRANSPOSIÇÃO DE DESNÍVEL



PORTOS E VIAS NAVEGÁVEIS

Prof. Antônio Néelson Rodrigues da Silva
Prof. Adalberto Leandro Faxina

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Transportes



Introdução

- Obras de Transposição de Desníveis
 - Viabilizam sistema de hidrovias
 - Vencem barragens ou desníveis
- Tipos de Sistemas
 - Mecânicos
 - Hidráulicos



Introdução

- Sistemas Mecânicos
 - Elevadores Verticais
 - Planos inclinados
 - Rampas Hidráulicas

- Sistemas Hidráulicos
 - Eclusas

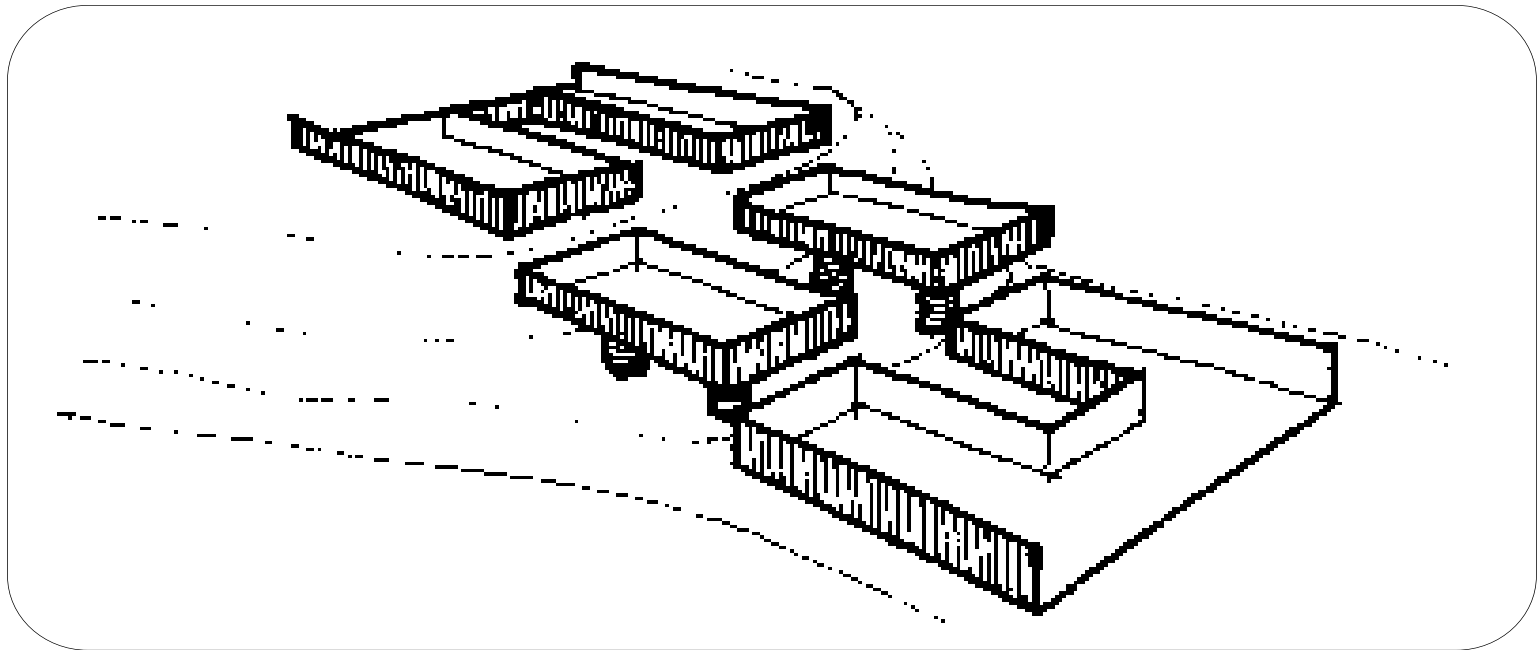


Sistemas Mecânicos

- Elevadores Verticais
 - Sistema Clark (hidráulico ou de pistão)
 - Sistema flutuante
 - Sistema funicular
- Planos inclinados
 - Funicular
 - Automotor
- Rampas Hidráulicas

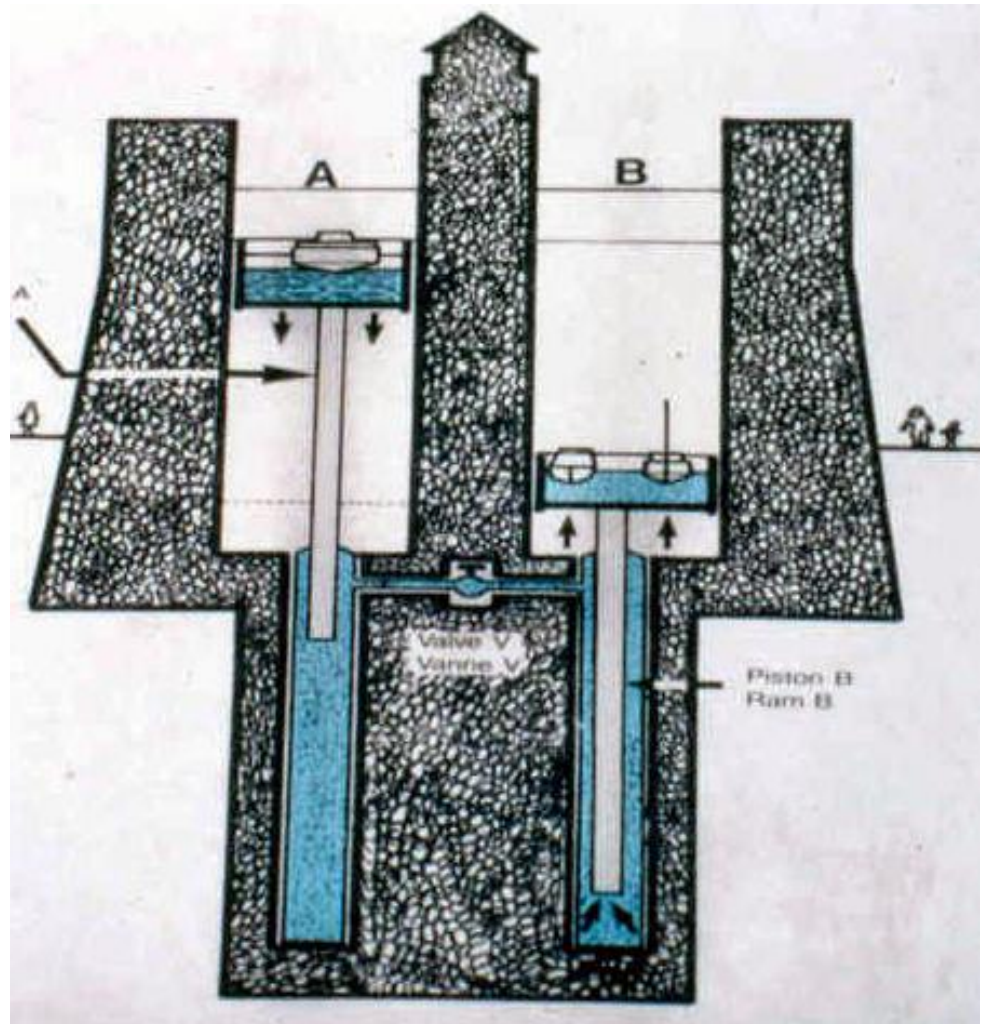
Elevadores Verticais

Sistema Clark (hidráulico ou de pistão)



