

Introdução a Engenharia Elétrica - 323100

Aula S1

Caracterização da Engenharia Elétrica

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamentos da Engenharia Elétrica



PCS Computação e Sistemas Digitais

PEA Energia e Automação Elétricas

PSI Sistemas Eletrônicos

PTC Telecomunicações e Controle

V2.9

Agosto de 2017



Preliminares

- **Sobre os professores**
 - Departamentos
 - Linha de atuação do professor
 - Ensino
 - Pesquisa
 - Extensão universitária
- E-mails, telefones, salas.



Sumário

1. **Caracterização da Engenharia Elétrica**
 - A. O que é Engenharia
 - Engenharia Elétrica
 - B. Breve história da Engenharia Elétrica
 - C. Engenharia Elétrica no Brasil
 - D. Engenharia Elétrica na POLI
 - Departamentos
 - Estrutura curricular EC3
 - Disciplinas do núcleo comum, ênfases e optativas
2. **Conceitos fundamentais**
3. **Atividade prática de projeto**
4. **Discussão**



O que é engenharia?

- Engenheiro (etimologia)
 - *Ingenium*: talento, qualidade nata
 - *Gen, gignere*: produzir, gerar, criar, contribuir
 - Termo aplicado na revolução industrial aos sujeitos que cuidavam dos engenhos, artefatos mecânicos que convertiam a energia do vapor em energia mecânica
- Engenharia
 - Ciência, arte e a profissão de aplicar princípios científicos e técnicos, individuais ou em conjunto, para o desenho, projeto e desenvolvimento de estruturas, máquinas, aparatos e processos



O que é engenharia elétrica?

- Atividade de engenharia relacionada às práticas com eletricidade e eletromagnetismo, em suas diversas expressões

Fonte: Fink, D. G., Britannica Academic Edition

- Expressões: eletricidade, eletrônica, magnetismo, eletromagnetismo, fotônica, radiofrequência, telecomunicações, máquinas elétricas, materiais elétricos, energia, sistemas digitais, informação,...

Fonte: Sociedades do IEEE



- + IEEE Aerospace and Electronic Systems Society
- + IEEE Antennas and Propagation Society
- + IEEE Broadcast Technology Society
- + IEEE Circuits and Systems Society
- + IEEE Communications Society
- + IEEE Components, Packaging, and Manufacturing Technology Society
- + IEEE Computational Intelligence Society
- + IEEE Computer Society
- + IEEE Consumer Electronics Society
- + IEEE Control Systems Society
- + IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society
- + IEEE Education Society
- + IEEE Electron Devices Society
- + IEEE Electromagnetic Compatibility Society
- + IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
- + IEEE Geoscience and Remote Sensing Society
- + IEEE Industrial Electronics Society
- + IEEE Industry Applications Society
- + IEEE Information Theory Society
- + IEEE Instrumentation and Measurement Society

Interesses da Eng. Elétrica : Sociedades do IEEE (2014)

- + IEEE Intelligent Transportation Systems Society
- + IEEE Magnetics Society
- + IEEE Microwave Theory and Techniques Society
- + IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society
- + IEEE Oceanic Engineering Society
- + IEEE Photonics Society
- + IEEE Power Electronics Society
- + IEEE Power & Energy Society
- + IEEE Product Safety Engineering Society
- + IEEE Professional Communication Society
- + IEEE Reliability Society
- + IEEE Robotics and Automation Society
- + IEEE Signal Processing Society
- + IEEE Society on Social Implications of Technology
- + IEEE Solid-State Circuits Society
- + IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society
- + IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Conversion Society
- + IEEE Vehicular Technology Society



Breve história da eletricidade e eletromagnetismo

- Linha do tempo até 1870
 - 600 A.C. – Thales de Mileto observa a eletricidade estática
 - 100 A.C. – Lucretius e Plínio relatam a pedra Magnetita
 - 1600 – De Magnete – William Gilbert (compilação dos conhecimentos)
 - 1752 – Benjamin Franklin (eletricidade nos raios – pára-raios)
 - 1790 a 1800 – Alessandro **Volta** (pilha eletroquímica)
 - 1820 – Hans Ørsted (campo elétrico vs. campo magnético)
 - 1820 – André-Marie **Ampère** (corrente e campo mag.)
 - 1827 – George **Ohm** (resistência elétrica)
 - 1831 – Michael Faraday e Joseph Henry (indução)
 - 1839 – William Cooke e Charles Wheatstone (telégrafo)
 - Déc. 1830 – Primeiros motores elétricos (Clarke, Pixii e Henry)
 - 1854 – Leis de Gustav Robert **Kirchhoff**
 - 1862 – James C. Maxwell (tece as quatro equações)



Breve história da engenharia elétrica

Geração, Transmissão, Distribuição de Energia

Iluminação, Manufatura, Transporte, Utilidades

Telégrafo, Telefonia, Rádio, Áudio

- Linha do tempo entre 1870 e 1900
 - 1876 – Graham Bell (telefone)
 - 1878/79 – Joseph Swan e Thomas Edison (lâmpada)
 - 1881 – Thomas Edison (distribuição de energia)
 - 1881 – W. Siemens (bonde/trem de passageiros)
 - **1882 – Primeira escola de engenharia elétrica (Alemanha)**
 - 1885 – Galileo Ferraris (motor de indução em CA)
 - 1887 – Nicola Tesla (popularização de CA)
 - 1888 – Heinrich R. Hertz (ondas de rádio)
 - 1889 – G. Westinghouse (corrente alternada)
 - 1896 – Guglielmo Marconi (radio broadcast)
 - 1897 – Ferdinand Braun (tubo de raios catódicos)

Obs:

- 1901 – Cadeira de Eletrotécnica na POLI



A engenharia elétrica contemporânea



- Linha do tempo a partir de 1900
 - 1904 – John A. Fleming (diodo)
 - 1906 – R. von Lieben/L. De Forest (amplificador – triodo)
 - 1912/19 – E. Amstrong (oscilador eletrônico e radio AM)
 - 1920 – A. Hull (magnetron – microondas)
 - 1928 – Primeira transmissão de vídeo
 - 1934 – Wimperis (radar militar)
 - 1941 – Konrad Zuse (Z3) – computador eletromecânico
 - 1943/46 – Colossus / ENIAC – era da computação
 - 1947 – W.B.Shockley, J. Bardeen, W. Brattain (transistor)
 - 1948 – Claude Shannon – teoria das comunicações
 - 1958/59 – Jack Kilby / Robert Noyce (circuito integrado)
 - 1968 – Ted Hoff da Intel (microprocessador)
 - 1969 – Início da ARPANET (precursora da INTERNET)
 - 1973 – Primeiro computador pessoal (Altair 8800)
 - 1973 – R. Metcalf – Ethernet



História da eletrificação no Brasil

- 1879 – Dom Pedro II inaugura a iluminação de uma estrada de ferro
- 1881 – Iluminação da atual Praça XV e Praça da República em SP
- 1883 – Inauguração da primeira usina hidrelétrica em Diamantina, Minas Gerais.
- 1883 – Dom Pedro II inaugura primeiro serviço de iluminação pública em Campos
- 1899 – Criação da São Paulo Tramway, Light and Power Company
- 1900 a 1930 – Investimentos de capital estrangeiro no país
- 1940 – Concessionárias estaduais e federais de G, T e D
- 1956 – Estímulos a industrialização nacional (JK)
- 1963 – Usina hidroelétrica de FURNAS (interligação RJ, MG, SP)
- 1984 – Usina hidroelétrica de Itaipu e sistema interligado nacional
- Suporte para a diversificação e expansão das indústrias no país



Breve história da Escola Politécnica da USP

- 1741 – Primeira escola de engenharia no mundo (ENSTA ParisTech)
- **1893 – Fundação da Escola Polytechnica**
 - cursos: Engenharia Civil, Industrial, Agrícola e Artes Mecânicas
- 1901, surge a cadeira de Eletrotécnica
- 1911, surge o curso de Engenheiros Mecânicos e Eletricistas
- 1918, surge o curso de Engenheiros Eletricistas
- 1933, Getúlio Vargas regulamenta a profissão no Brasil
 - **CONFEA e CREA s**
- 1934, Poli é incorporada à Universidade de São Paulo
- 1950, formação de engenheiros **eletrônicos** e **eletrotécnicos**
- 1956, se estabelece na Cidade Universitária
- 1960, Pós-graduação na Poli Elétrica
- 1970, reestruturação curricular – introdução de sistemas digitais



Alguns marcos da engenharia elétrica na EPUSP

- 1966, Vários laboratórios didáticos e vários laboratórios de pesquisa
 - 1966, POLI elétrica estuda a TV em cores no Brasil → sistema PAL-M
 - 1968, primeiro circuito integrado brasileiro no Lab. de Microeletrônica
 - 1972, 'Patinho-Feio', computador criado no Lab. de Sistemas Digitais
-
- Organização atual da engenharia elétrica na EPUSP
 - Quatro departamentos
 - PCS** – Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
 - PEA** – Engenharia de Energia e Automação Elétricas
 - PSI** – Engenharia de Sistemas Eletrônicos
 - PTC** – Engenharia de Telecomunicações e Controle

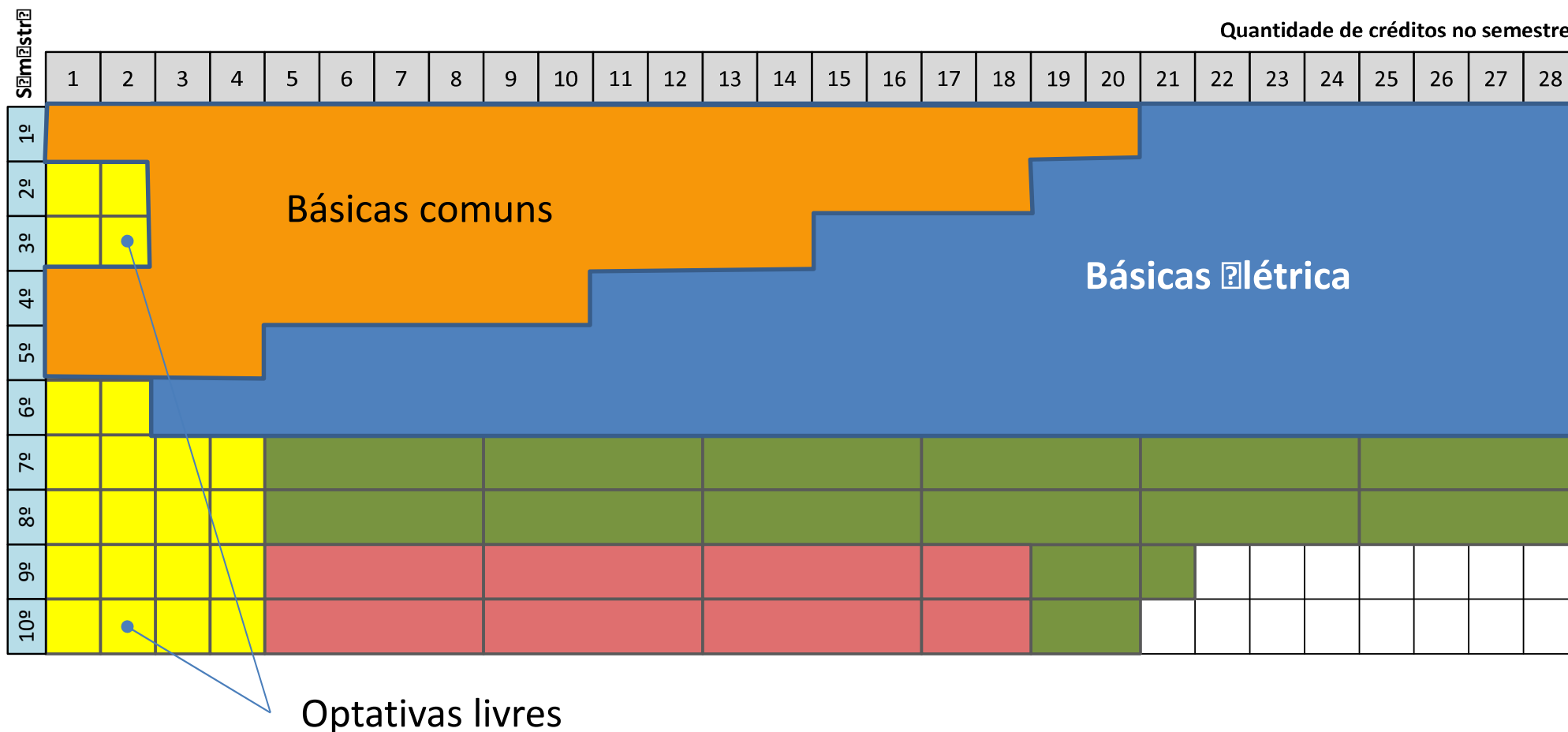


O Curso de Engenharia da Elétrica da POLI

- Cinco habilitações do Eng. Eletricista
 - Ênfase em computação (semestral e quadrimestral)
 - Ênfase em energia e automação elétricas
 - Ênfase em sistemas eletrônicos
 - Ênfase em telecomunicações
 - Ênfase em automação e controle



Estrutura curricular da Eng. Elétrica – EC3



Atenção: As informações são meramente ilustrativas. A grade de disciplinas da EC3 está em constante mudança. Consulte o sistema JupiterWeb, seu professor ou a coordenação da disciplina de Introdução a Engenharia Elétrica para maiores informações.



EC3 – Disciplinas da formação básica

Semestre	Quantidade de créditos no semestre																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
1º	Cálculo I					Álgebra Linear I					Fís. Experimental			Desenho			Computação																				
2º			Cálculo II			Álgebra Linear II					Osc/Ondas		Mecânica																								
3º			Cálculo III			Probab.		LF a		Física III																											
4º	Cálculo IV			Estatística				LF b																													
5º	Mét. Num. Aplicados a Engenharia																																				
6º																																					
7º																																					
8º																																					
9º																																					
10º																																					

Atenção: As informações são meramente ilustrativas. A grade de disciplinas da EC3 está em constante mudança. Consulte o sistema JupiterWeb, seu professor ou a coordenação da disciplina de Introdução a Engenharia Elétrica para maiores informações.



EC3 – Disciplinas da Eng. e Ciência da Eng. Elétrica

Semestre	Quantidade de créditos no semestre																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28						
1º																					Química	2	23	24	Energia e Sustentab.									
2º																				Algoritmos e estruturas de dados		Lab. Program.		Intr. Eng. Elétrica										
3º															Circuitos 1		Res. Mat.	Sistemas Digitais 1		Lab. Eletricidade														
4º											Física IV		Circuitos 2		Eletromagnetismo		Sistemas Digitais 2		Lab. Circ.															
5º					Intr. Sistemas de Potência		LF c		Introd. Eletrônica		Sistemas e Sinais		Conversão Eletromecânica		Lab. Digital		Lab. Conversão																	
6º			C. Térm e Fen. Transp.		Ondas e Linhas			Eletrônica		Controle		Intr. Redes e Comunicações		Lab. Controle		Lab. Eletrônica																		
7º																																		
8º																																		
9º																																		
10º																																		

Atenção: As informações são meramente ilustrativas. A grade de disciplinas da EC3 está em constante mudança. Consulte o sistema JupiterWeb, seu professor ou a coordenação da disciplina de Introdução a Engenharia Elétrica para maiores informações.



