

# MODERNAS PRÁTICAS DE PROJETO

## AUTORES

Palestrante: Eng° Bruno Luiz Castro Martins

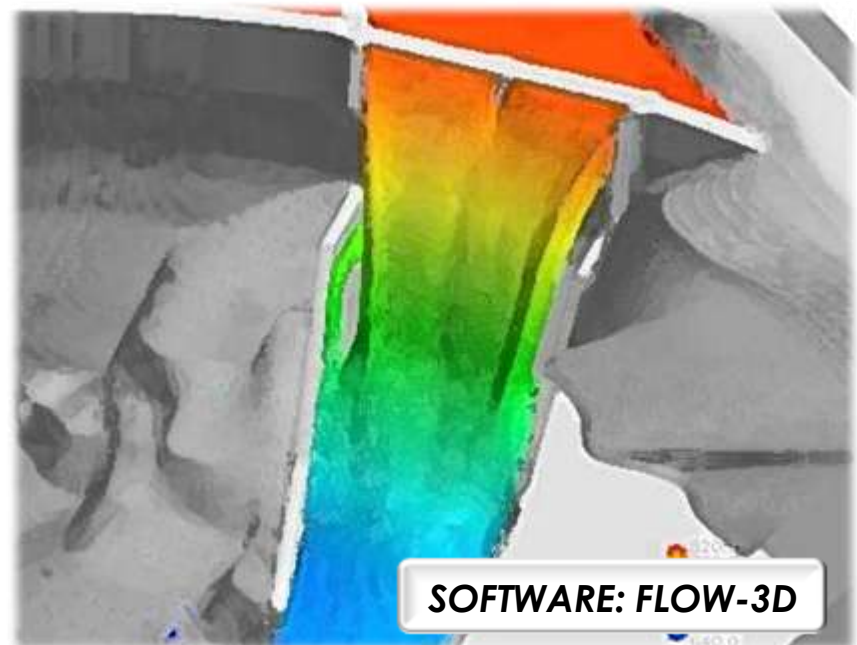
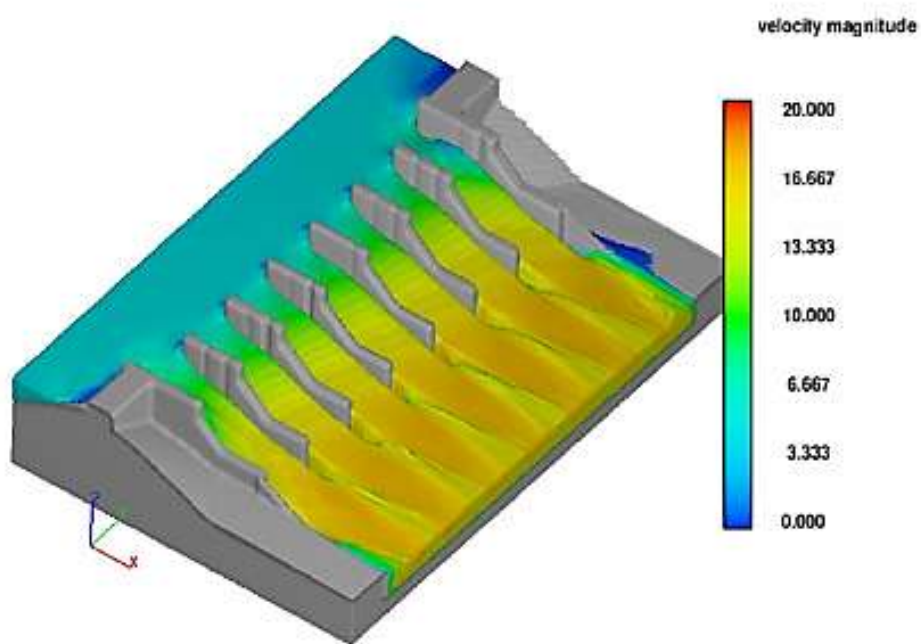
Eng° José Bernardino Botelho