Elevadores Verticais

Sistema Clark



Elevadores Verticais

Sistema

Clark

Peterborough

Ontario

Canada



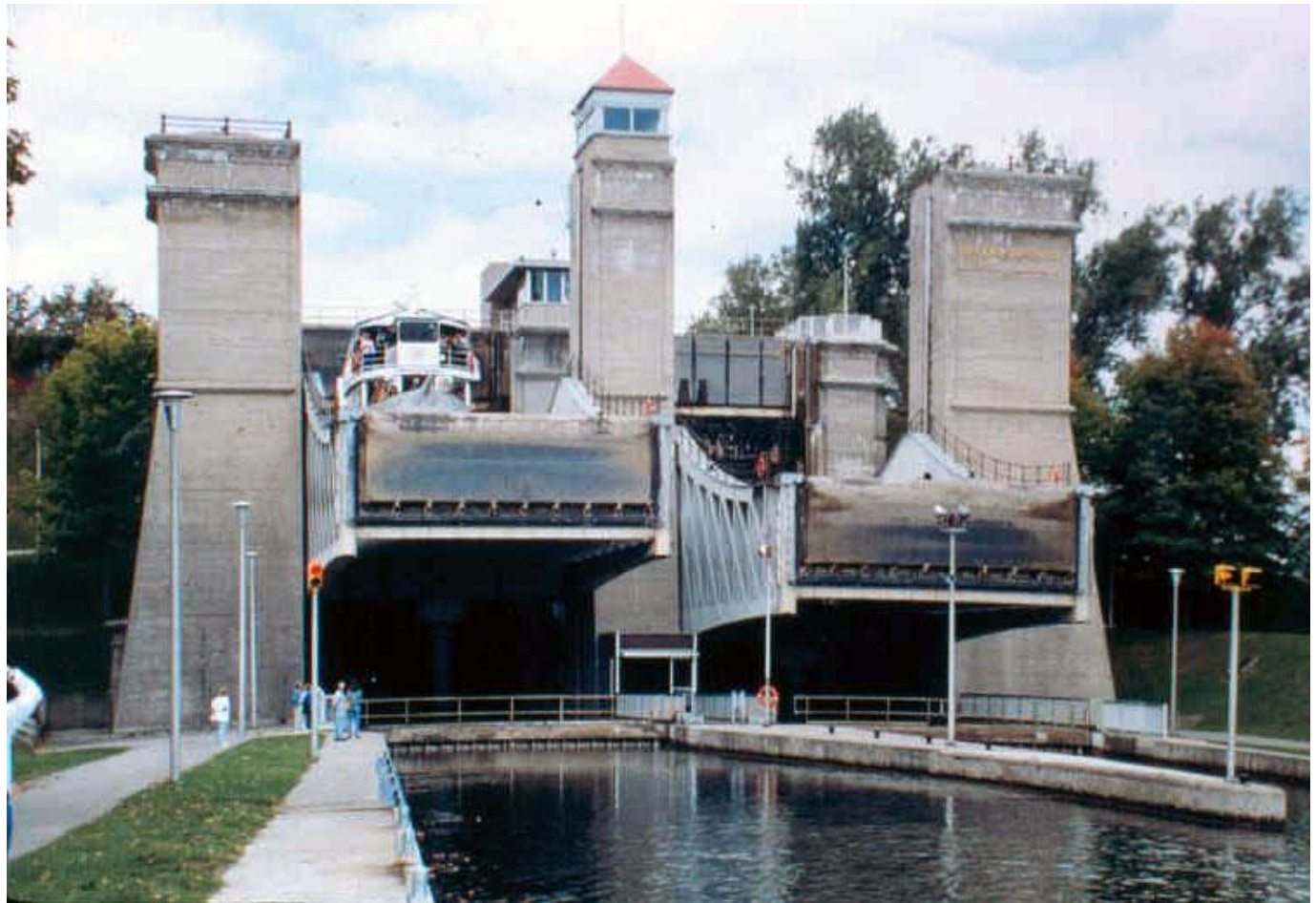
Elevadores Verticais

Sistema
Clark



Elevadores Verticais

Sistema
Clark



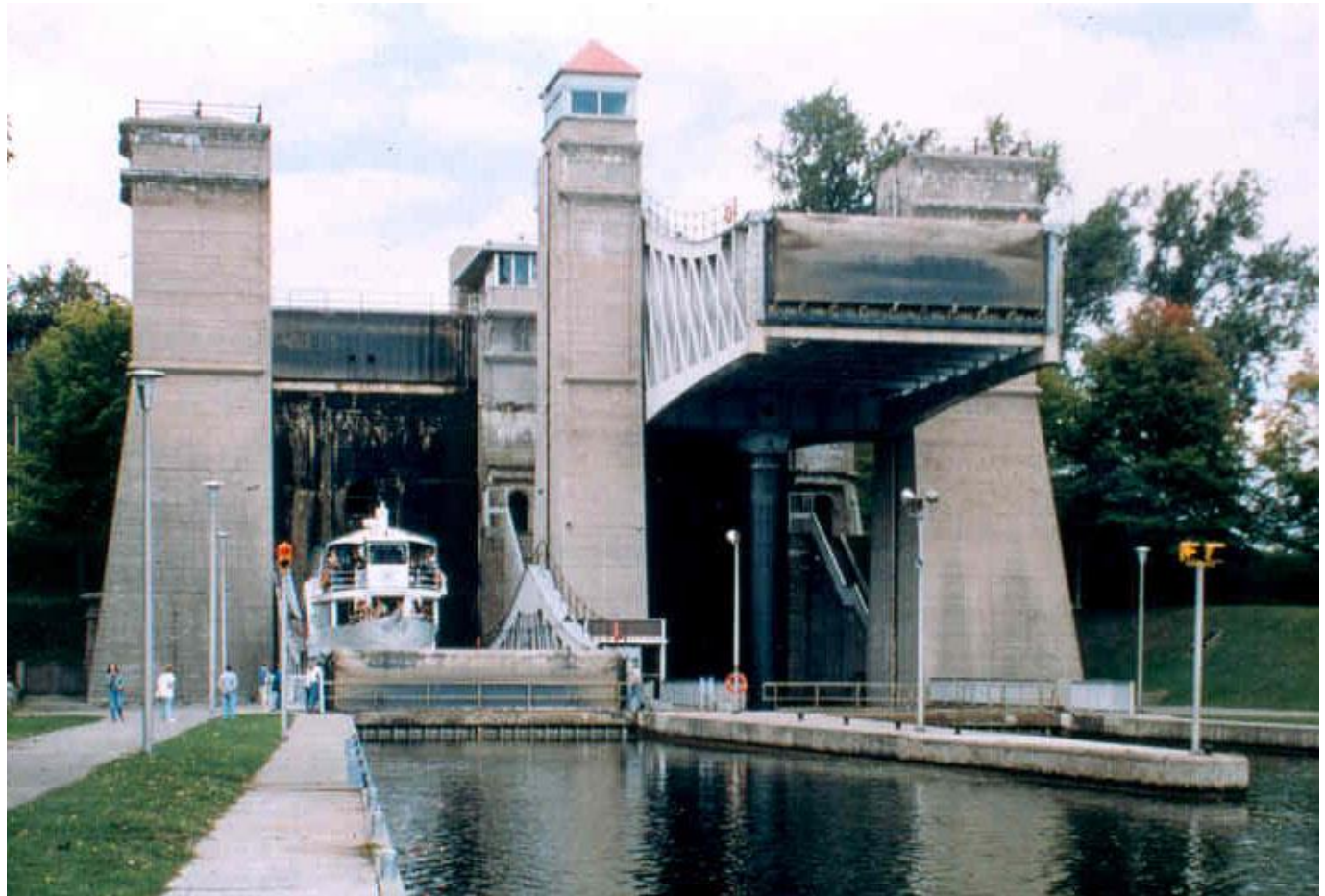
Elevadores Verticais

Sistema
Clark



Elevadores Verticais

Sistema
Clark



Elevadores Verticais

Sistema
Clark



Elevadores Verticais

Sistema
Clark



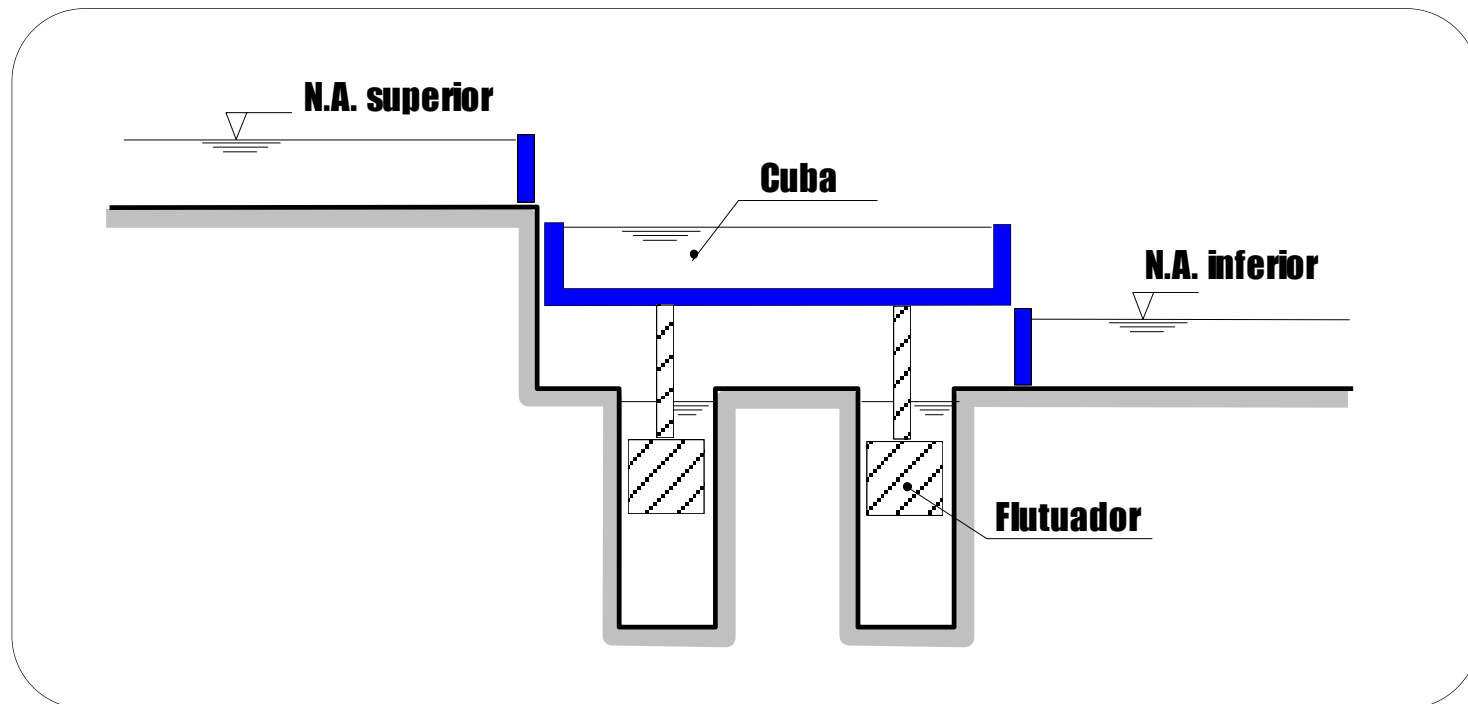
Elevadores Verticais

Sistema
Clark



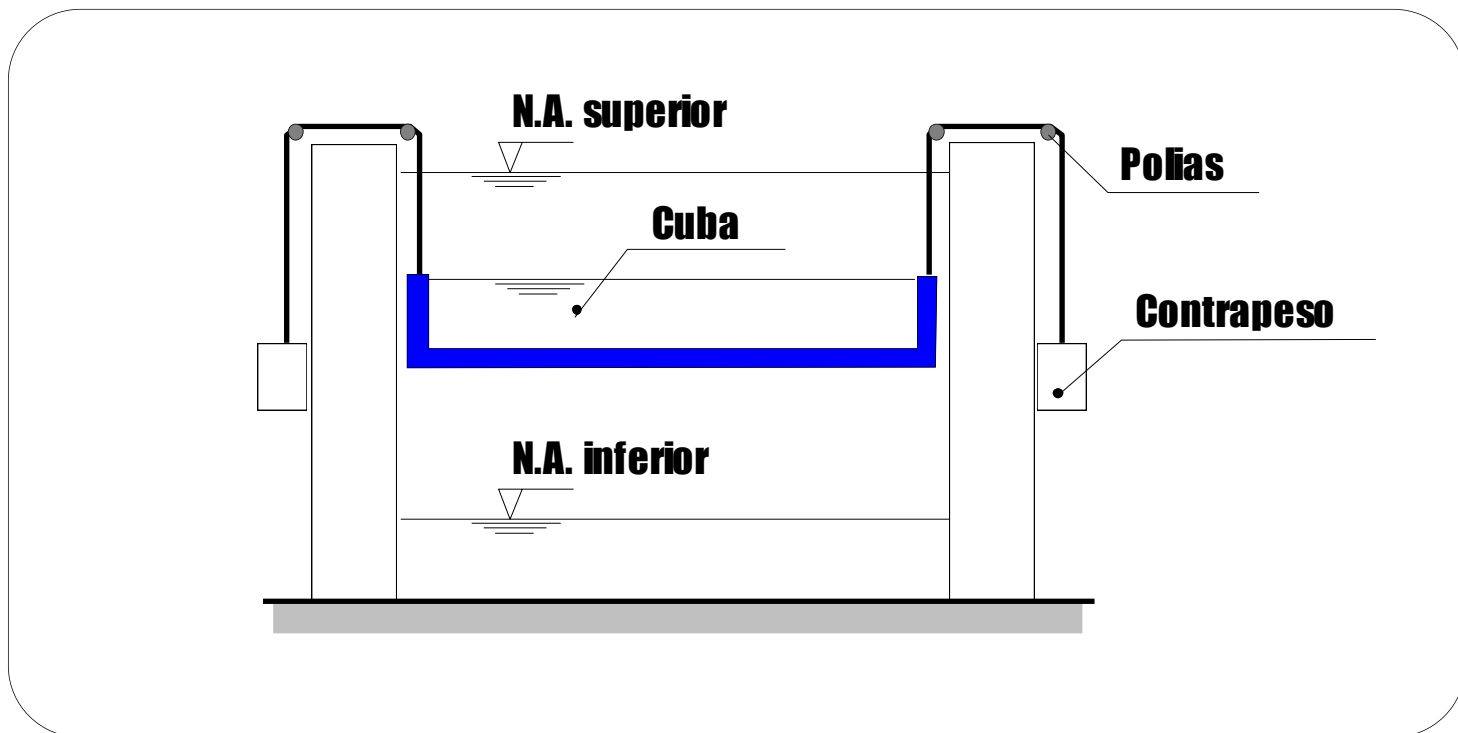
Elevadores Verticais

Sistema flutuante



Elevadores Verticais

Sistema funicular





Elevador de Strépy-Thieu

- elevador duplo, de tipo funicular, localizado na Bélgica e inaugurado em 2002
- vence um desnível de 73,15 m, sendo o segundo maior elevador de barcos do mundo, superado apenas pelo elevador da Barragem de Três Gargantas na China (vence desnível de 113 m, inaugurado em 2016)
- duas cubas se movem verticalmente e de forma independente, cada um com 112,00 m de comprimento útil e 12,00 m de largura com capacidade de 3,35 a 4,15 m de altura de água, a que corresponde uma massa variável entre 7200 e 8400 toneladas.
- o sistema de motores elétricos e um sistema de contrapesos permitem vencer o desnível em cerca de sete minutos
- a duração total, incluindo a entrada e saída das embarcações e a abertura e o fechamento das comportas, chega a 40 minutos