Sumário

1. Caracterização da Engenharia Elétrica
2. **Conceitos fundamentais**
 - A. Linguagem da Engenharia Elétrica
 - Eletrização , carga , corrente e tensão
 - B. Atividade do engenheiro
 - Projeto, estudo, pesquisa
 - Solução de problemas
 - Estudo de um caso → transmissão de Energia elétrica
3. **Atividade prática de projeto**
4. **Discussão**



Linguagem da Engenharia Elétrica

- **Conceitos elementares**

- Eletrização , carga , corrente e tensão

- **Eletrização e carga**

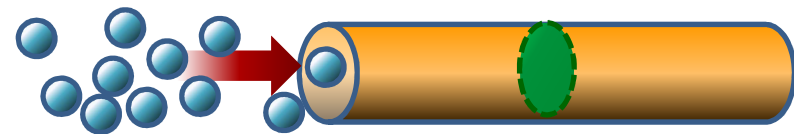
- Eletrização → acúmulo de cargas elétricas

- Carga elétrica

- Medida da quantidade de carga elétrica → Coulomb (C)

- Corrente elétrica

- Carga elétrica em movimento

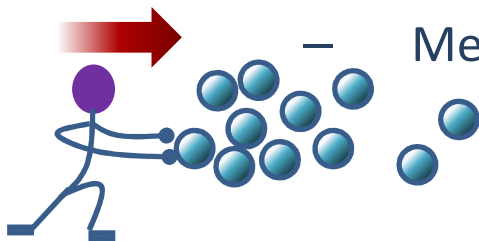


- Medida da corrente elétrica → carga/tempo = C/s = Ampère (A)

- Tensão elétrica

- Energia cedida à carga elétrica, por unidade de carga

- Medida da tensão elétrica → energia/carga = Joule/Coulomb (Volt)





Atividade do engenheiro

- Atividades do engenheiro

- Atividades exercidas

- Atividades características

- Atividades regulamentadas

Engenheiro
eletricista



Atividades exercidas

estudo e análise	coordenação e administração	ensaios e testes
especificação e projeto	assessoramento e consultoria	inspeção
planejamento	orçamento e finanças	normatização e padronização
execução e construção	comércio e divulgação	fiscalização
implantação e instalação	serviços e cargos técnicos	vistoria e perícia
operação e manutenção	pesquisa e experimentação	arbitramento
documentação	ensino e treinamento	política setorial

- **Atividade característica do engenheiro**
 - Elaboração de projetos, estudos, planos e pesquisas
 - **Solução de problemas**



Projeto

- **Projetar e executar projetos**
 - Projetar → atividade de elaboração do projeto
 - Execução do projeto:
 - Realizar, construir, implantar e testar
- **Projeto**
 - Resultado da atividade de projetar
 - Visa obter:
 - Um produto, um protótipo de produto, um processo, um sistema de fabricação, um insumo auxiliar para outro projeto



Projeto

- **Características do projeto**
 - Nasce de uma necessidade, de um desejo
 - Pode induzir novo desejo ou necessidade
 - Surge como uma concepção
 - Caracterização da necessidade ou desejo
 - Descrição dos requisitos
 - Evolui para a especificação
 - Dos requisitos
 - Dos métodos
 - Dos resultados a serem alcançados
 - Finaliza com desenvolvimento, implantação e análise dos resultados.



Categorias de problemas

- Projeto
 - Visa realizar ou obter um utensílio, uma instalação, um produto
- Plano
 - Visa delinear um procedimento, uma estratégia
- Anteprojeto
 - Visa um processo de elaboração de projeto, um conceito de projeto, um protótipo preliminar
- Estudo
 - Levantamento de necessidades, conveniências, viabilidade
 - Elaboração de planos e estratégias
- Pesquisa
 - Produção de conhecimento



Categorias de problemas

- Projeto
- Plano
- Anteprojeto
- Estudo
- Pesquisa



Problemas

- **Processo de solução de problemas**



Processo de Solução de Problemas

- Etapas características
 - Identificação do problema
 - Estabelecimento formal do problema
 - Grau de formalidade adequado
 - Abstrações
 - Escolha de elementos descritivos (coordenadas, variáveis, parâmetros, categorias presentes)
 - Representação do problema
 - Busca de soluções
 - Solução única versus alternativas
 - Confronto das soluções
 - Determinação de estratégias de solução



Estudo de um caso de solução de problema

Transmissão de Energia



Problema: Transmissão de Energia

Como levar a energia
do local onde encontra-se disponível
ao local onde há necessidade de consumo ?

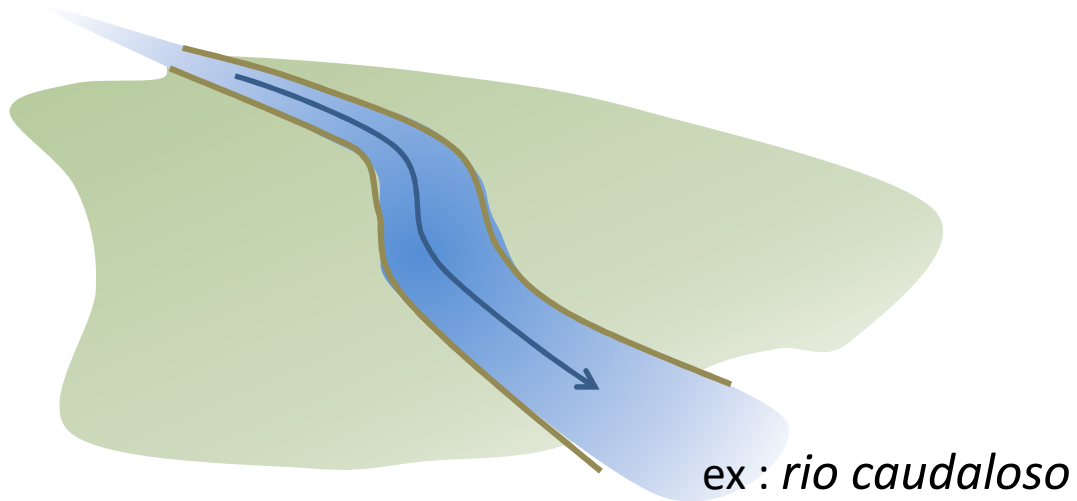
Etapa 1: Identificação do problema

Como se identifica um problema de transmissão de energia elétrica ?

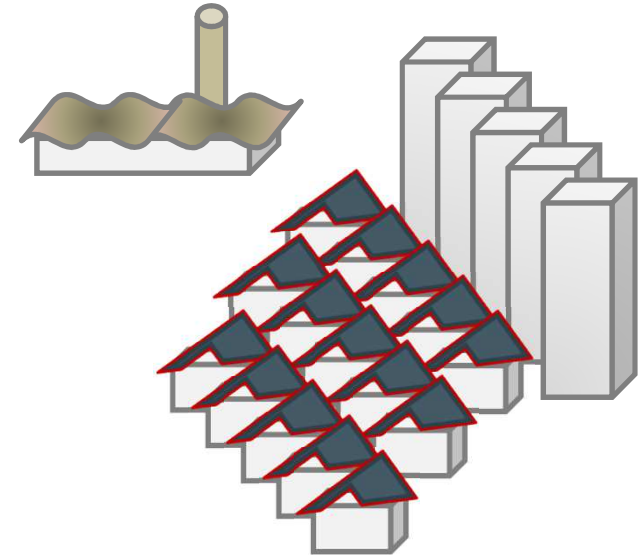
- É preciso identificar seu contexto
 - Entender o que está ao redor do problema
 - Que fatores, as variáveis e características que possibilitam descrever o problema

Problema:
Como levar a energia
ao consumidor ?

Fonte natural
de energia



Centro consumidor

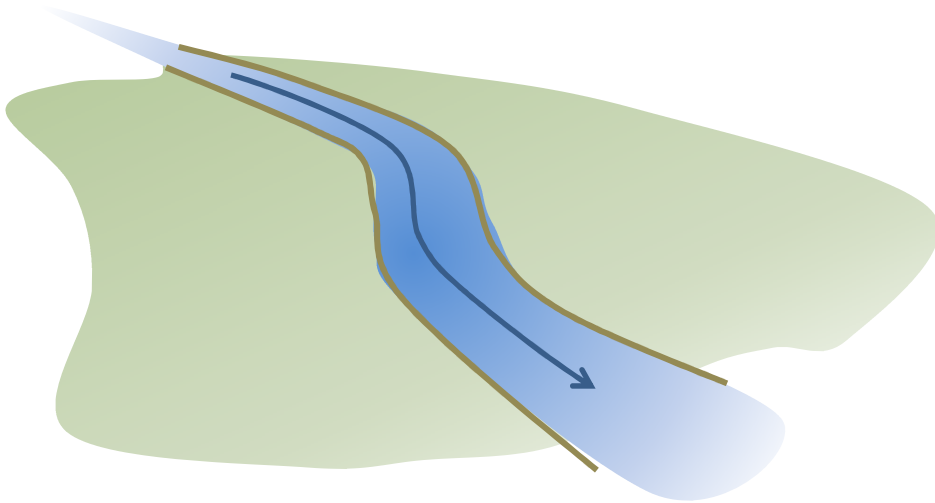


Identificação do contexto:

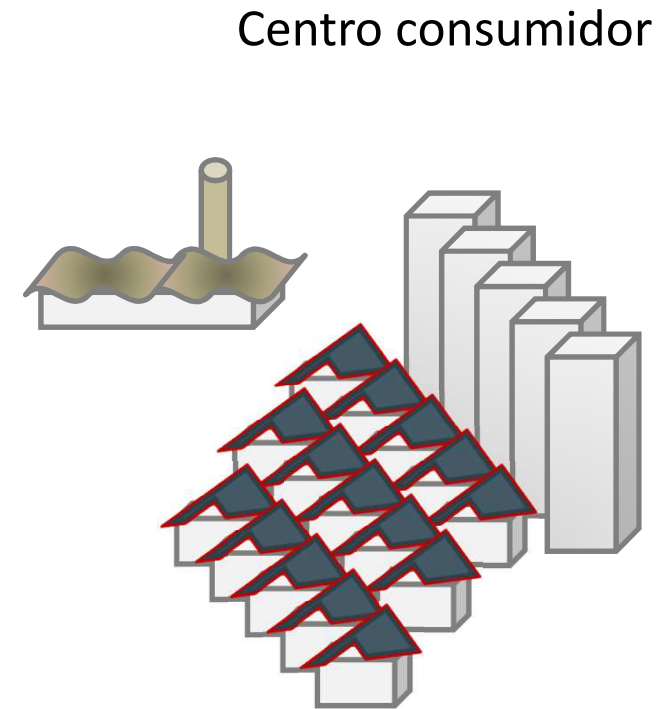
Envolve a localização da fonte da energia → onde ela se encontra ?

Envolve a localização dos centros consumidores que dela vão se abastecer

Fonte natural
de energia



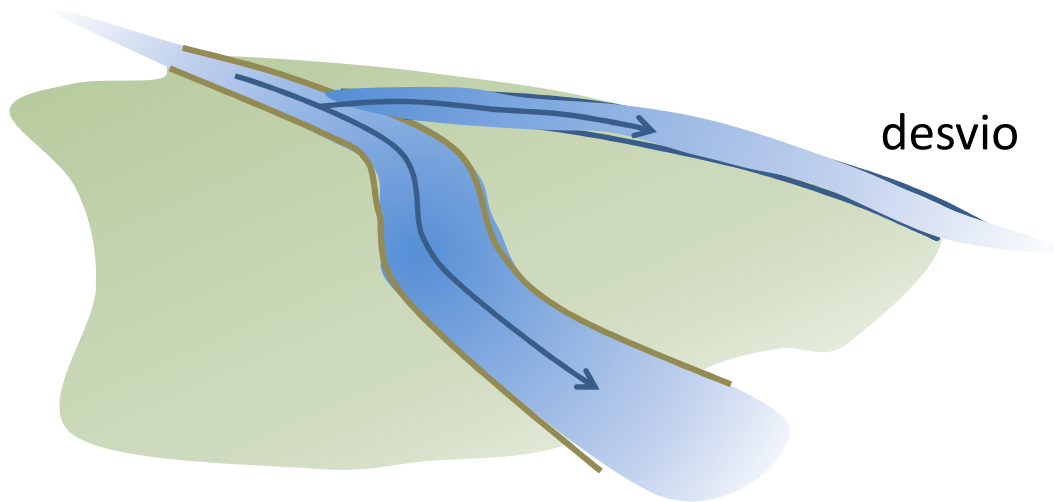
Solução :
Conversão da forma
natural para uma forma
mais fácil de se transportar:



A solução requer

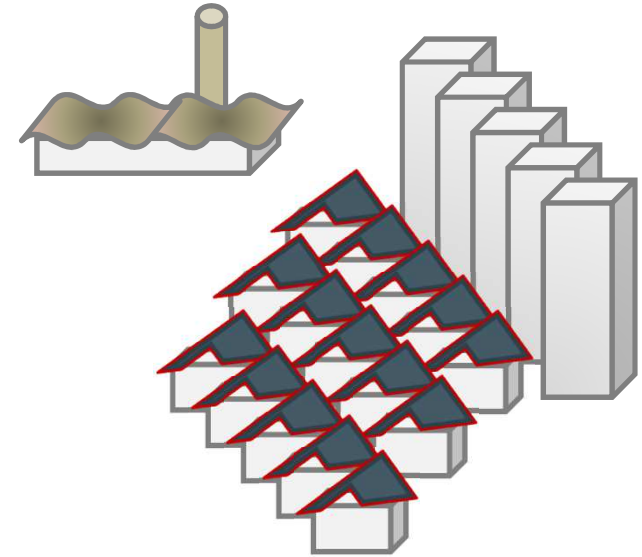
- Converter para energia elétrica
(a ser transportada por uma
linha de transmissão)

A construção da usina hidrelétrica tomará um tempo razoavelmente longo



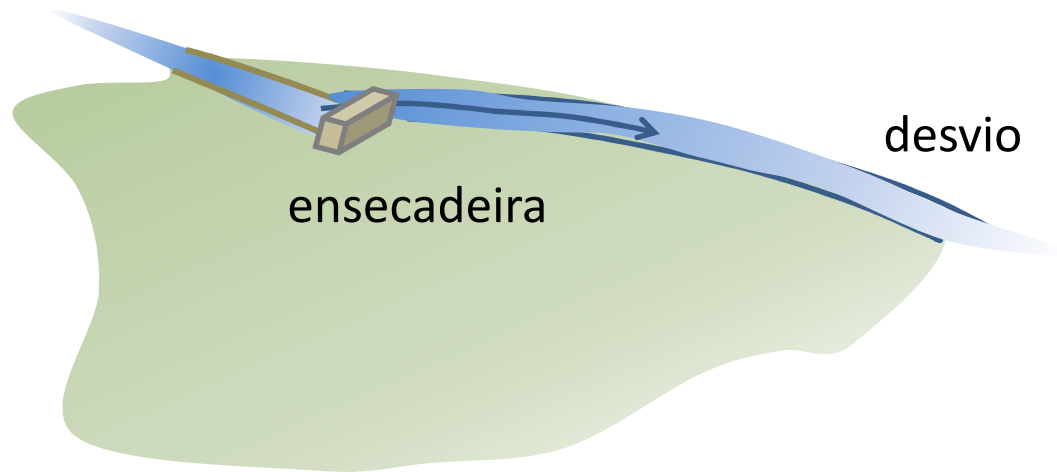
1.Desvio do curso

Centro consumidor

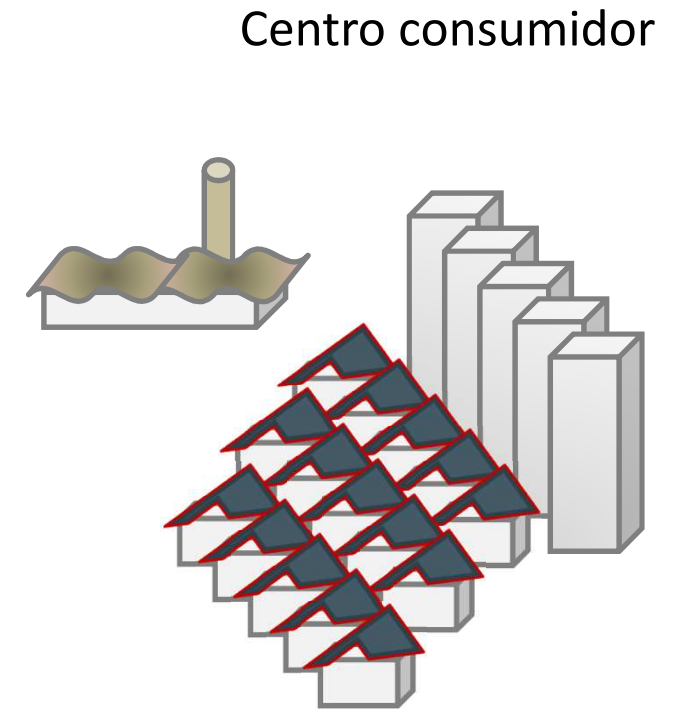


Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- Construir a subestação elevadora