Eng° José Henrique Rodrigues Lopes

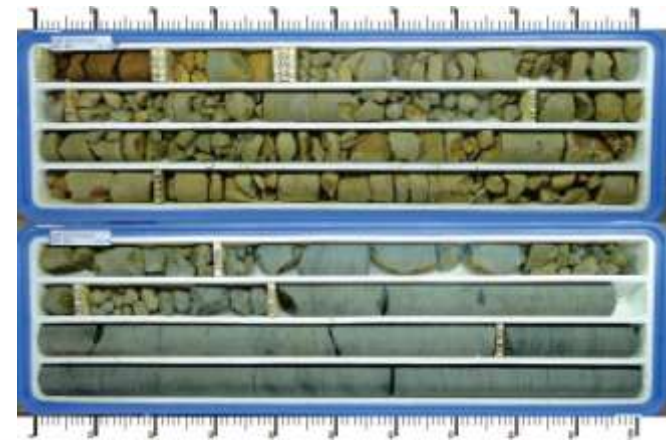
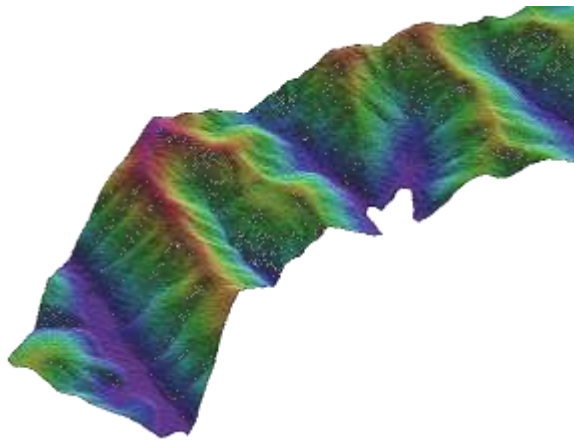
Eng° Marcelo Miranda Botelho

Eng° Nathanael Villela de Ávila

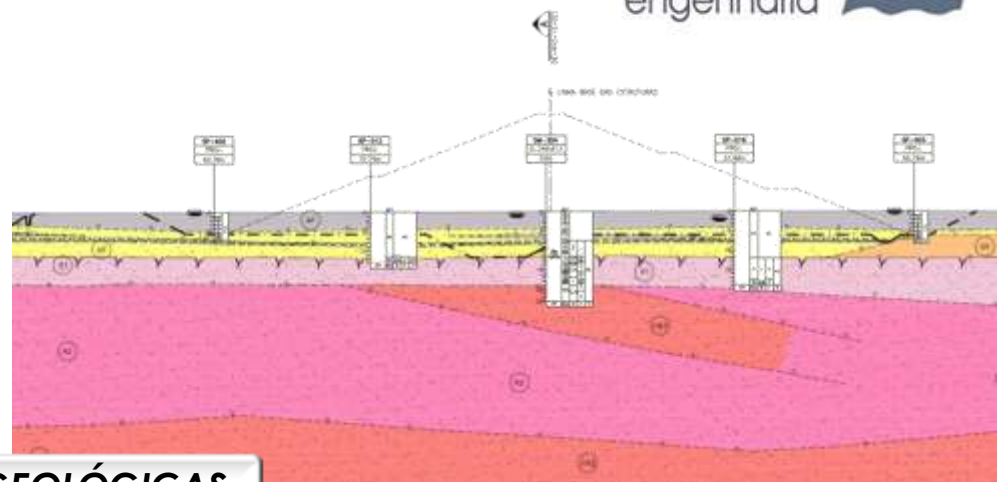
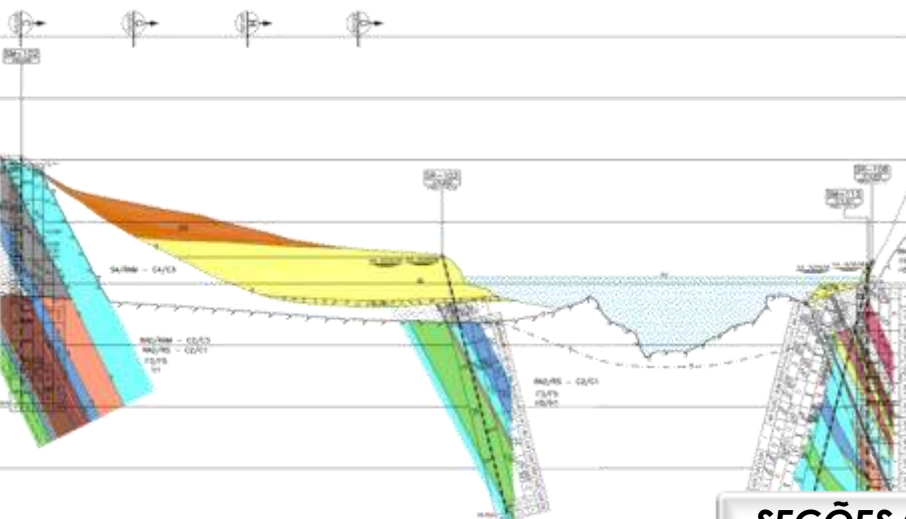
Os avanços nas tecnologias de cálculo e as ferramentas eletrônicas tem viabilizado o desenvolvimento de projetos que atendem à necessidade do mercado no que se refere a prazos e também a quesitos como economia e segurança.