Elevador de Três Gargantas

- elevador simples, de tipo funicular, localizado na China e inaugurado em 2016
- vence um desnível de 113 m, sendo o maior elevador de barcos do mundo
- projetado para movimentar até 15.500 toneladas
- uma cuba com 120 m de comprimento, 18 m de largura e 3,5 m de altura de água
- comporta embarcações de até 3.000 toneladas
- um navio leva de 30 a 40 min para passar pelo ascensor, em oposição às 3 a 4 hs necessárias para atravessar o sistema de eclusas

Elevador de Strépy-Thieu

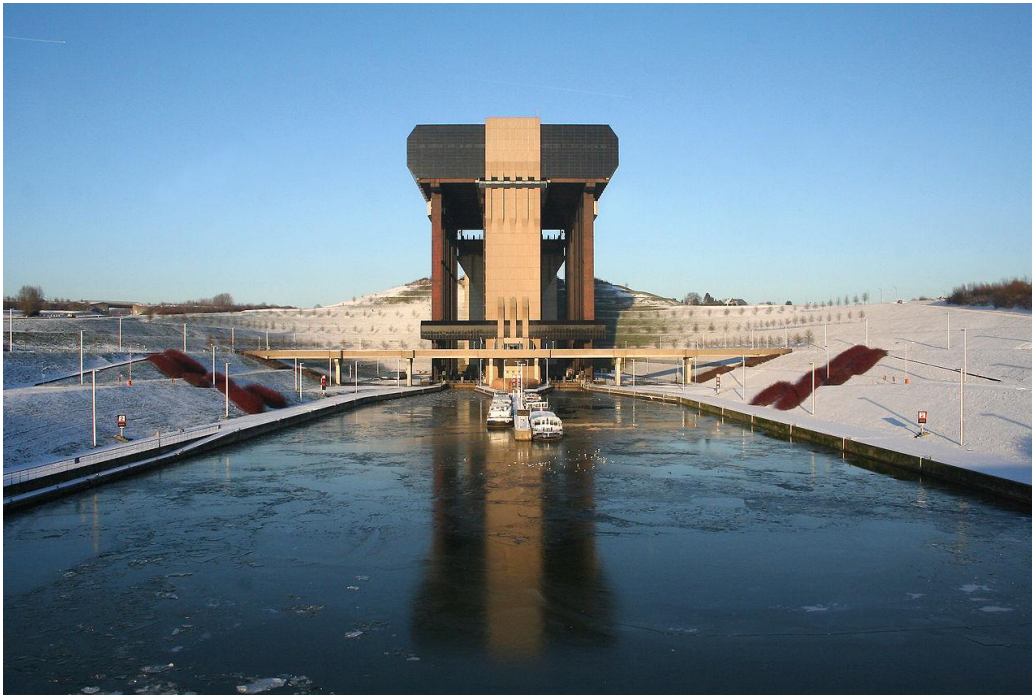


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Str%C3%A9py-Braquegnies_JPG004.jpg/1280px-Str%C3%A9py-Braquegnies_JPG004.jpg



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Scheepslift_Str%C3%A9py-Thieu_luchtfoto.jpg

Elevador de Strépy-Thieu



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Str%C3%A9py-Bracquenies.JPG02d.jpg/1280px-Str%C3%A9py-Bracquenies.JPG02d.jpg>