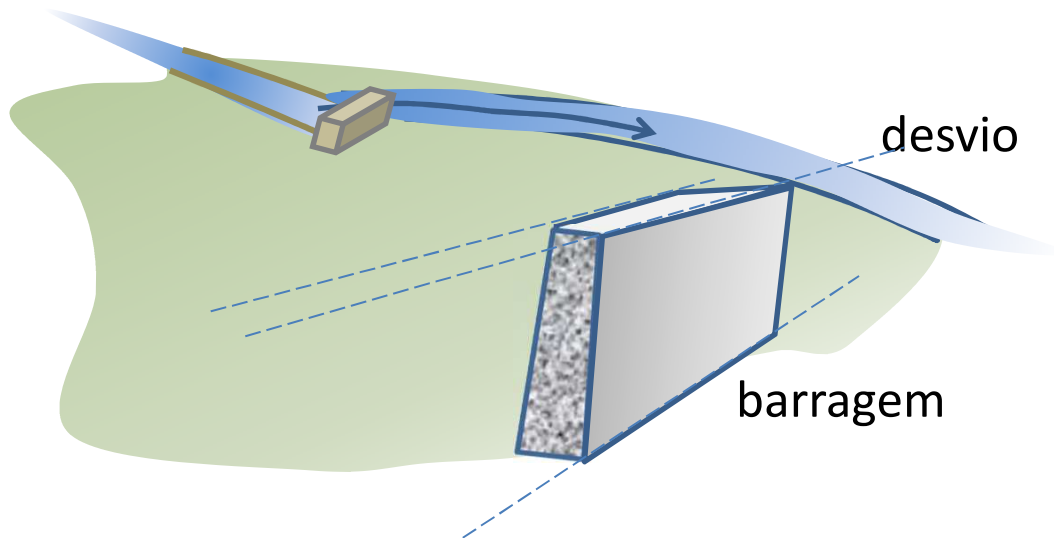


- 1.Desvio do curso
- 2.Ensecadeira



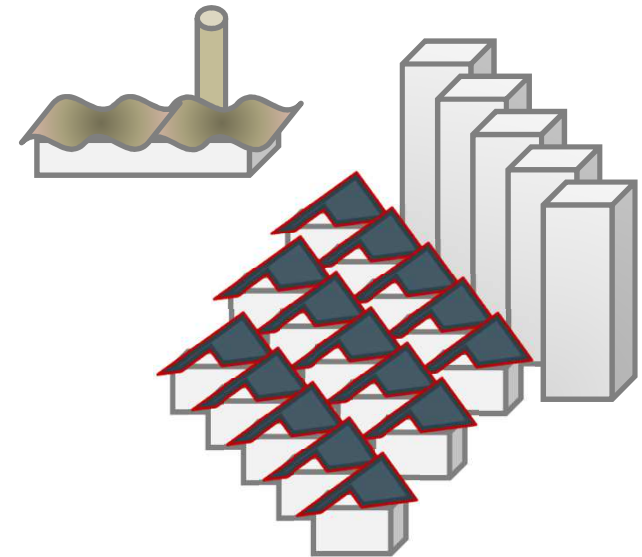
Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- Construir a subestação elevadora



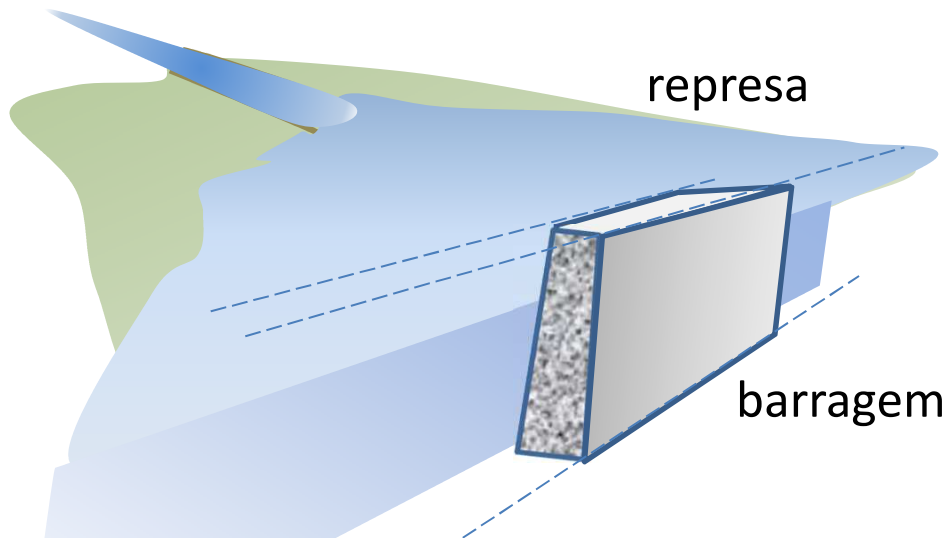
- 1.Desvio do curso
- 2.Ensecadeira
- 3.Barragem

Centro consumidor



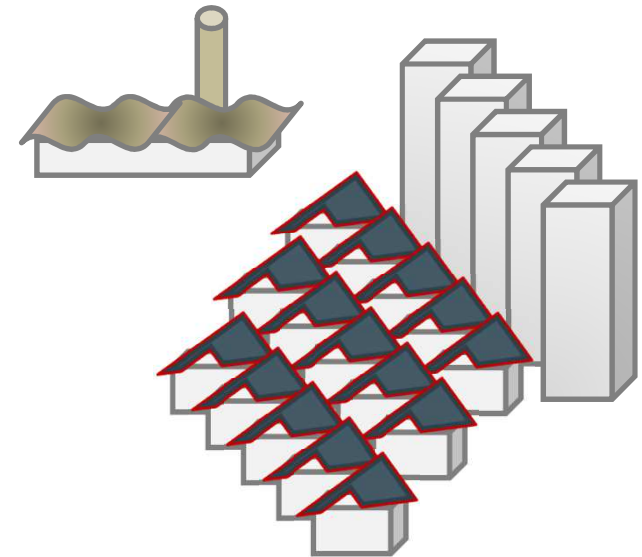
Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- Construir a subestação elevadora



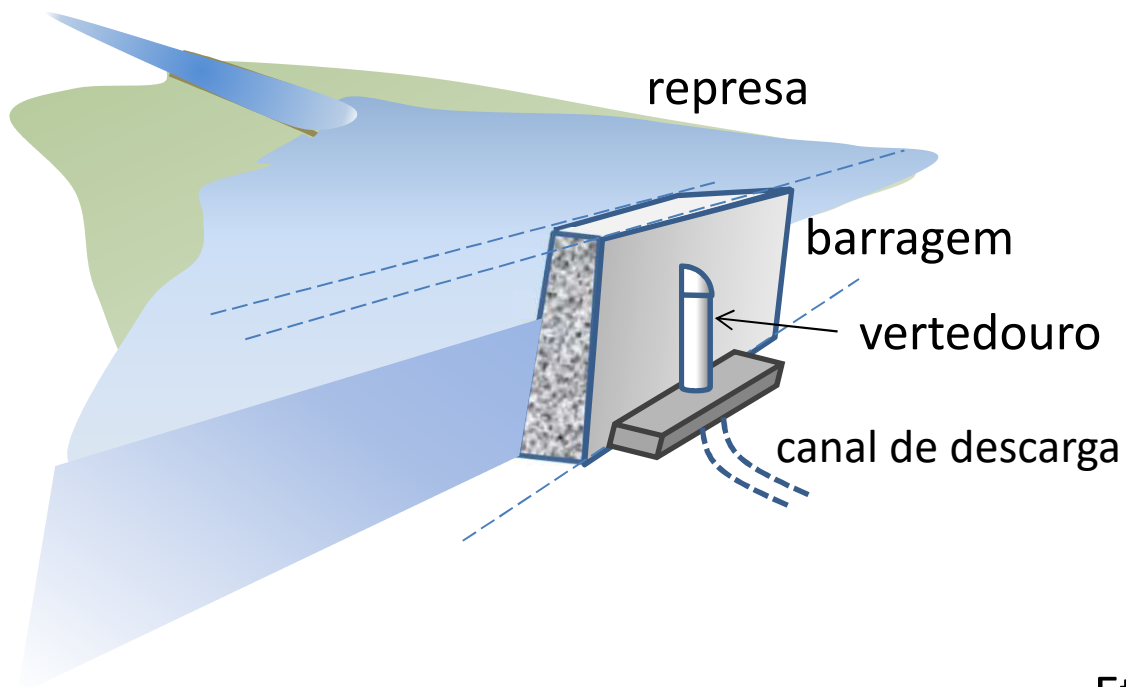
1. Desvio do curso
2. Ensecadeira
3. Barragem
4. Formação da represa

Centro consumidor



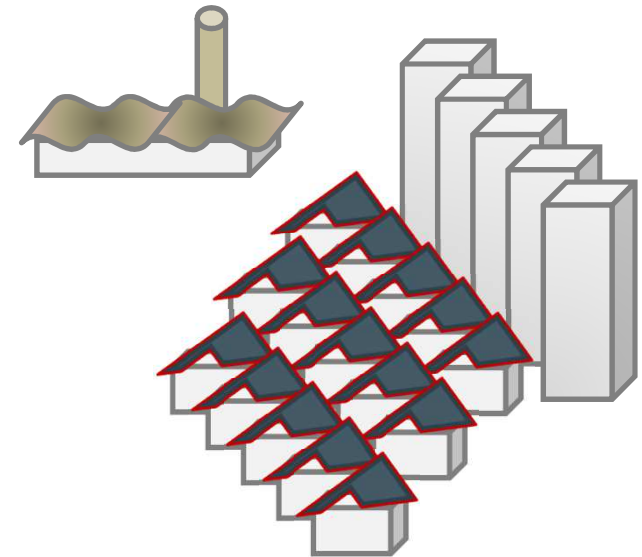
Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- Construir a subestação elevadora



5. Descarga, vertedouros
6. Casa das máquinas

Centro consumidor



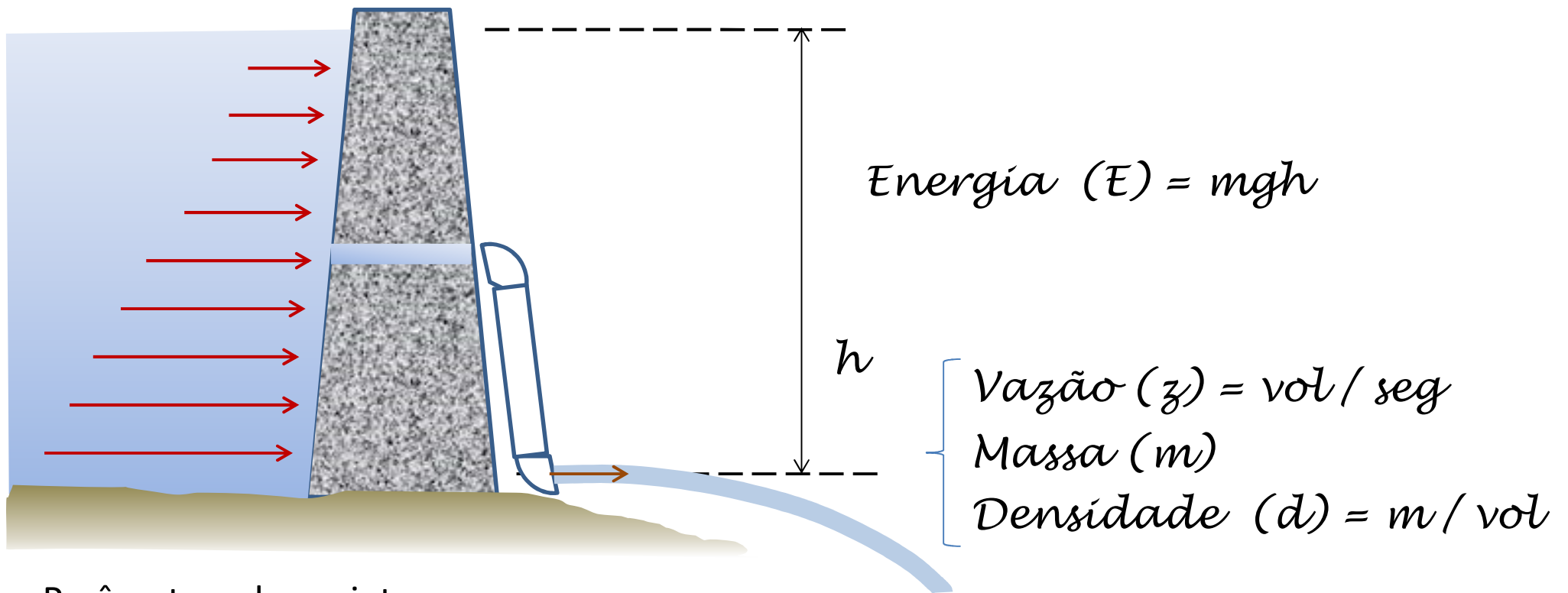
Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- Construir a subestação elevadora

$$\text{vol} = m / d \longrightarrow z = (m / d) / \text{seg}$$

Portanto: $z \cdot d = m / \text{seg}$

$$\text{Energia / seg} = \text{Potência (P)} = mgh / \text{seg} \longrightarrow P = gh (z \cdot d)$$



Parâmetros de projeto:

Desnível (h)

Vazão (z)

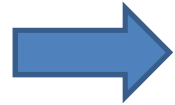


$$P \sim z \cdot h$$

Parâmetros de projeto:

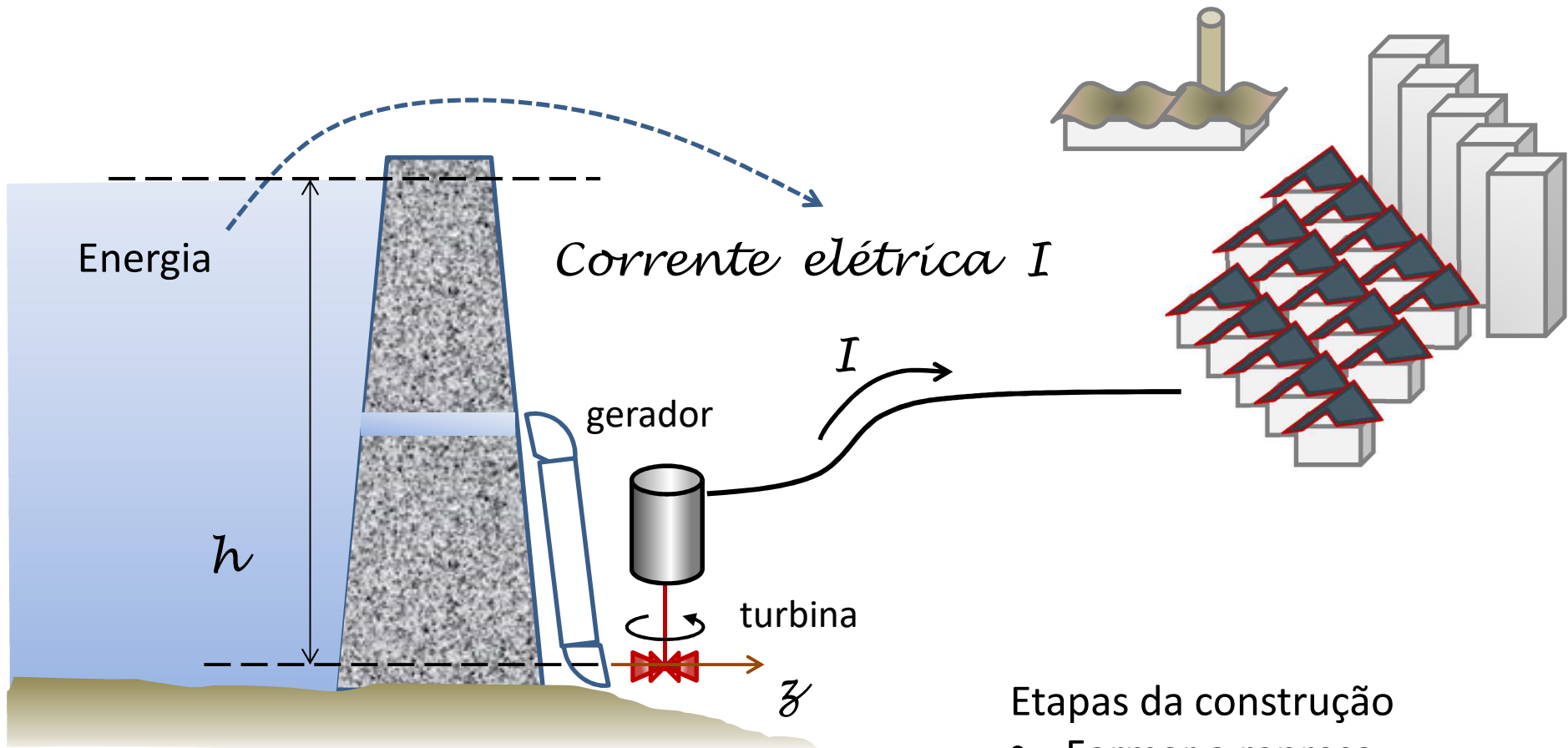
Desnível (h)

Vazão (z)



$$P \sim z \cdot h$$

Centro consumidor



Próxima etapa:



Etapas da construção

- Formar a represa
- Instalar as turbinas
- Instalar os geradores
- **Construir a subestação elevadora**

Linhas de Transmissão

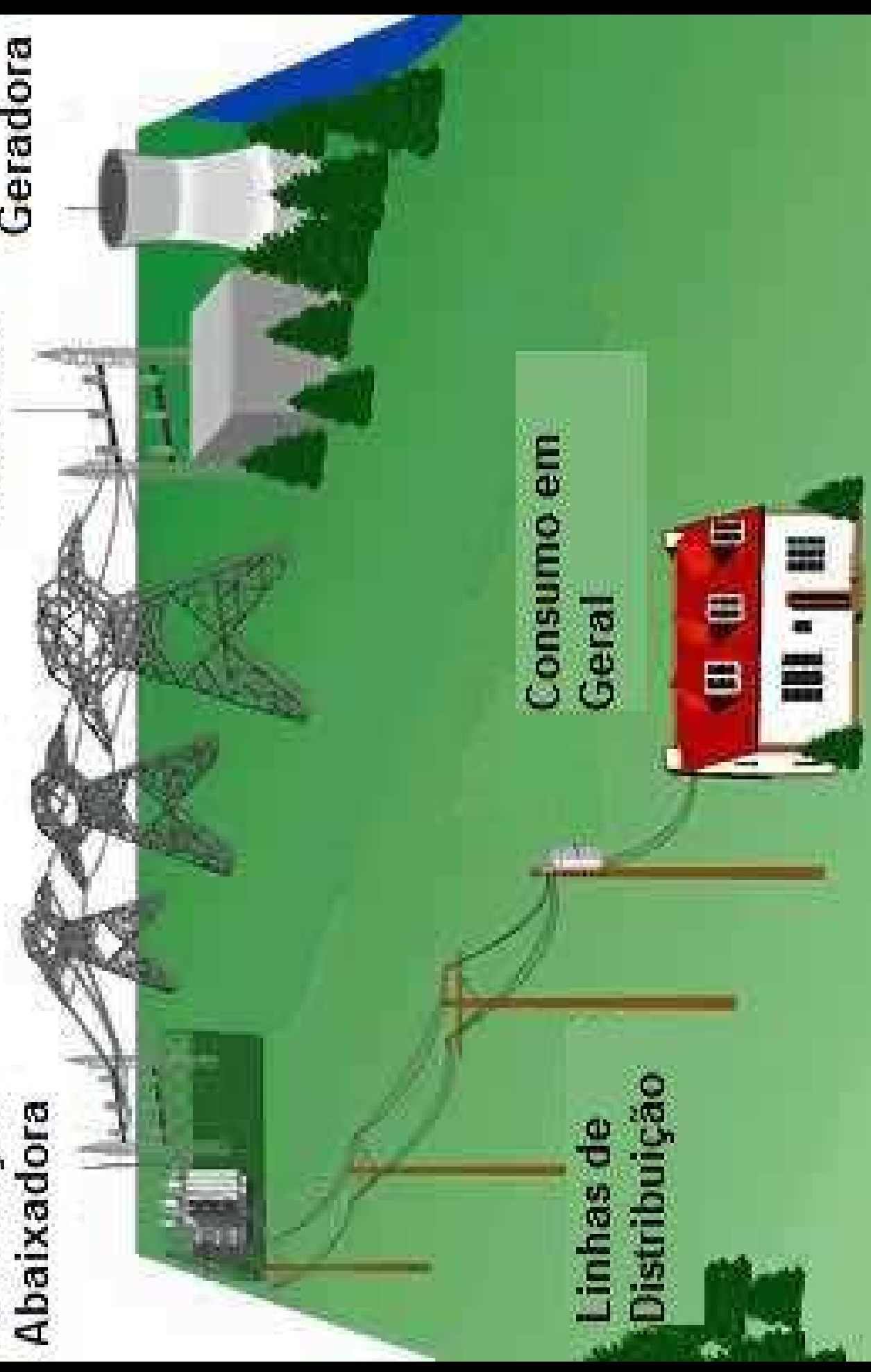
Subestação Elevadora

Usina Geradora

Subestação Abaixadora

Consumo em Geral

Linhas de Distribuição



Exemplo : Itaipu

usina

comportas

vertedouro



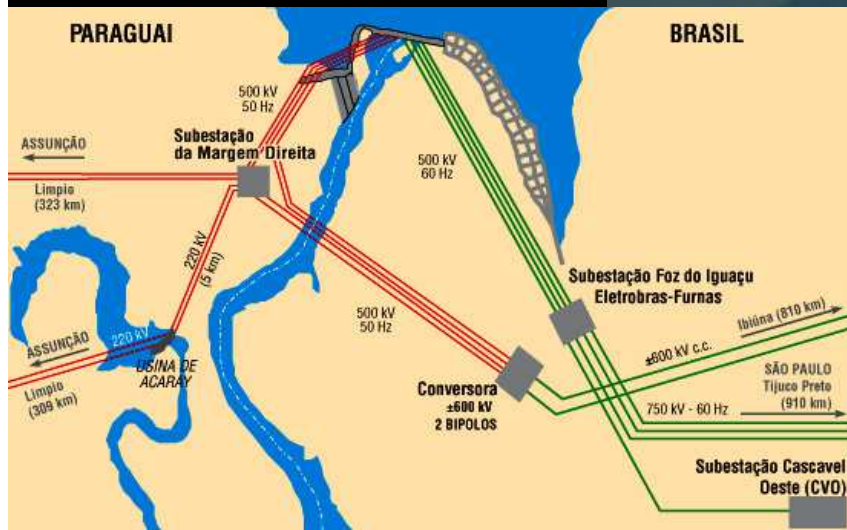
Linhas de Transmissão

(saída da casa de força)

Subestação da casa de força

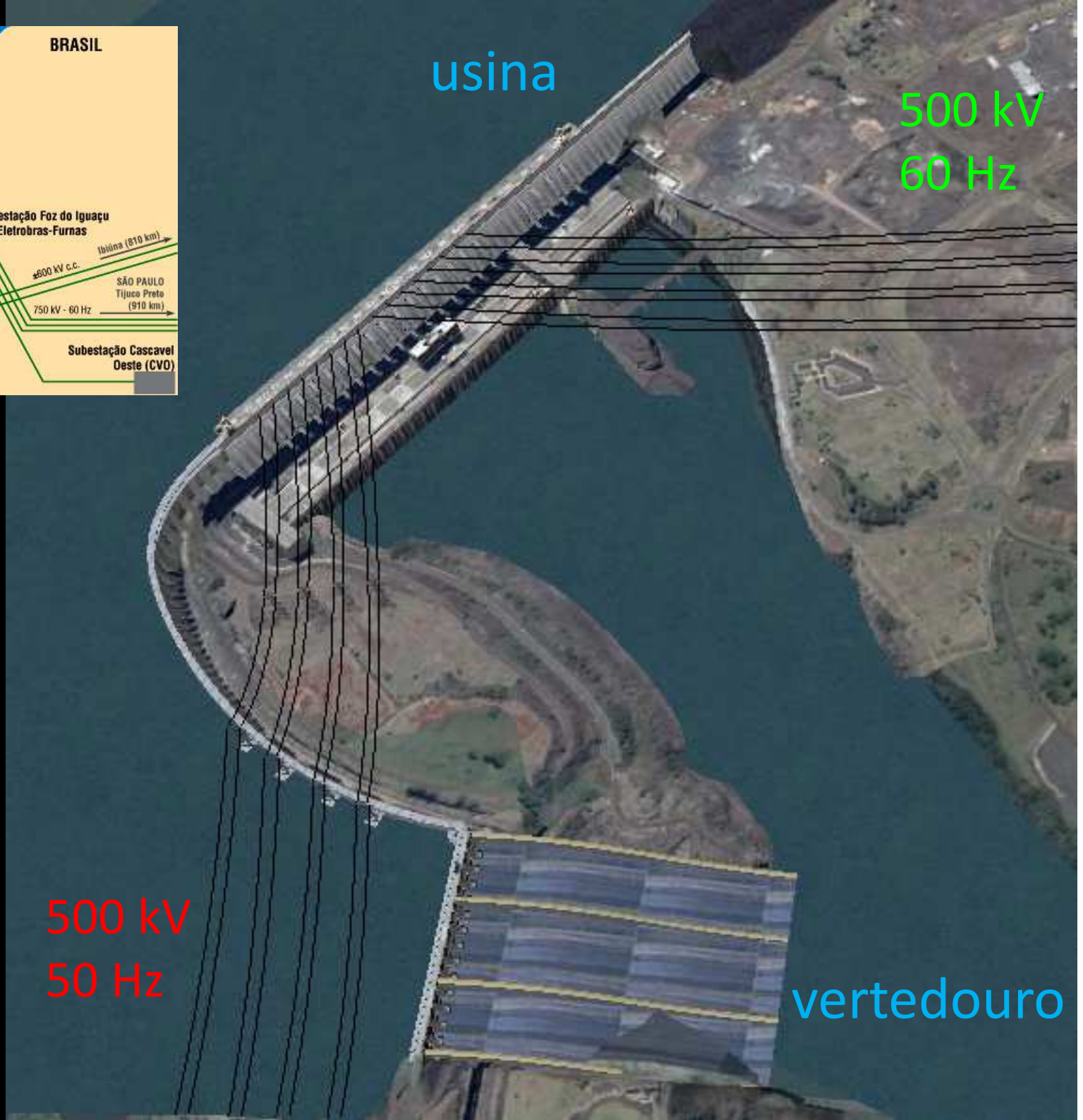
Geradores + Turbinas
(casa de força)





usina

500 kV
60 Hz



500 kV
50 Hz

vertedouro

Geradores + Turbinas
(casa de força)