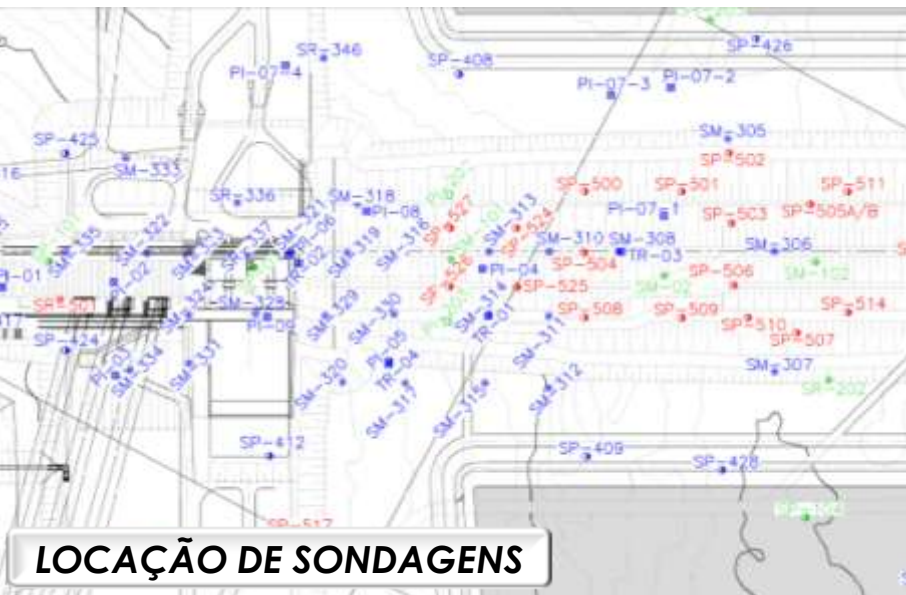
- A Topografia é obtida através de Cartas, Levantamentos Aerofotogramétricos à Laser e Levantamentos Planialtimétricos e Batimétricos em campo.
- O Perfil Rochoso é elaborado a partir de várias informações, tais como Sondagens Rotativas e de Percussão, Linhas de Geofísica e etc.
- Através destes é gerado o Perfil Geológico determinando a profundidade dos vários tipos de solo e rocha em toda área de abrangência do Empreendimento.
- Estas informações geológicas são decisivas na determinação da localização e tipo de Barramento a ser implantado.
- Os dados são transferidas para o Modelo3D, onde darão início à modelagem.