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Str%C3%A9py_9.jpg

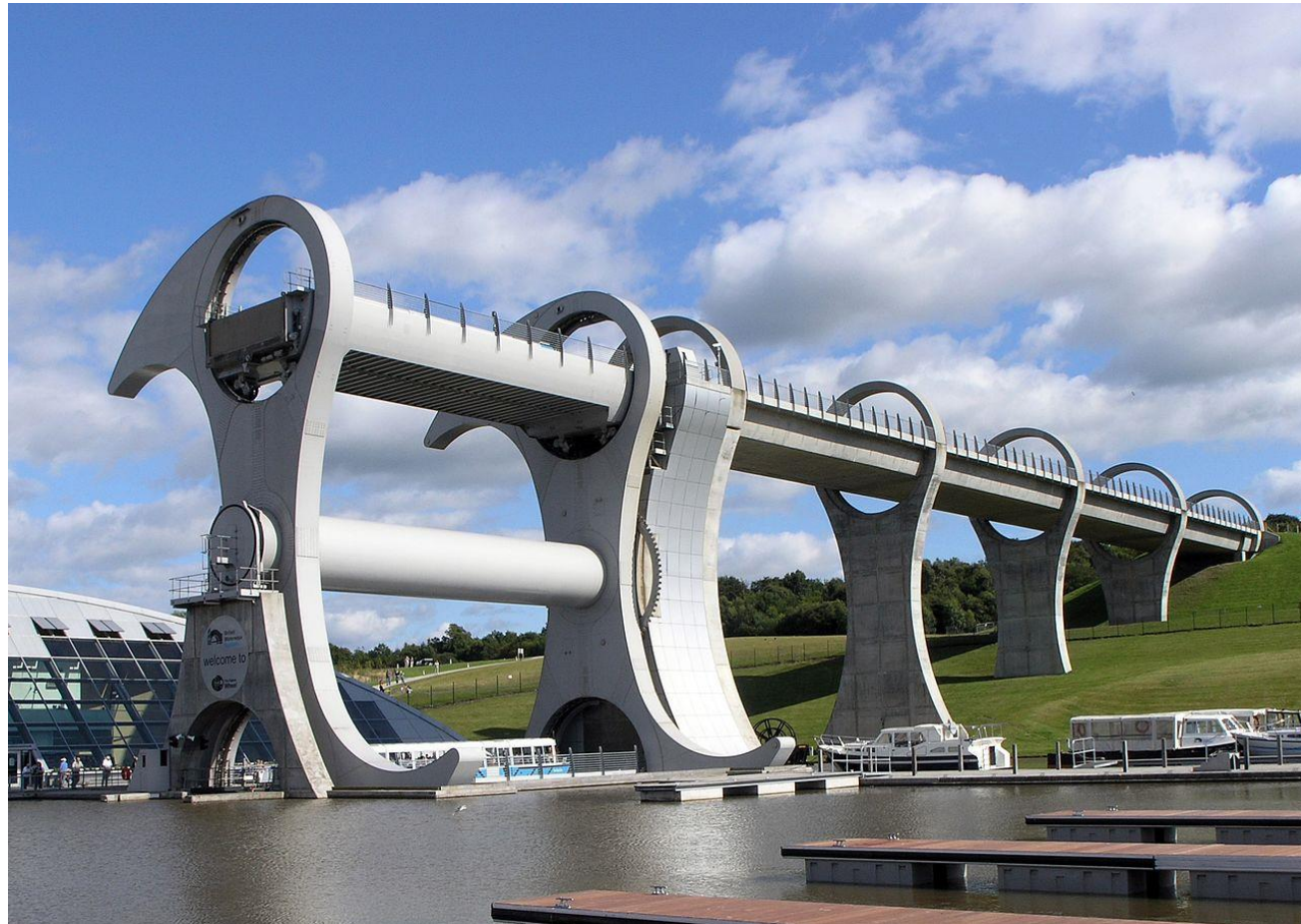
The Falkirk Wheel - Escócia

em funcionamento
desde 2002

elevação: 24 m

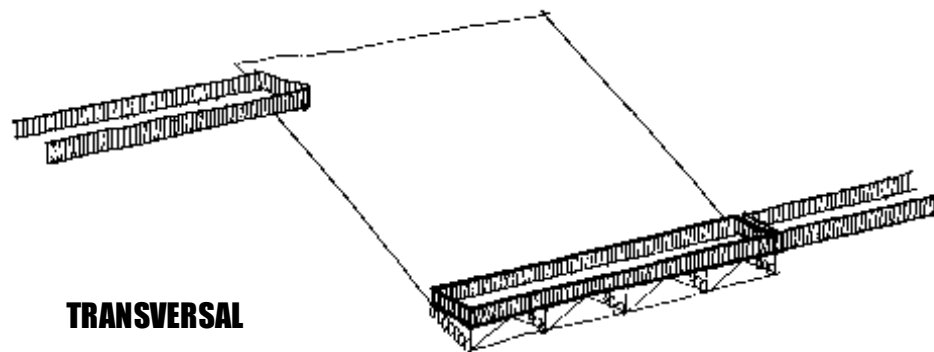
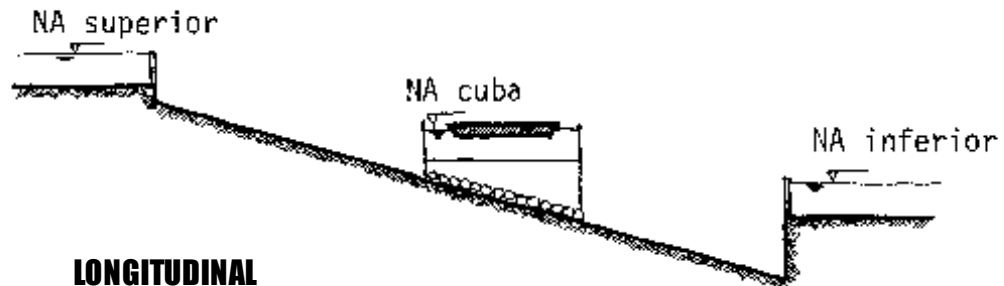
o canal está 11 m
abaixo, diferença que
é vencida por um
conjunto de eclusas

é o único exemplo
deste sistema no
mundo



Planos Inclinados

Funicular



Planos Inclinados - funicular

Plano inclinado de Ronquières - Bélgica



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Ronquii%C3%A8res_Sch%C3%ABffslift.JPG/1280px-Ronquii%C3%A8res_Sch%C3%ABffslift.JPG



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Ronquii%C3%A8resPlanInclin%C3%A91.jpg>

Planos Inclinados - funicular

Plano inclinado de Saint-Louis-Arzviller (França)

- início da operação: 1969
- desnível: 44,5 m
- dimensões da cuba (m):
41,5 (C) x 5,5 m (L) e 3,2 m (P)

https://en.wikipedia.org/wiki/Saint-Louis-Arzviller_inclined_plane



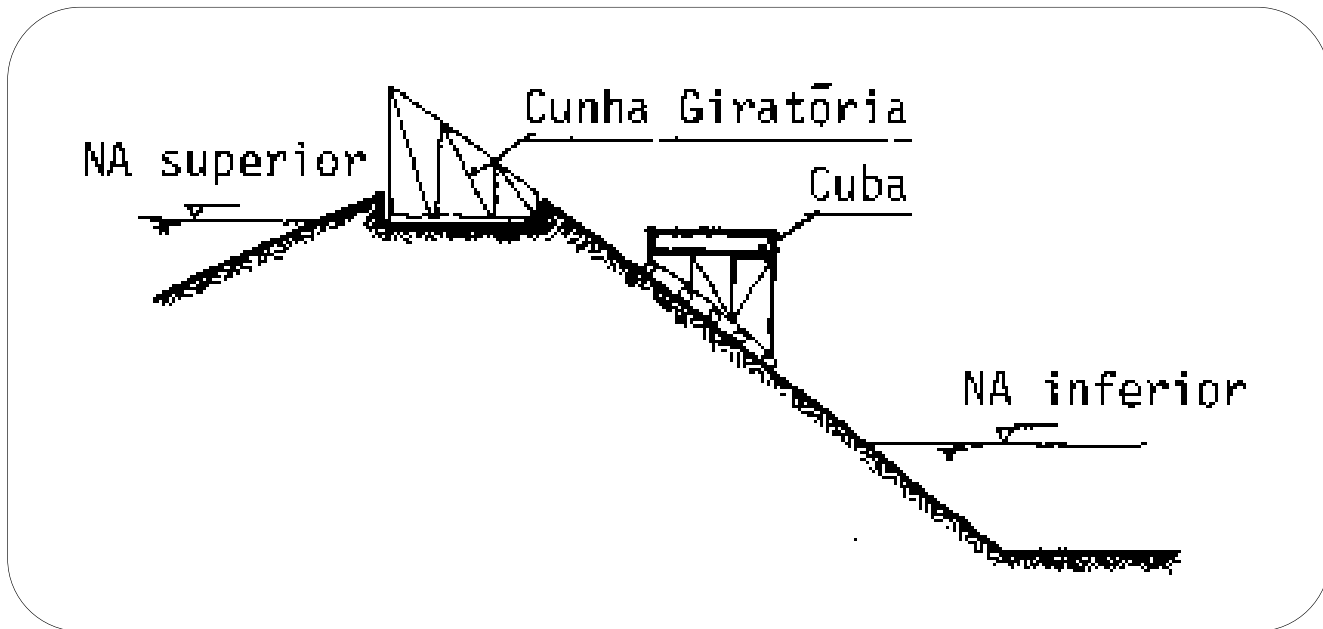
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Arzviller_plan_incline_01.jpg/1280px-Arzviller_plan_incline_01.jpg



<https://c8.alamy.com/compes/dx384w/antena-del-plano-inclinado-con-barco-ascensor-st-louis-arzviller-lorena-francia-dx384w.jpg>