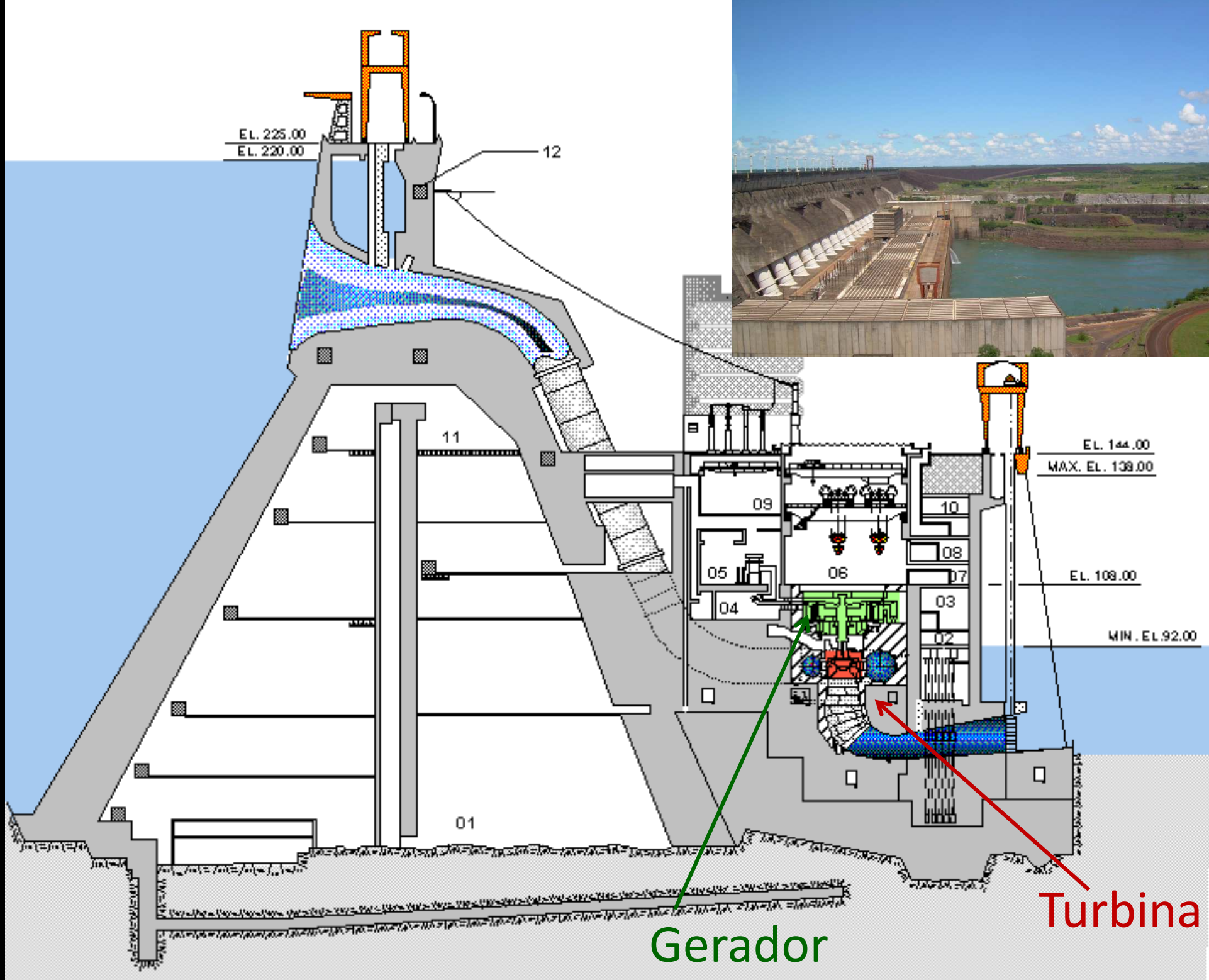
Subestação da
casa de força

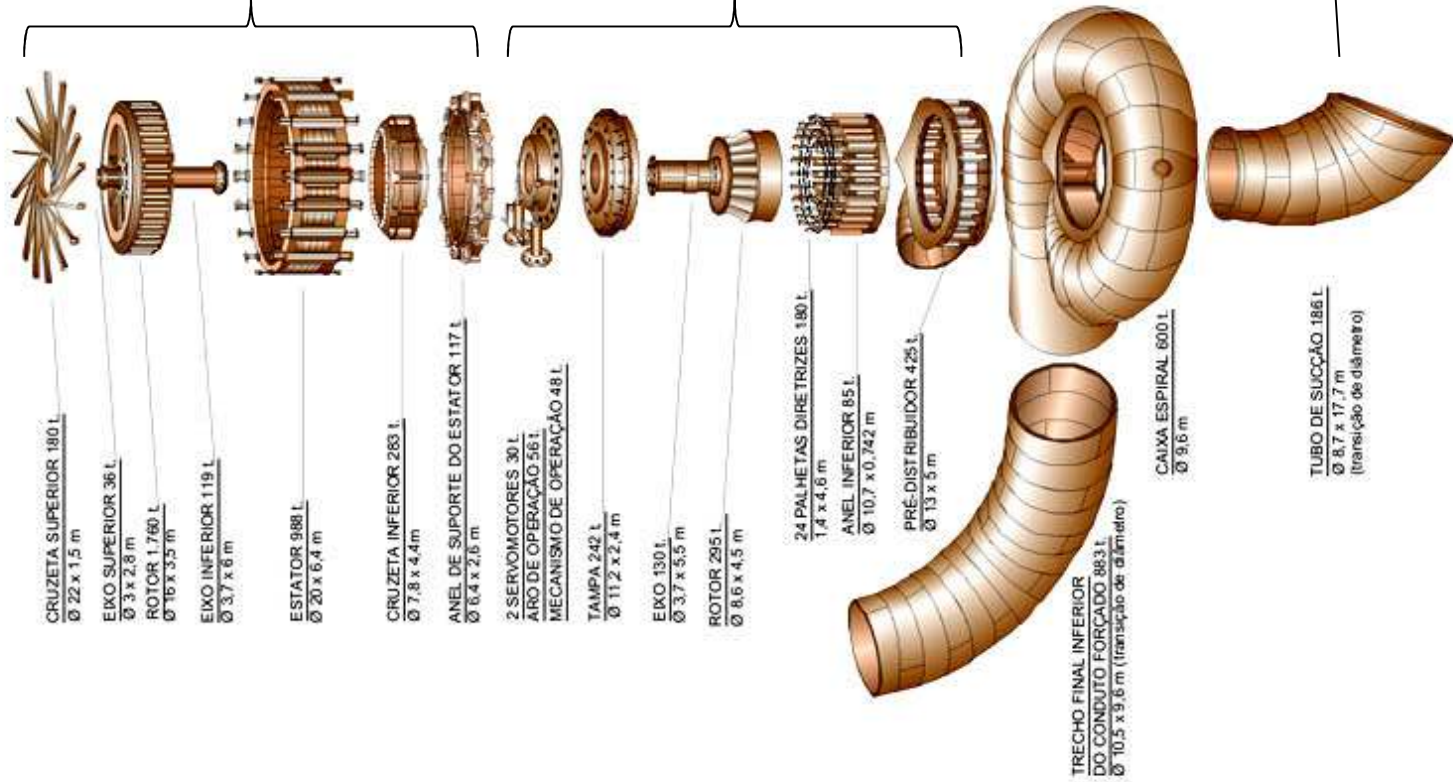
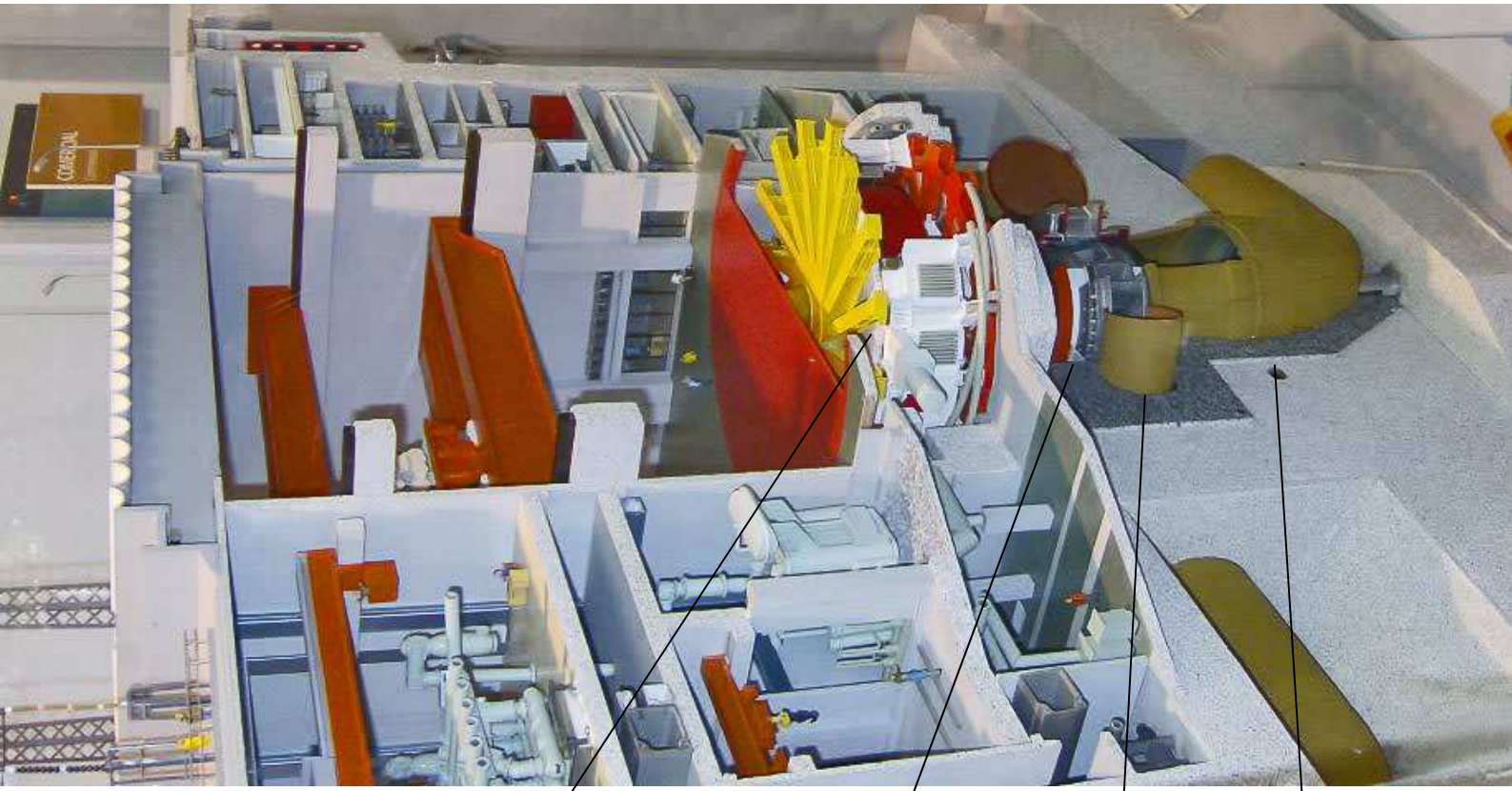
Linhas de
Transmissão
(saída da
casa de força)



50 Hz

60 Hz



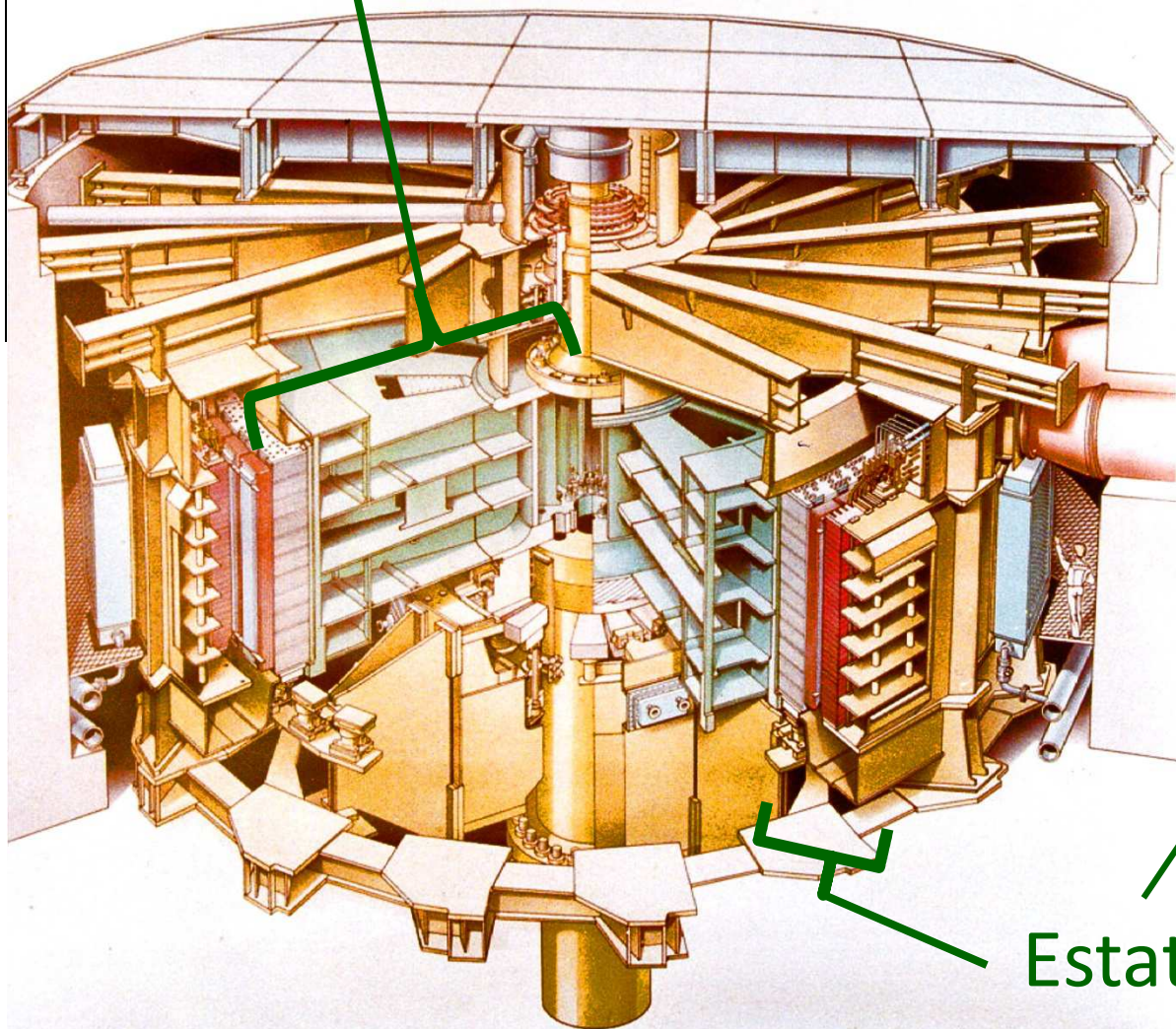


SIEMENS

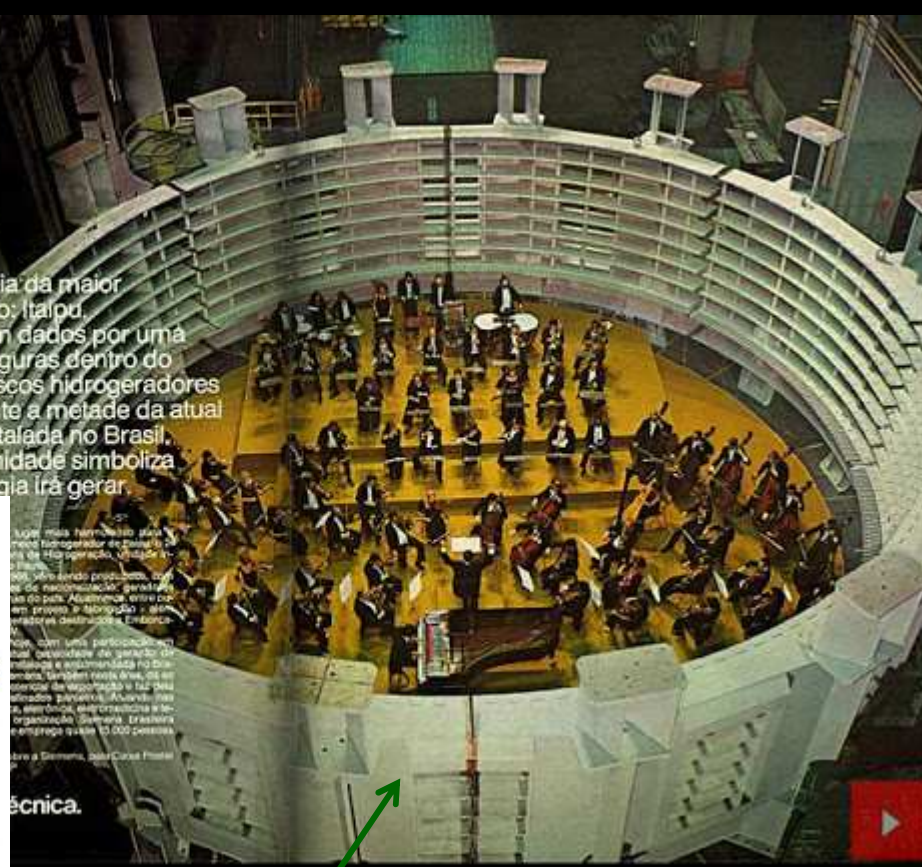
"Ouverture" de Itaipu.

Aproxima-se o dia da estréia da maior usina hidrelétrica do mundo, Itaipu. Os primeiros acordes foram dados por uma orquestra sinfônica de 80 figuras dentro do 1º de uma série de gigantescos hidrogeradores que representa praticamente a metade da atual capacidade hidrelétrica instalada no Brasil. O início da entrega da 1ª unidade simboliza o progresso que essa energia irá gerar.