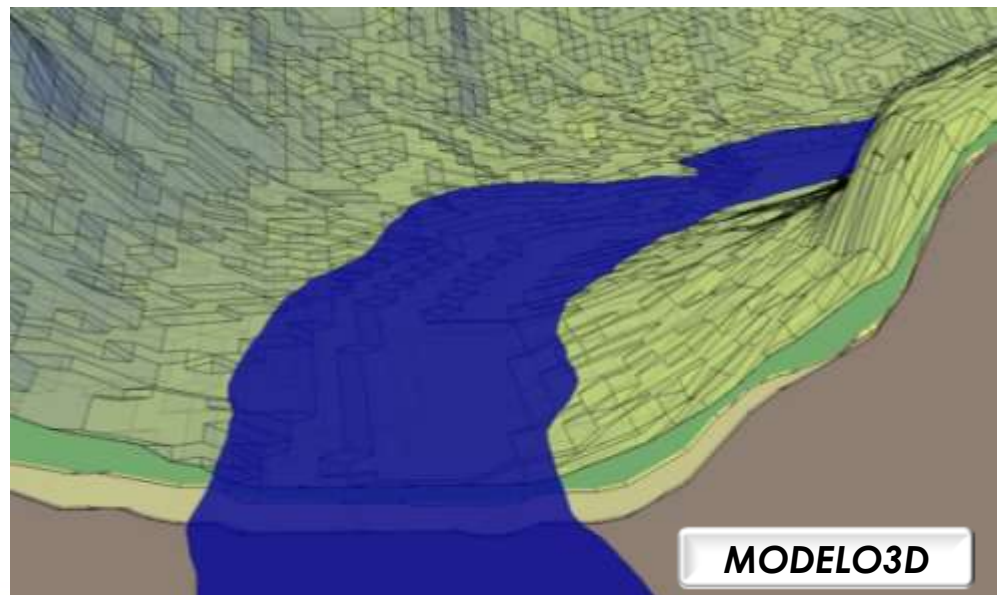
# GERAÇÃO DE TOPOGRAFIA E PERFIS ROCHOSOS