Planos Inclinados

Automotor





Planos Inclinados

Automotor
Gravenhurst
Ontario
Canada



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



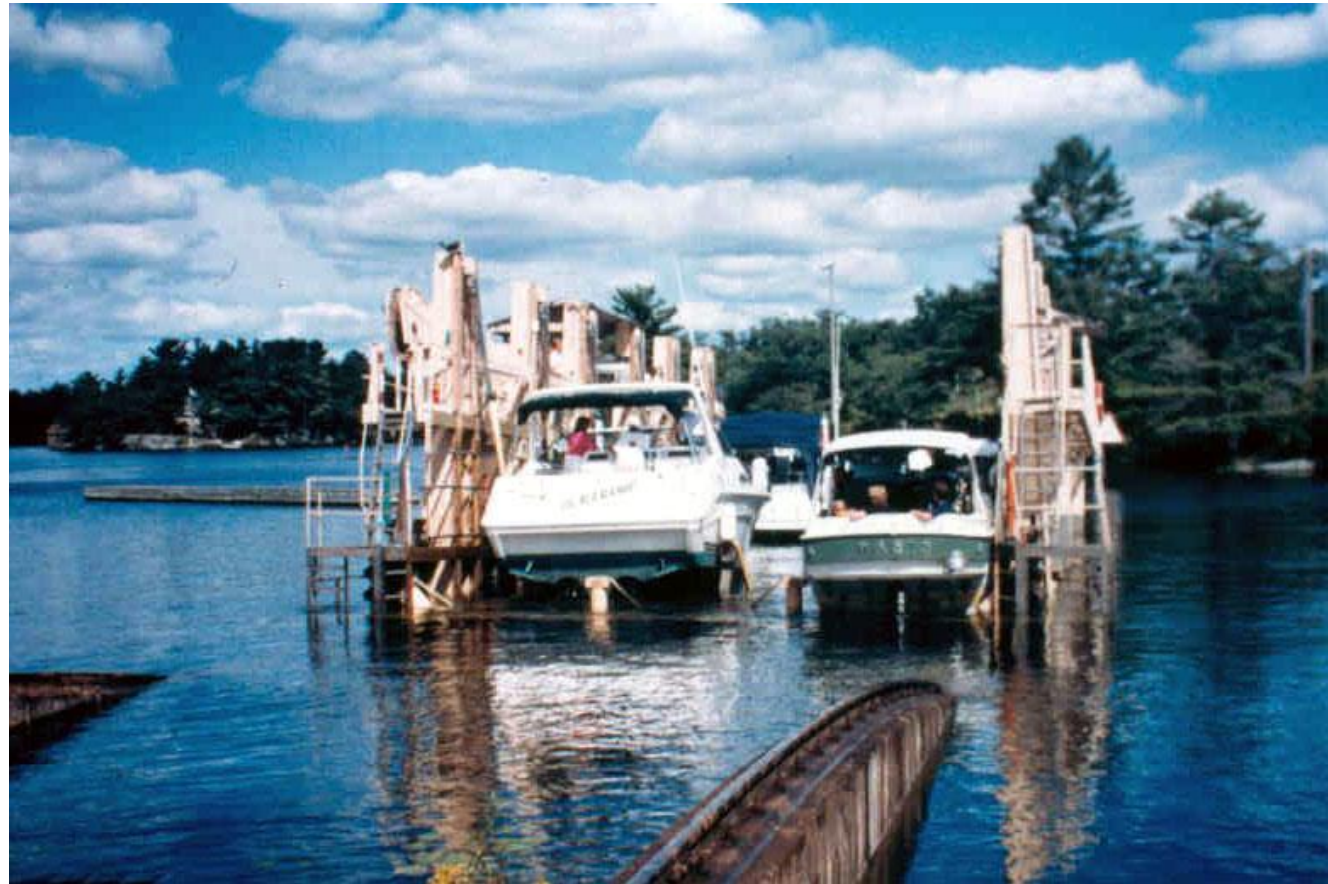
Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclizados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor



Planos Inclinados

Automotor

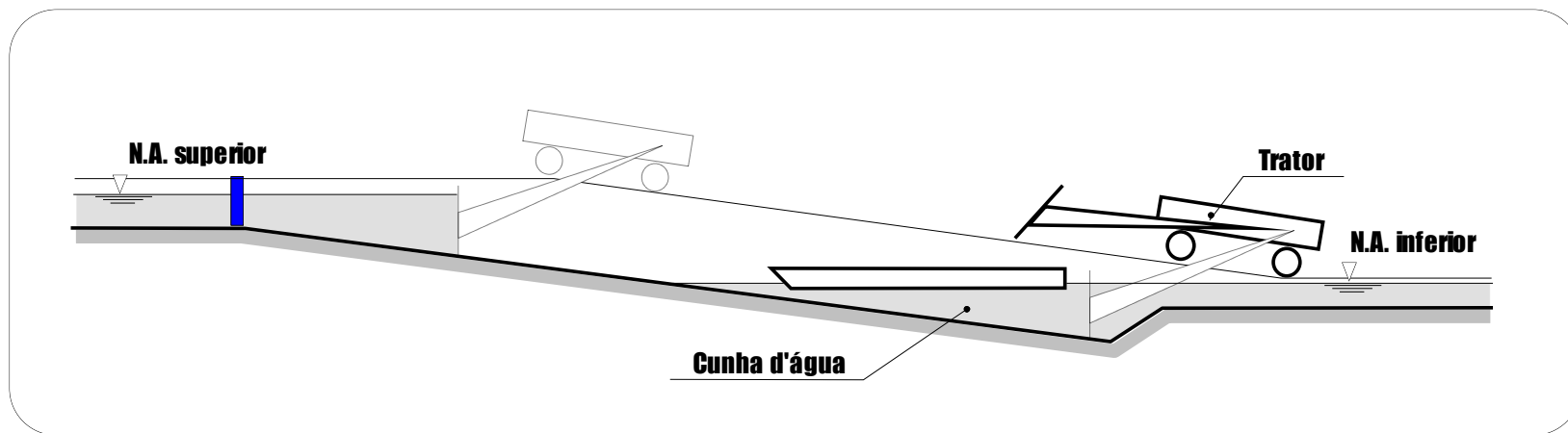


Planos Inclinados

Automotor



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas

Montech
Tarn-et-Garonne
França



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas



Rampas Hidráulicas

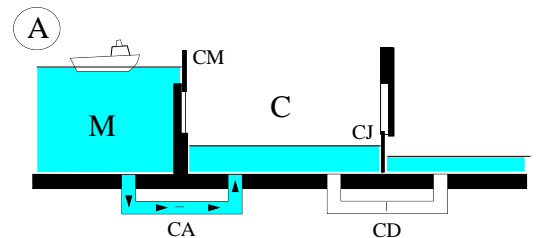




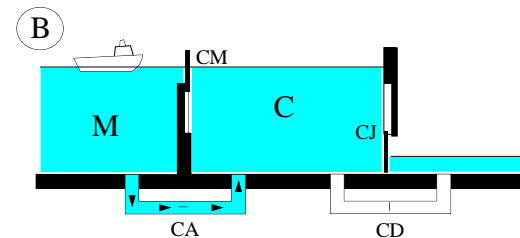
Sistemas Hidráulicos

- Eclusas
 - Câmara simples
 - Câmara múltipla
 - Escada de eclusas
 - Eclusas geminadas

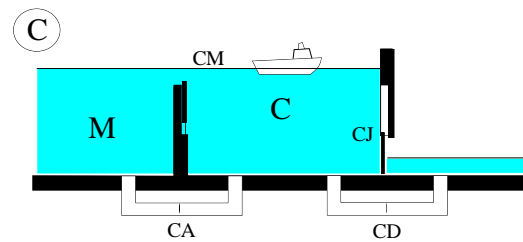
Eclusas – princípio de funcionamento



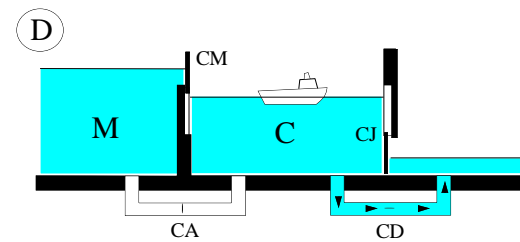
Alimentação da câmara até seu nivelamento