Rotor

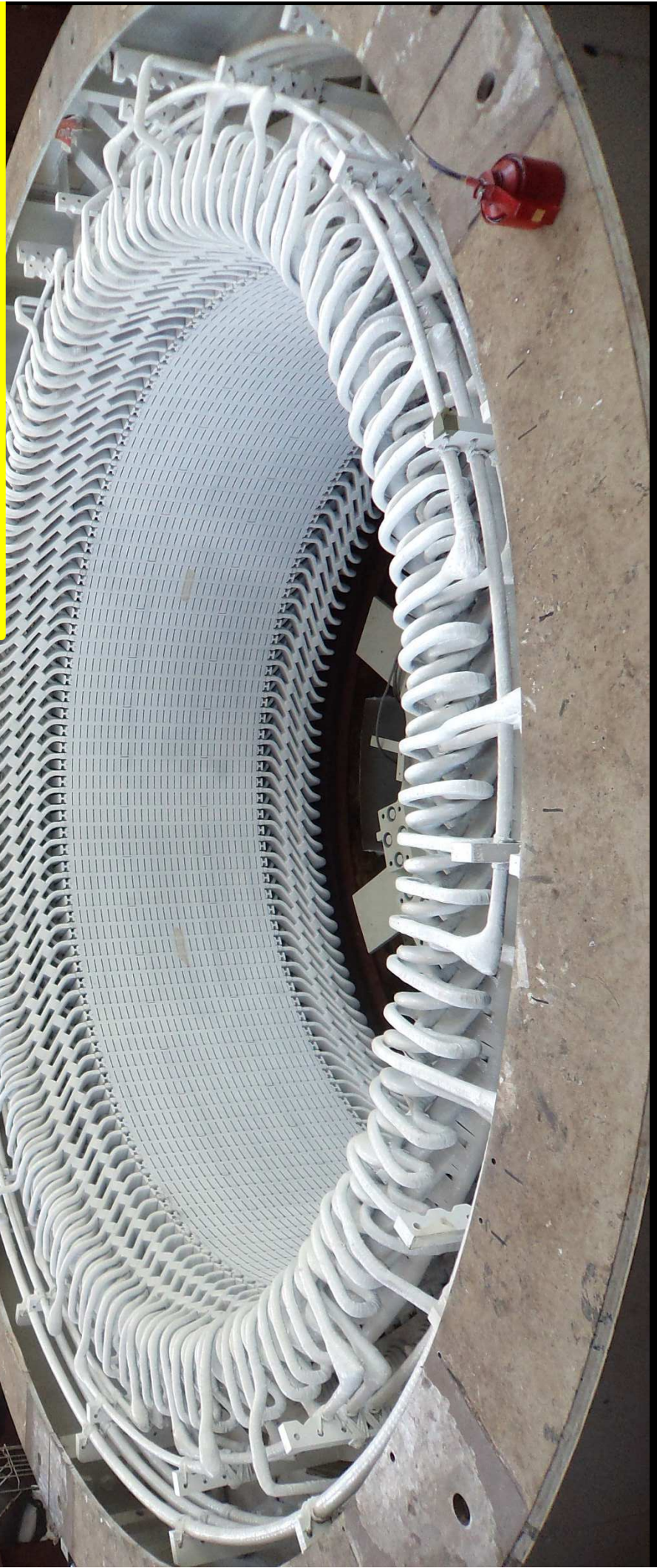


Estator



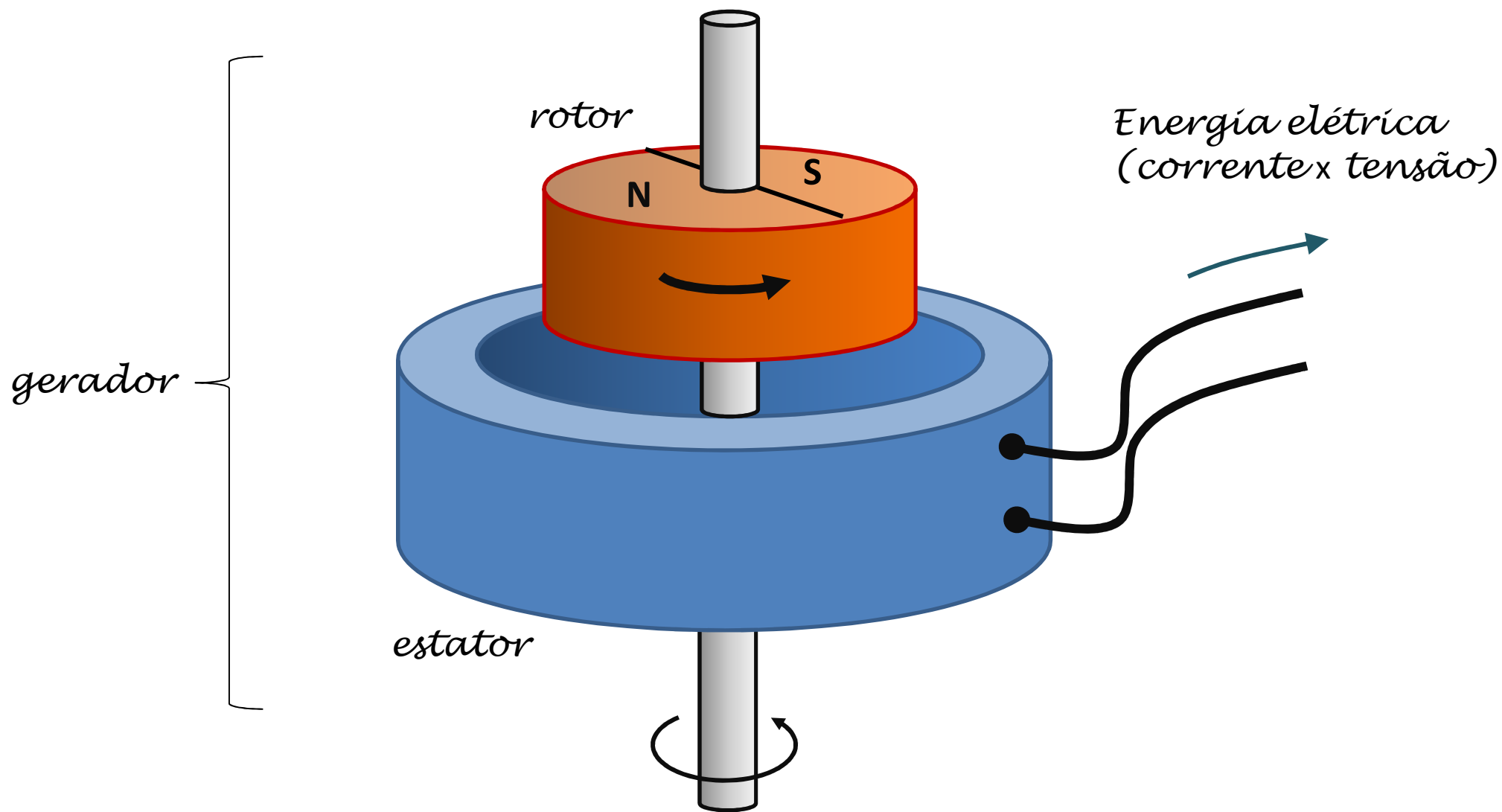


1270 ton.





A seção dos condutores dos enrolamentos do gerador depende da magnitude da corrente e de restrições mecânicas e geométricas



Turbina →

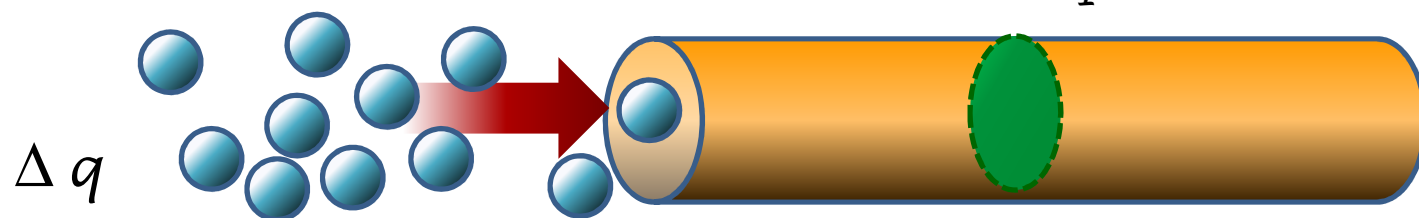
Energia mecânica (rotação)



Quanto maior a seção do condutor, tanto maior sua capacidade de condução de corrente elétrica

Intervalo de tempo Δt

Carga elétrica Δq

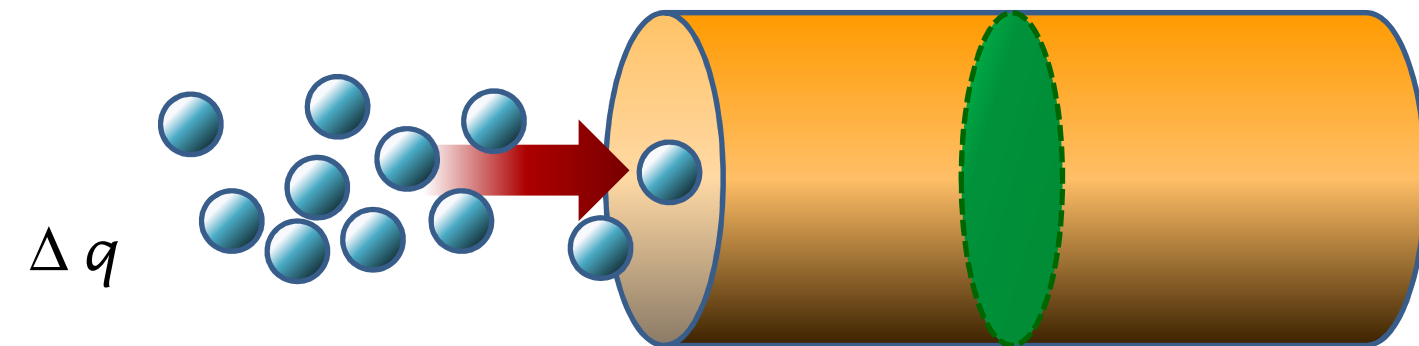


Δq

S_1

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

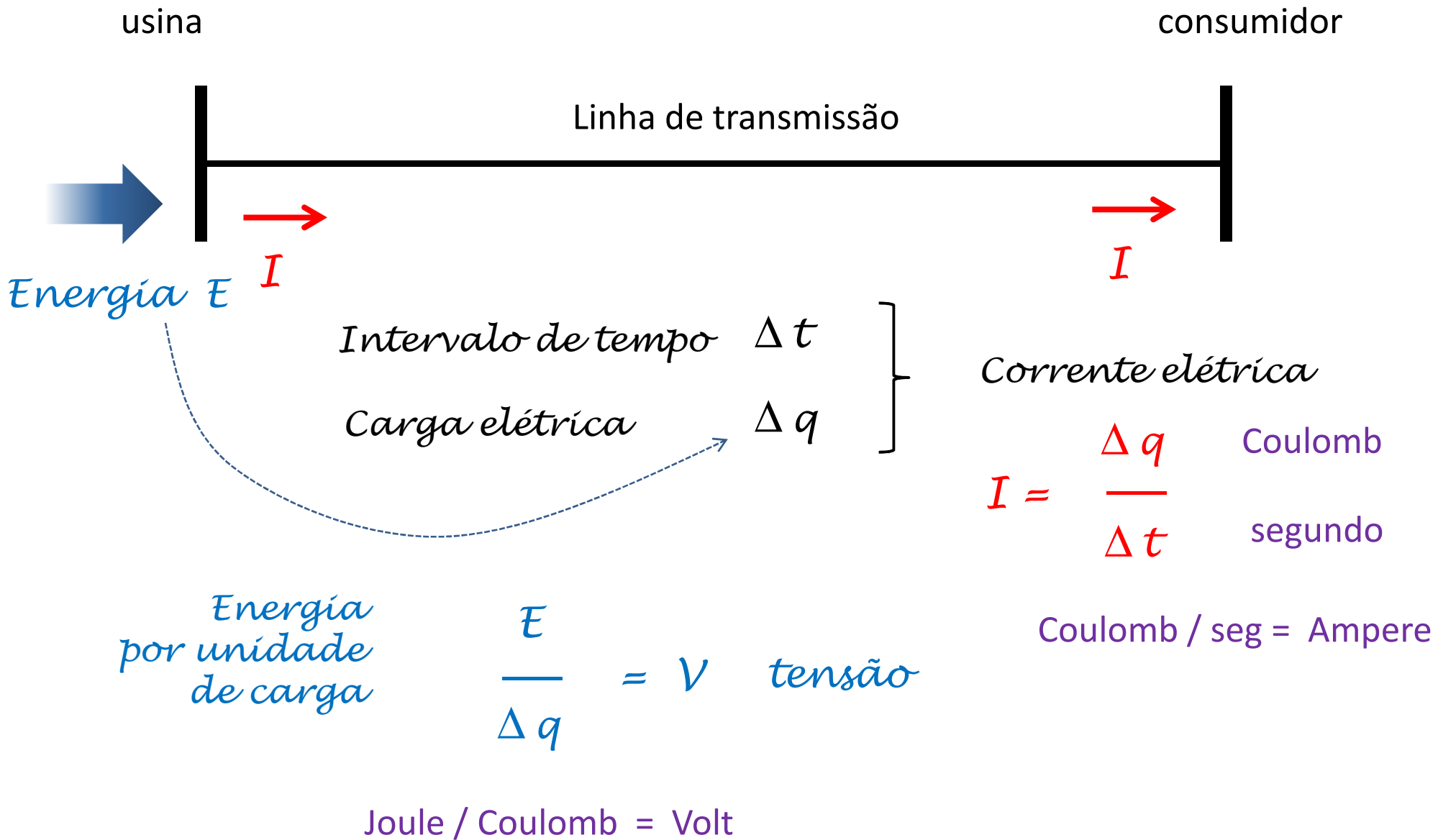
Coulomb
segundo



Δq

S_2

Seção $S_2 > S_1$





$$V \times I = \frac{\mathcal{E}}{\Delta q} \times \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = P$$

Corrente elétrica

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Coulomb
segundo

Coulomb / seg = Ampere

Potência elétrica

Joule / seg = Watt

Energia por unidade de carga

$$\frac{\mathcal{E}}{\Delta q} = V \text{ tensão}$$

Joule / Coulomb = Volt

Pontos a considerar na geração

- **Tem-se uma potência gerada**
 - **800 MW /máquina**
- **Potência = tensão x corrente**
 - maior a corrente → maior a seção condutora
 - maior a tensão → maior a isolação
- **Proporção ideal de tensão x corrente**
(resultante do projeto eletromecânico do gerador)
 - **Tensão → 20 kV**
 - **Corrente → 40 kA**

Pontos a considerar na transmissão

- Tem-se uma potência gerada
 - 800 MW /máquina
- São 20 máquinas → 800 MW x 20 = **16 GW**
 - 4 de 60 Hz e 16 de 50 Hz
- Agora $P = V \times I = 16.000 \text{ MW}$
 - A corrente é limitada pelo tamanho dos cabos
 - Dividir a corrente em diversas linhas
 - Elevar a tensão para diminuir a corrente → **subestação elevadora**

Subestação da
casa de força



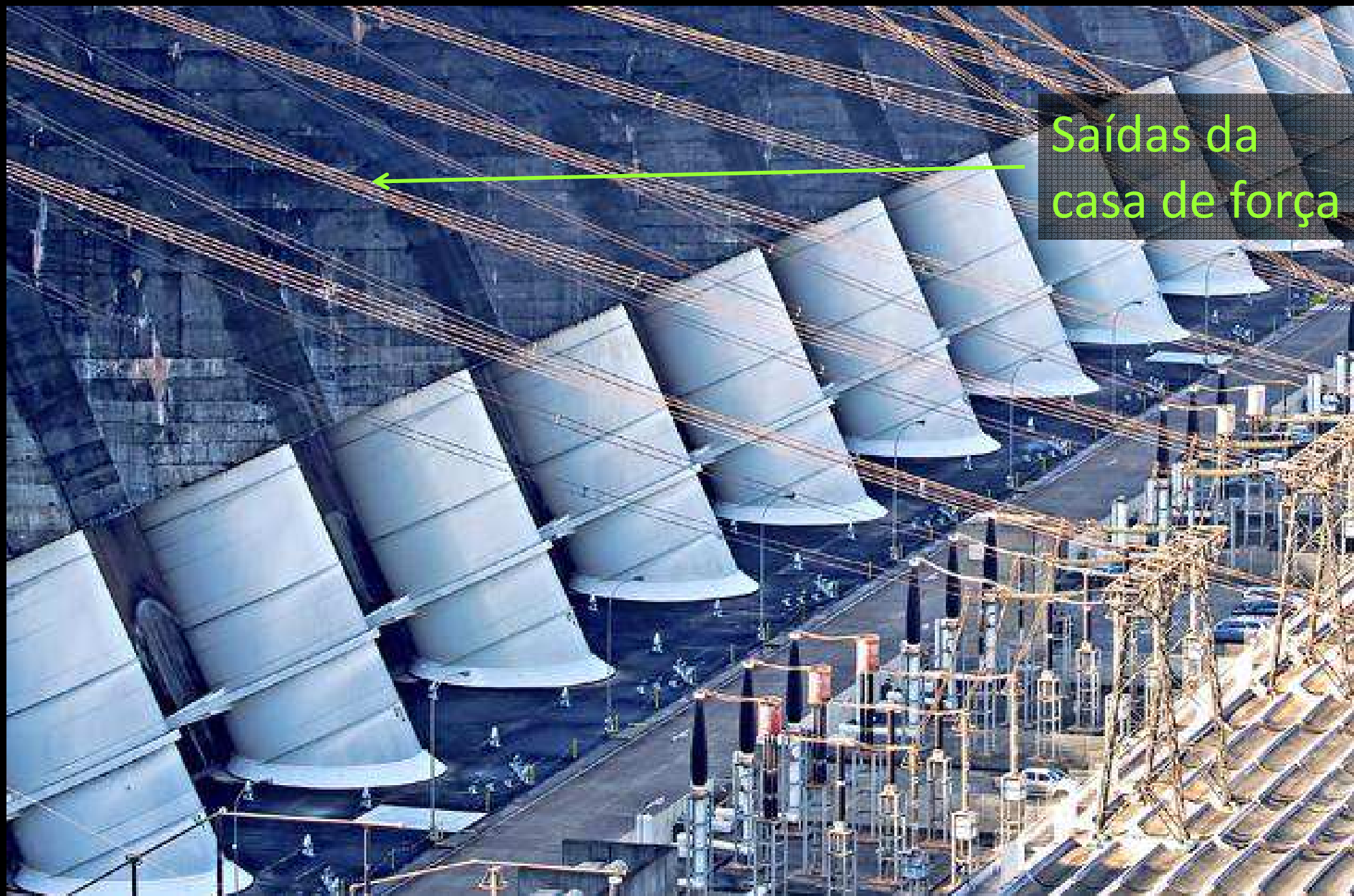


Subestação da casa de força

Linhas de Transmissão (saída da casa de força)