**SEÇÕES GEOLÓGICAS**

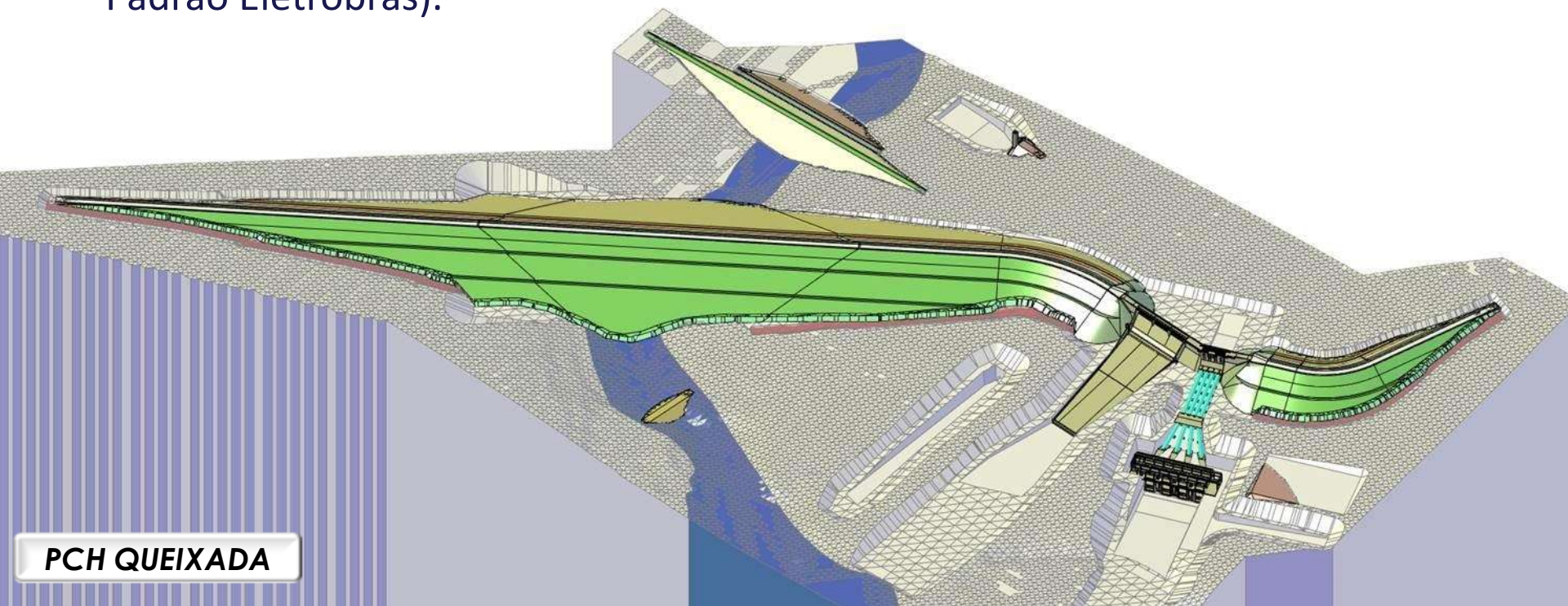


**LOCAÇÃO DE SONDAGENS**



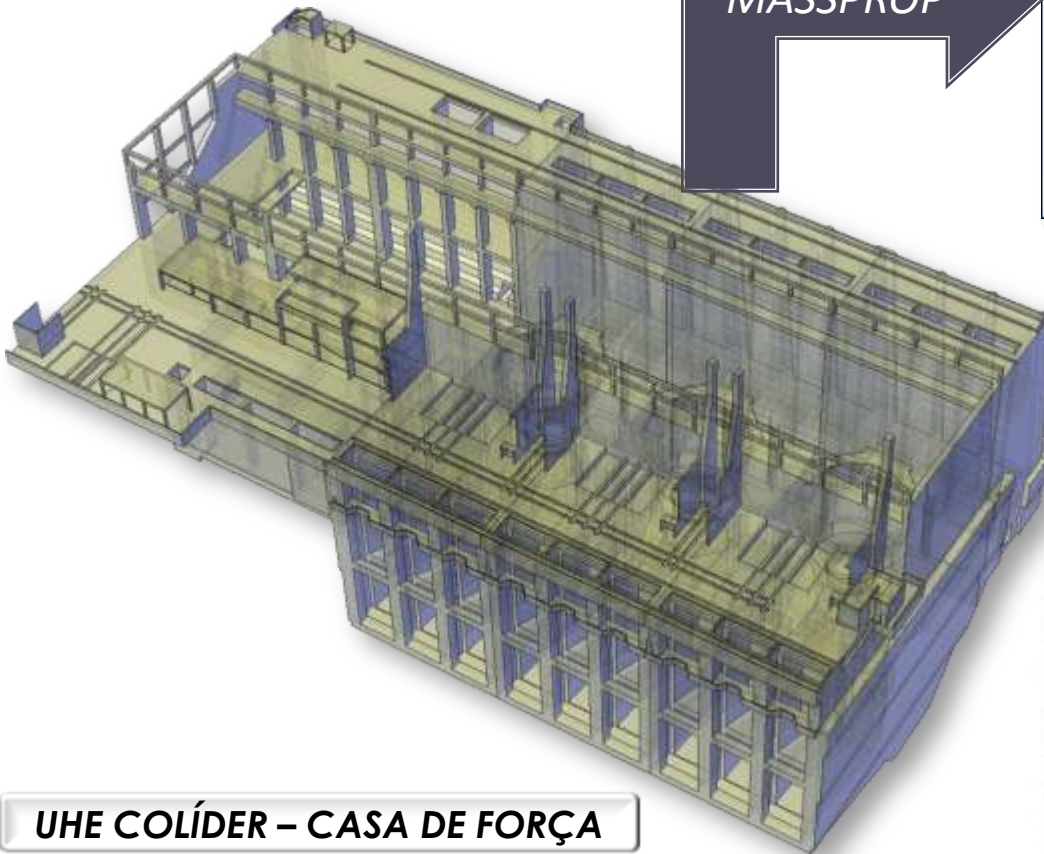
**MODELO3D**

- Primeiro passo para desenvolvimento, análise, consolidação, revisão e execução de um Projeto Básico e/ou Executivo.
- Elaborado após o recebimento das informações básicas do cliente.