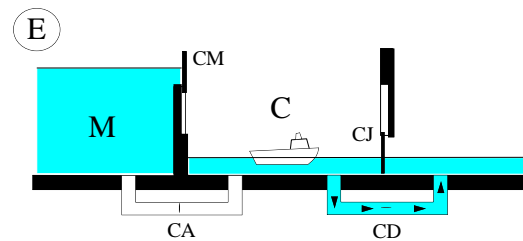
Fechamento de CA - Abertura de CM



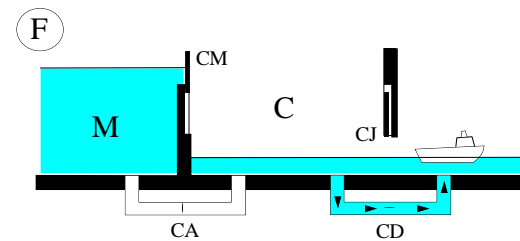
A embarcação adentra em C



Fechamento de CM - Abertura de CD até nivelamento com NA de jusante

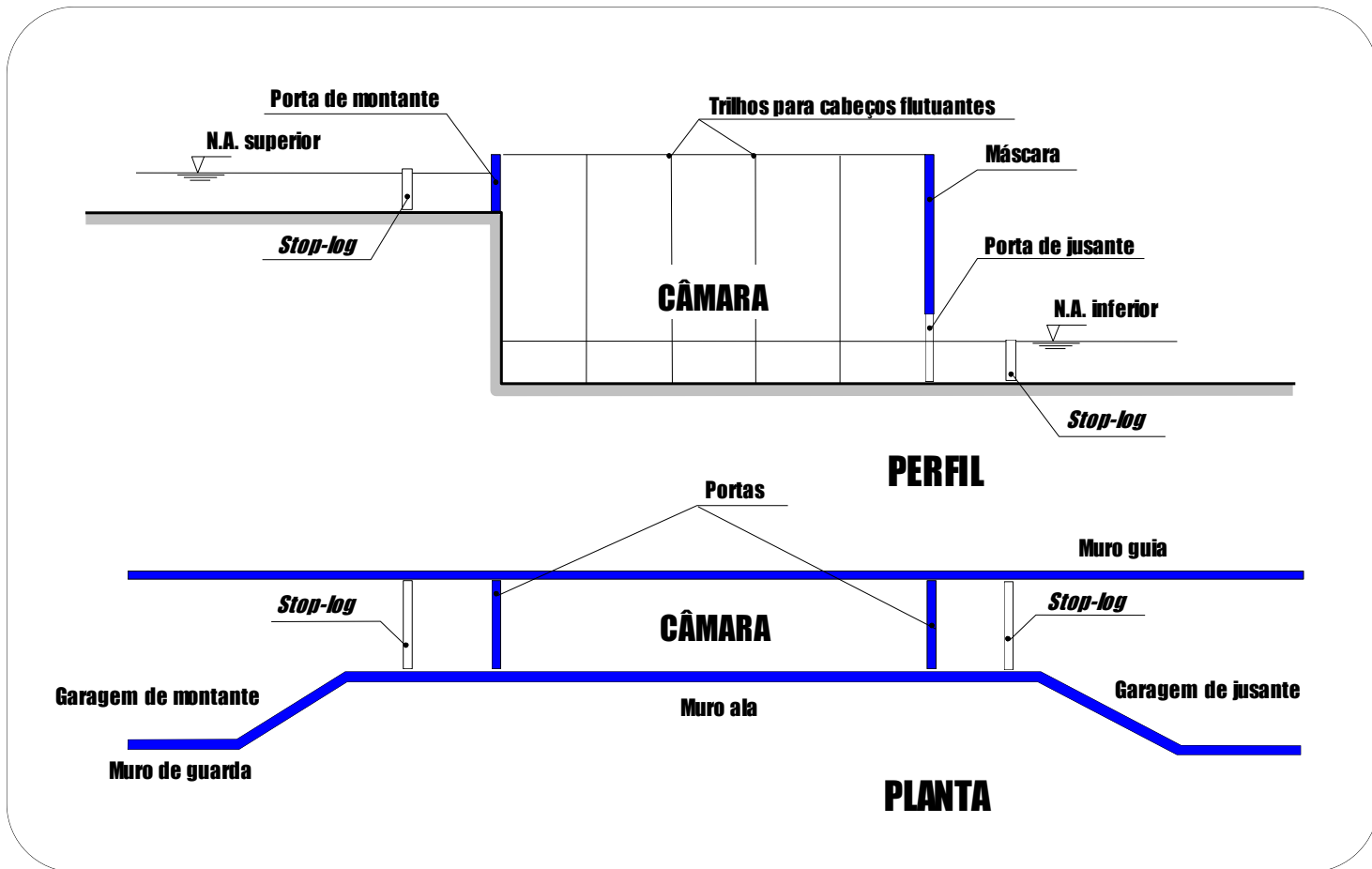


Fechamento de CD - Abertura de CJ



A embarcação saindo de C

Eclusa - principais elementos

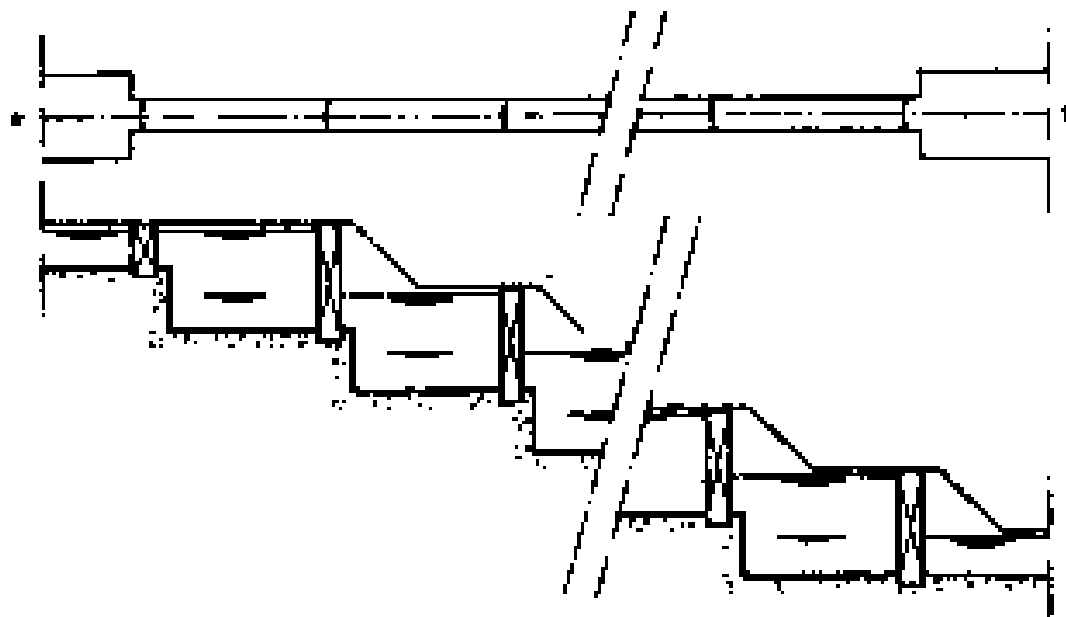




Eclusas - terminologia

- câmara única (eclusas simples)
 - utilizadas atualmente para desníveis até pouco mais de 40 m
- câmaras múltiplas (ex. eclusas da barragem de Três Gargantas)
 - a porta de jusante da câmara de montante coincide com a porta de montante da câmara de jusante e o enchimento da câmara inferior é feito com o esgotamento da câmara superior
- escadas de eclusas (ex. eclusas da barragem de Tucuruí)
 - formadas por uma série de câmaras simples ligadas por canais de navegação intermediários
- eclusas geminadas (ex. canal do Panamá)
 - constituídas de duas câmaras em paralelo, ligadas por um circuito hidráulico que permite o enchimento de uma a partir do esvaziamento da outra