Subestação da casa de força





Saídas da casa de força



comportas

Linhas 500 kV / 50 Hz →



Transformador da casa de força

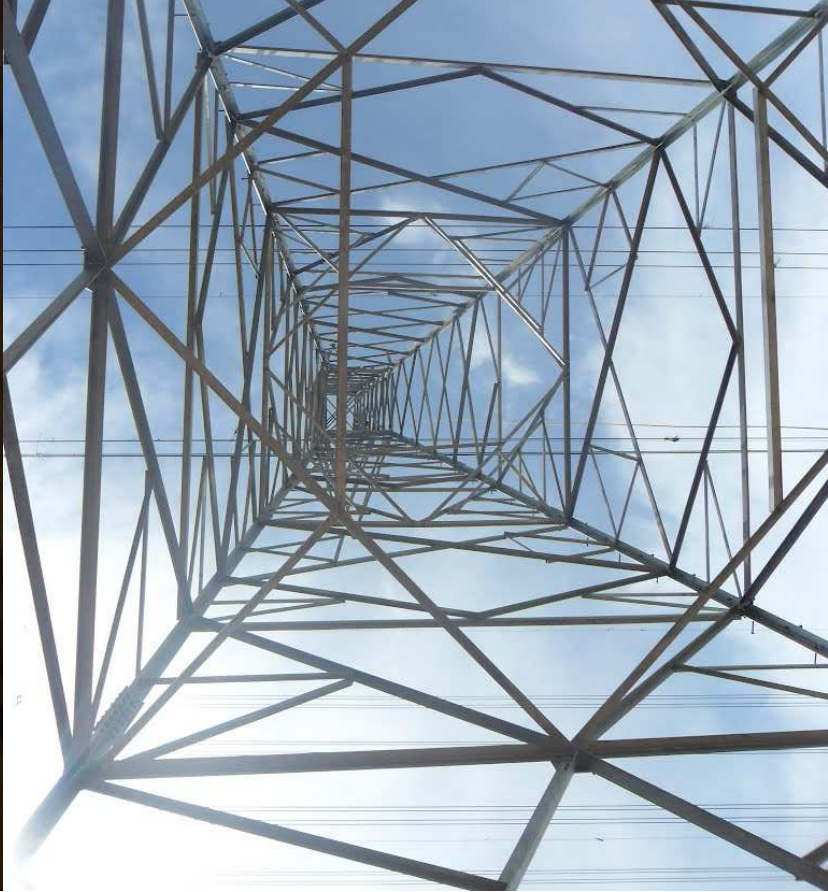


Saída da casa de força



Pátio de chaves e disjuntores



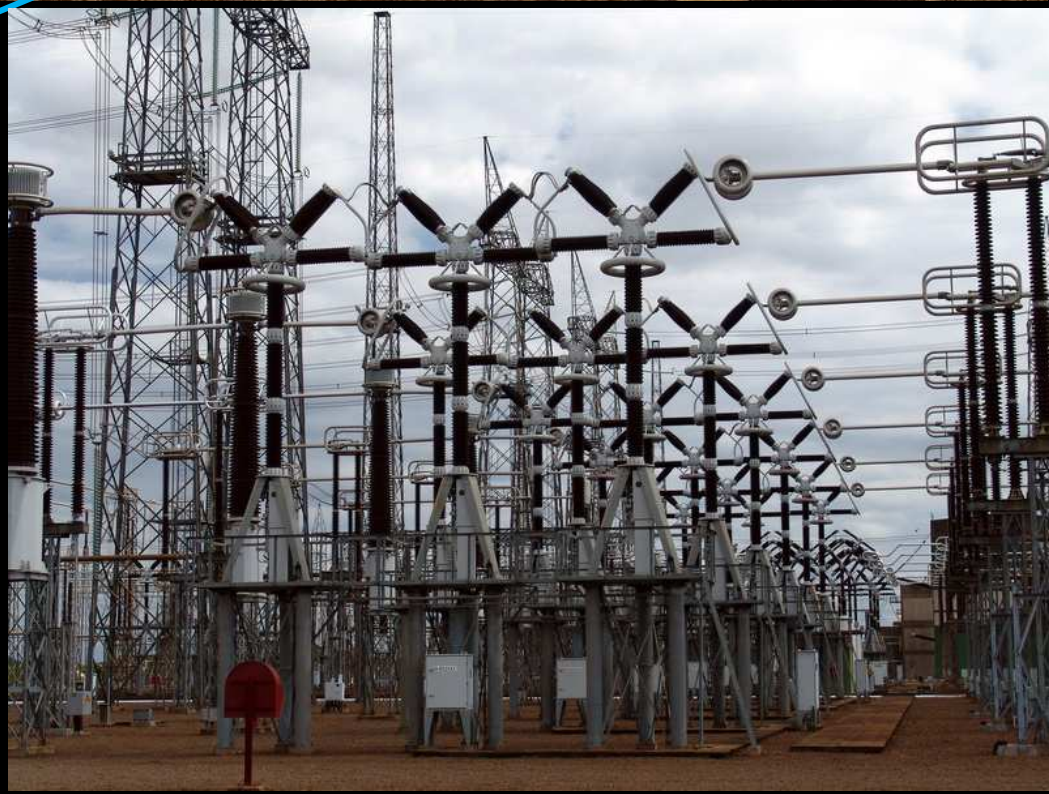


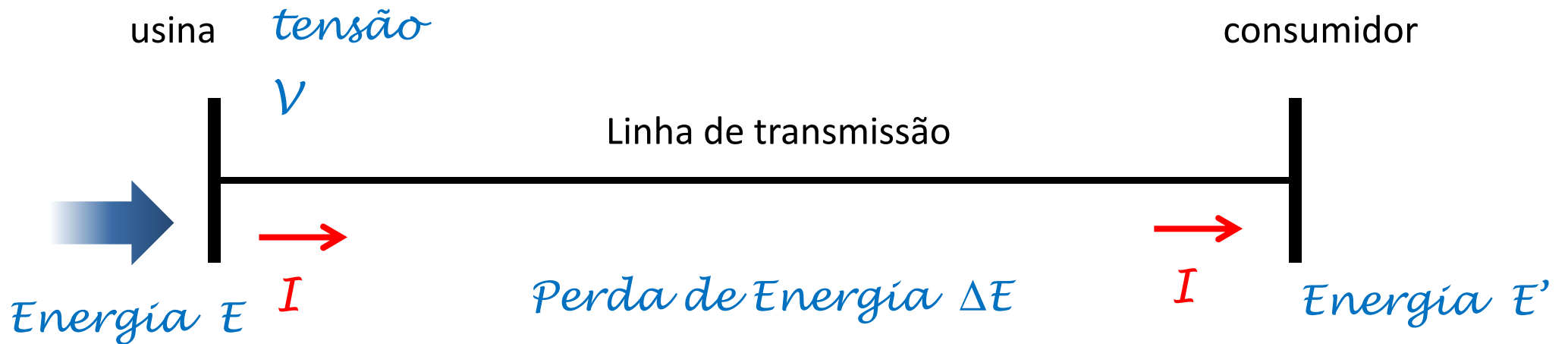




Transformadores

Subestação
elevadora





$$P = V \times I$$

$$\frac{\Delta E = E - E'}{\Delta t} = \Delta P$$

*Perda de
potência*

$$\Delta P = P - P'$$

$$\Delta P = V \cdot I - V' \cdot I'$$

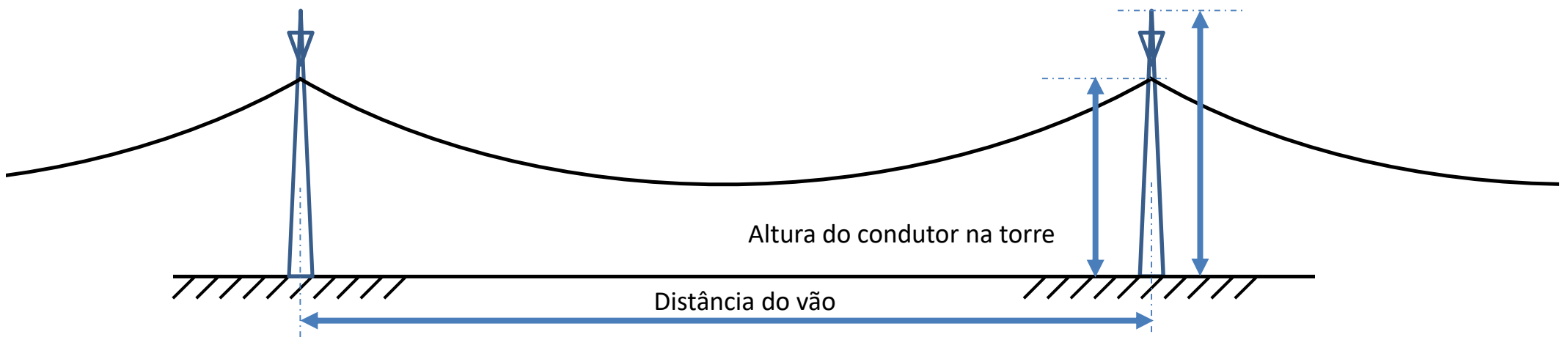
$$I = I'$$

$$\Delta P = (V - V') \cdot I = \Delta V \cdot I$$

*queda de
tensão*

Características

- Extra-alta tensão. Ex: 750kV em AC e 500kV em DC.
- Torres de 50 metros de altura, para vãos de até 500 metros de extensão.
- Suportam o peso de mais de 10 toneladas de cabos e isoladores.
- Suportam trações e outros esforços devido a oscilações ocasionadas por ventos e outros fatores.



Alguns tipos de torre



115 kV Wood H-Frame
Average height 65'
Average span 750'



115 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 70' - 90'
Average span 350' - 900'



115 kV Steel Lattice
Average height 75'
Average span 1150'



230 kV Wood H-Frame
Average height 70'
Average span 750'



230 kV Steel Lattice
Average height 85'
Average span 1150'



230 kV Steel Lattice
Double Circuit
Average height 120'
Average span 1150'



230 kV Improved Appearance
Average height 110'
Average span 900'



230 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 115'
Average span 900'



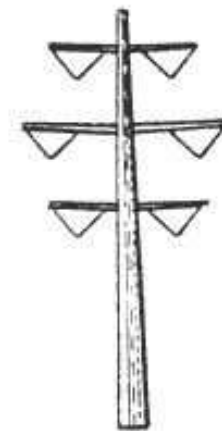
500 kV Lattice
Average height 135'
Average span 1150'



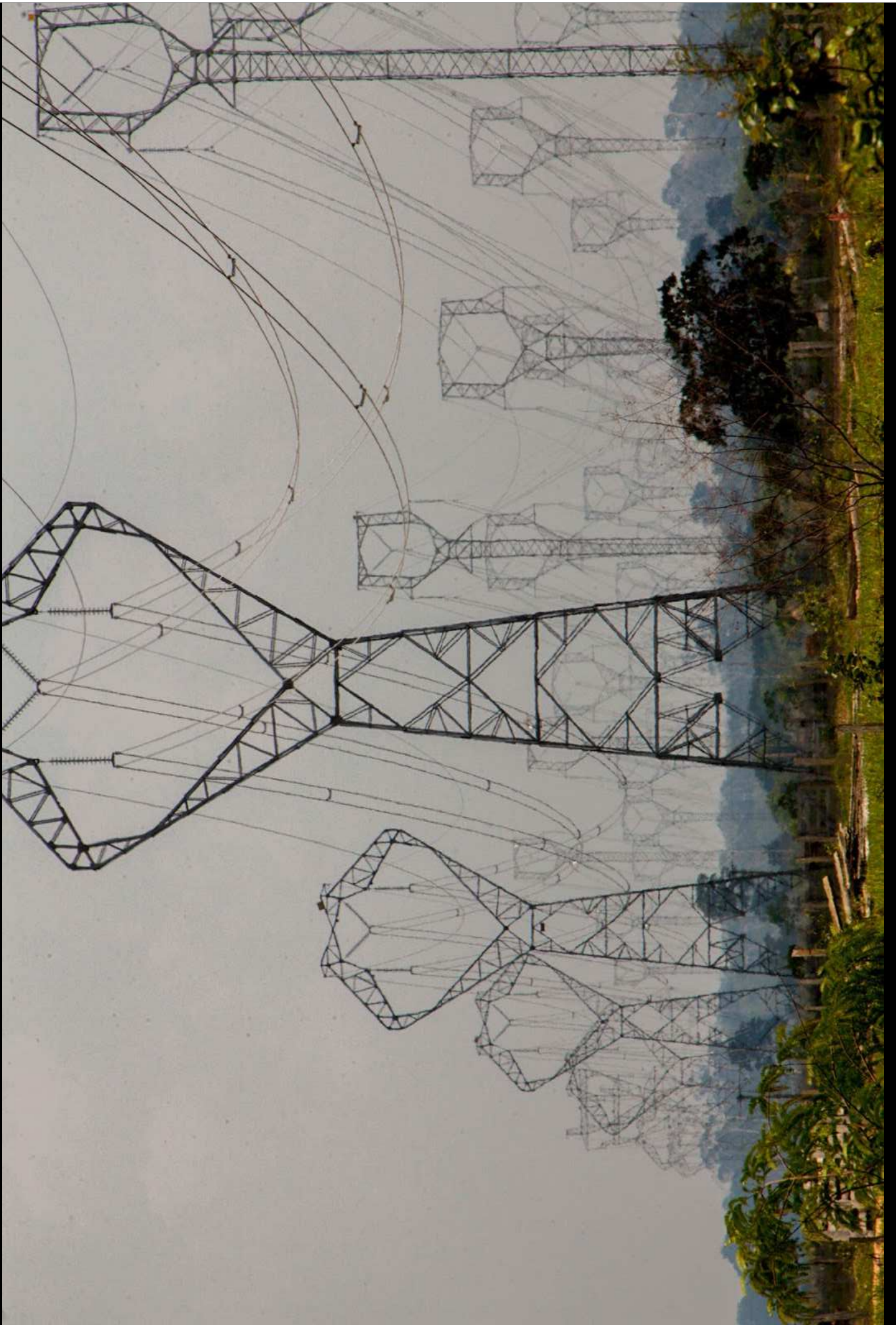
500 kV Lattice
Average height 125'
Average span 1150'