Eclusa de câmara múltipla



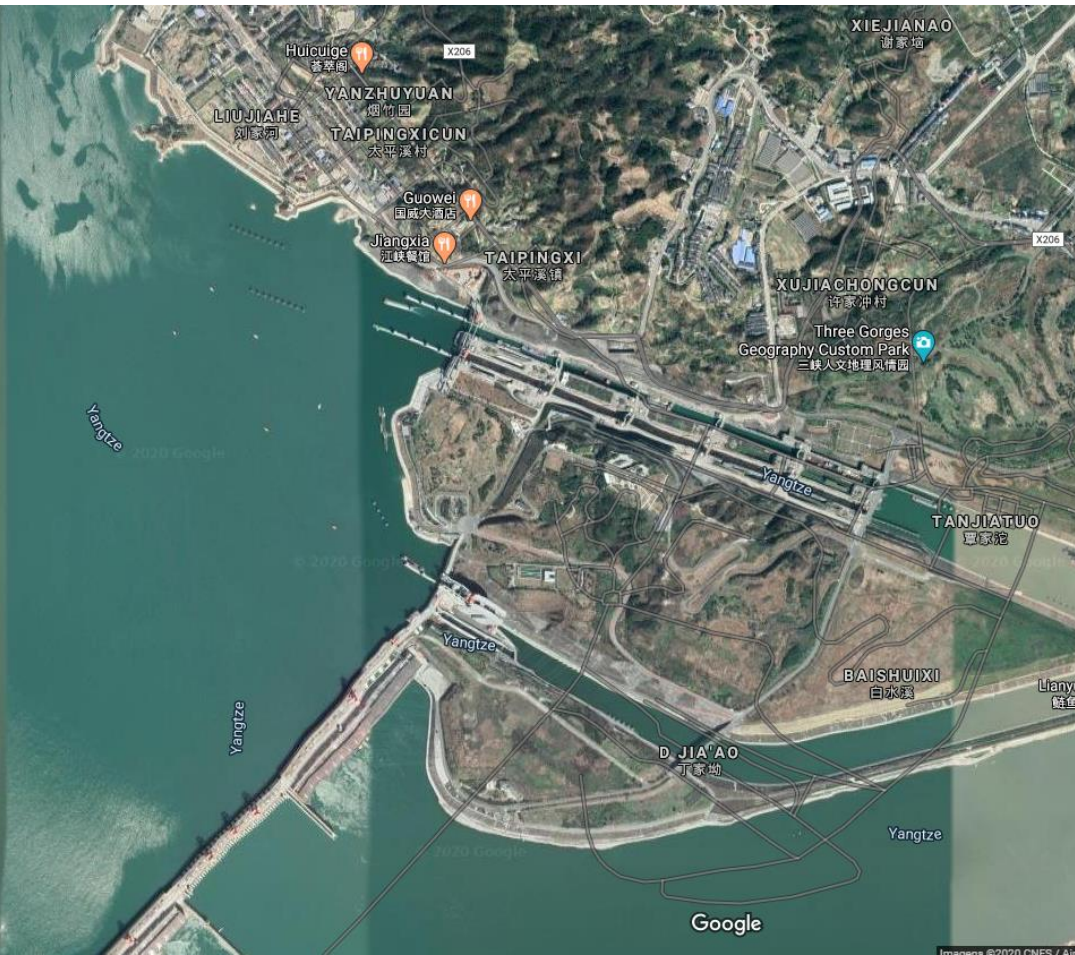
Eclusas de câmaras múltipla

Sistema de eclusas
Benavie
Inglaterra



<https://img.marinas.com/v2/90e2f12bdd8a9adf9e6ffe7cfd71685ad6213cea661203a8947e4d0d70e1d5d.jpg>

Eclusas de câmeras múltiplas



<https://2.bp.blogspot.com/-DzUhMoq4xu8/UPbEXNKZiYI/AAAAAAAttg/KcXN07EoP2I/s640/Eclusa-Tres-Gargantas-China.jpg>



Eclusas de Três Gargantas

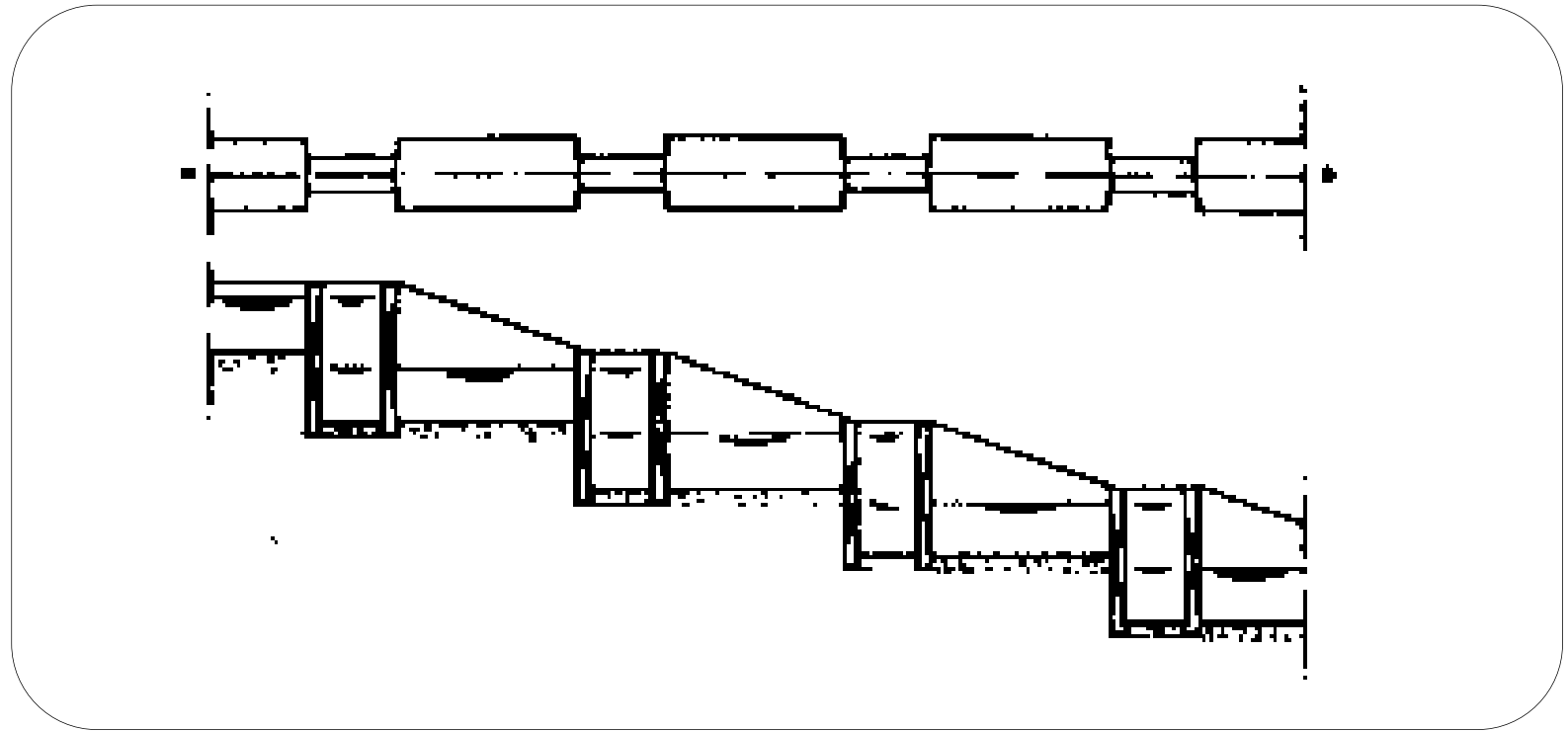


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Three_gorges_dam_locks_view_from_vantage_point.jpg



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Three_Gorges_dam_locks_and_bridge.jpg/1280px-Three_Gorges_dam_locks_and_bridge.jpg

Escada de eclusas



Escada de eclusas

Sistema de eclusas de Tucuruí





Videos recomendados

Travessia da eclusa de Barra Bonita (SP) – 6 min

<https://youtu.be/Igy7W9PIyck>

Elevador vertical da barragem de Três Gargantas (China) – 2 min, HD

<https://www.youtube.com/watch?v=Uz0jLZBkx6I>

Ascensor de Strépy-Thieu – 7 min, drone, HD

<https://www.youtube.com/watch?v=pTTaKkMmZRI>

The Falkirk Wheel – 1 min, HD

https://www.youtube.com/watch?v=FX_UTE6sEHI

Peterborough Lift Lock (sistema Clark) – 1 min

https://www.youtube.com/watch?v=eE_uS9hy0LI