500 kV Steel Lattice
Double Circuit
Average height 170'
Average span 1150'

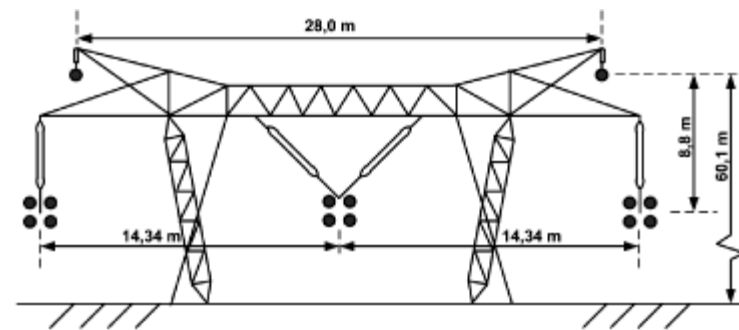
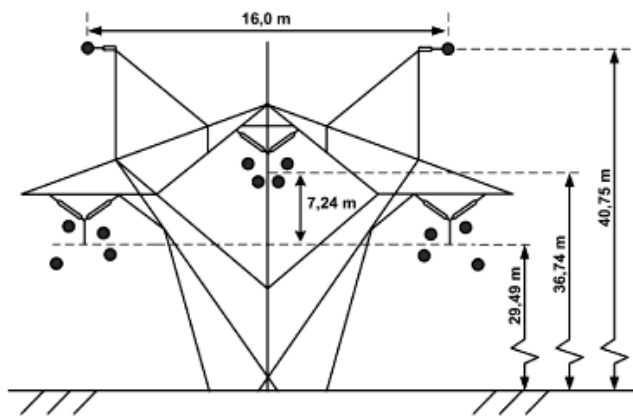
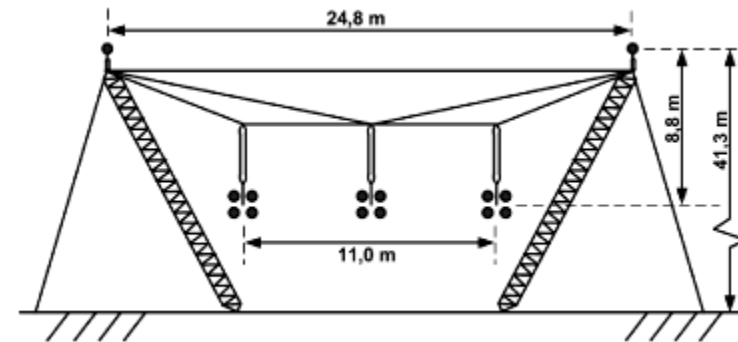
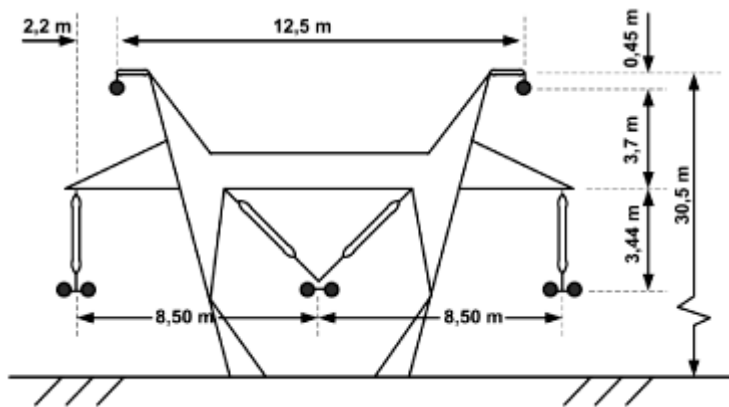


500 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 170'
Average span 1150'



Detalhes de algumas geometrias

- Detalhes de algumas geometrias.





Sumário

1. Caracterização da Engenharia Elétrica
2. Conceitos fundamentais
3. Atividade prática de projeto
4. Discussão



Preparação

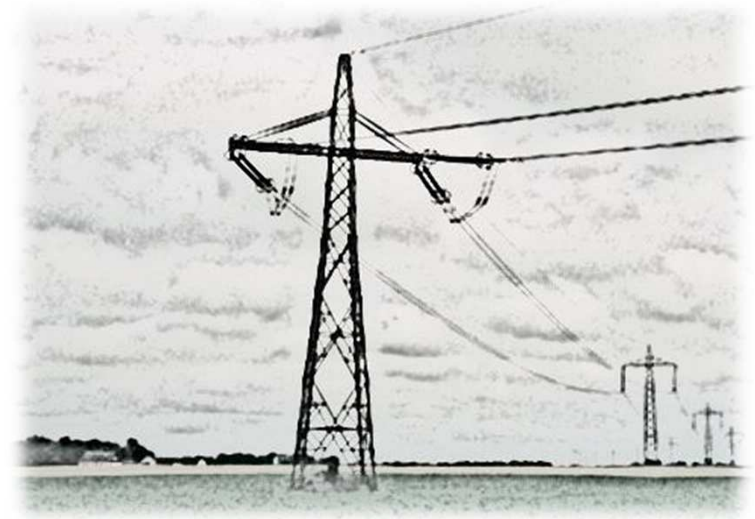
- Dividir a sala em grupos de 4 a 5 alunos.
- Os alunos de um mesmo grupo devem preencher o nome, número USP na lista disponibilizada pelo professor.
- Tais grupos poderão ser modificados a critério do professor durante o semestre.





Objetivos

- Criar uma estrutura representativa de uma torre de transmissão de energia, capaz de sustentar 2 condutores, a uma certa altura do chão, utilizando os materiais disponíveis, respeitando-se as distâncias mínimas de cada condutor:
 - com relação ao chão;
 - com relação a qualquer elemento da estrutura;
 - com relação aos demais condutores.





Recursos disponíveis

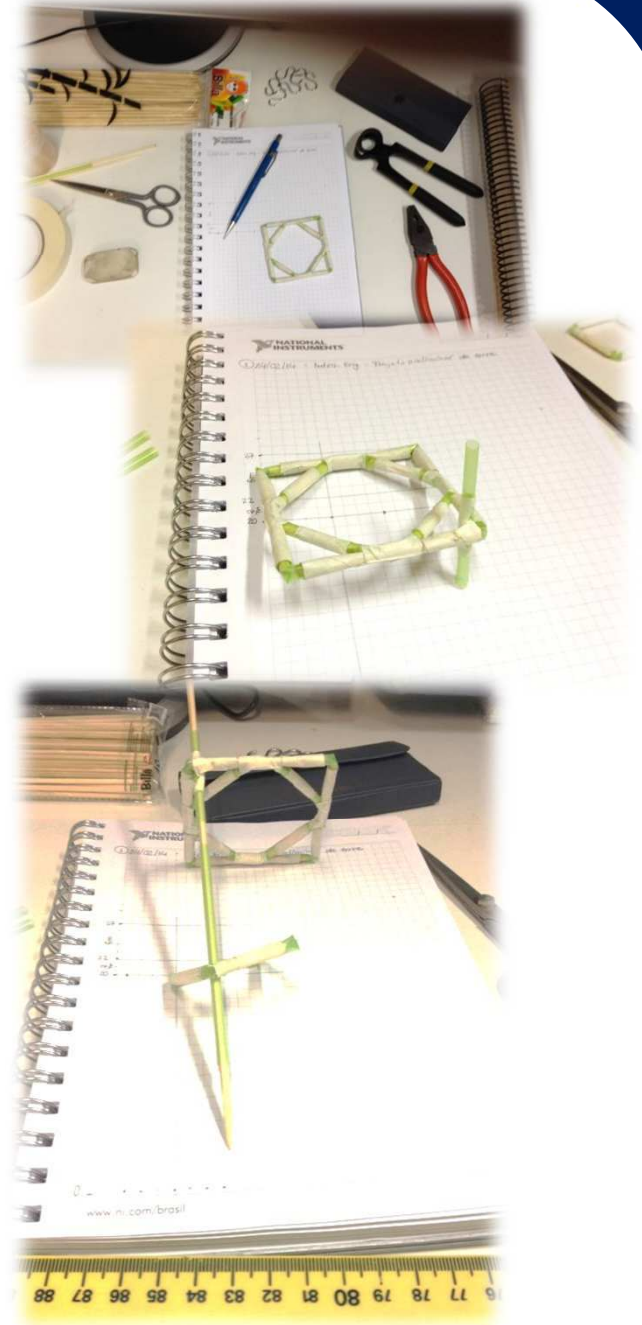
- Quatro a cinco integrantes
- Uma mesa
- Correntes metálicas para representar os cabos condutores
- Para elaboração e fixação da estrutura:
 - Palitos de madeira
 - Canudinhos de plástico
 - Fita crepe
 - Clipes para a fixação das correntes
 - Alicate torquês e tesoura
 - Base de isopor para fixação da estrutura
 - Esquadros e réguas





Restrições básicas do projeto

- A estrutura só pode ser construída com os materiais fornecidos (palitos, canudos, fita crepe, cliques).
- A estrutura deve permanecer estável até o final da atividade.
- A estrutura deve ser fixada na base de isopor.
- Deve atender as distâncias de isolamento dos condutores.





Restrição de engenharia – condutores

- Os dois condutores (correntes)
 - Deve estar suspensos na estrutura, de forma a permanecer a uma distância mínima de 20,0 [cm] do chão, com relação ao pé da torre.
 - Deve guardar uma distância mínima de 4,0 [cm] de qualquer parte da estrutura da torre.
 - Cada condutor deve ser fixado na estrutura da torre através de um clips.



Forma de apresentação e avaliação

- Ao final da execução do exercício
 - O grupo deve apresentar sua solução em menos de 2 minutos para a sala
- A torre de cada grupo será submetida a esforços para testar seu equilíbrio e rigidez.
- A sala irá escolher o melhor projeto de torre.



Restrição de cronograma

- Os alunos tem 45 minutos para executar o projeto.
BOM PROJETO!



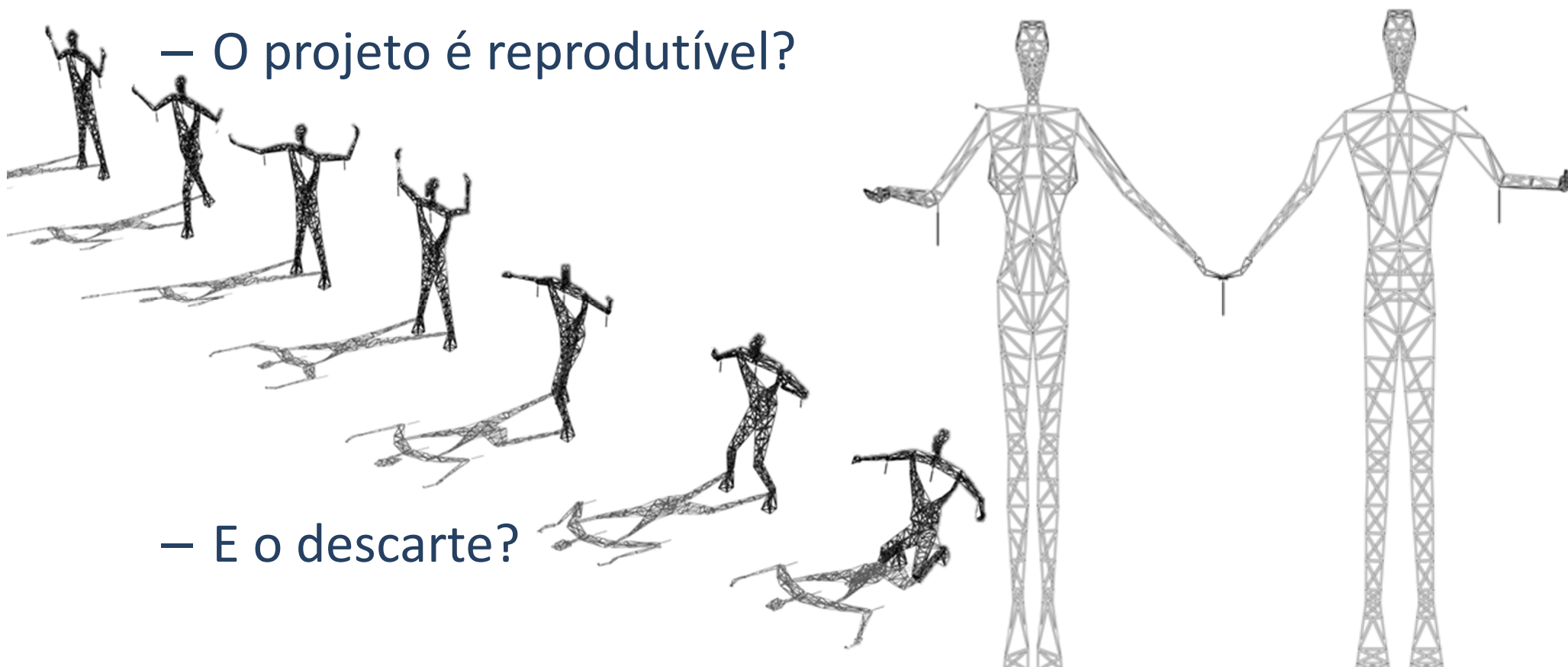
Sumário

1. Caracterização da Engenharia Elétrica
2. Conceitos fundamentais
3. Atividade prática de projeto
4. **Discussão**
 - Discussão dos resultados da atividade prática
 - Informações sobre o Moodle
 - Atividades para a próxima aula



Avaliação dos resultados da atividade

- Projeto atende a todos os requisitos?
- Projetos tem documentação? Memorial de cálculo?
- Qual o custo de cada torre em materiais?
- O projeto é reproduzível?



- E o descarte?



Mais informações da disciplina

eDisciplinas USP

<https://edisdisciplinas.usp.br/course/view.php?id=50789>

ou

Procurar pela disciplina no eDisciplinas:

0323100

Introdução à Engenharia Elétrica (Ed. 2017)



Para próxima aula

- Acessar o eDisciplinas
- Descobrir o tema do projeto para a edição 2017.
- Cada grupo deve submeter um arquivo descrevendo seu mini-projeto executado, com informações diversas, fotos do design de sua torre, e fotos sobre a forma como os materiais foram descartados e jogados no lixo após a atividade.
- Há um testinho para fazer online, sobre o manual de segurança de uso de laboratórios didáticos com eletricidade!



Referências

- Cunha, A. G., “Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa”, Editora Lexikon, 2012.
- Brittanica Academic Edition, Science and Technology articles, www.britannica.com, 2014.
- IEEE, Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, www.ieee.org, 2014.
- Engineering timelines, “Electrical timeline”, www.engineering-timelines.com, 2014.
- Goldemberg, C., “As máquinas elétricas do século XIX”, PEA, EPUSP, 2007.



Referências

- Escelsa, “História da Energia Elétrica no Brasil”, <http://www.escelsa.com.br/aescelsa/historia-ee-brasil.asp>, 2014.
- Escola Politécnica da USP – 120 anos 1893/2013, Editora Riemma, 2013.
- Poli – Elétrica, 100 Anos de Liderança, Editora Riemma, 2013.
- Escola Politécnica da USP, www.poli.usp.br, 2014.



Referências

- Cardoso, J. R., “Uma breve história da engenharia Elétrica”, Material didático desenvolvido para disciplinas da Escola Politécnica da USP.
- Hughes, T. P., “Networks of Power – Electrification in Western Society, 1880-1930”, The Johns Hopkins University Press, 1993.
- Manassero Jr. G., “História da Engenharia Elétrica”, Slides de palestra sobre a história da engenharia elétrica no mundo.