- Alta confiabilidade – elevado nível de precisão em dados volumétricos.
- Serve como base para todos desenhos de Arranjo, Formas e Armadura.
- Fornece as quantidades para preenchimento de OPE (Orçamento Padrão Eletrobrás).

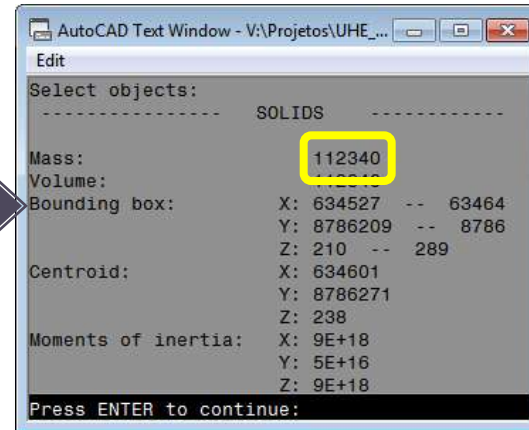


**PCH QUEIXADA**

- Levantamento das quantidades para elaboração de OPE.



MASSPROP

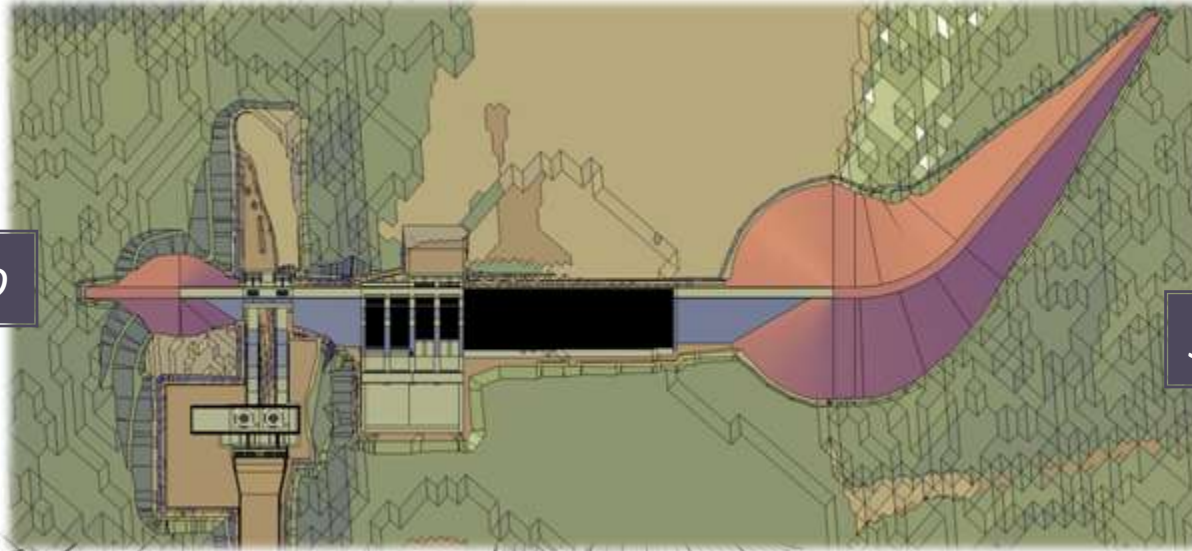


OPE

QUANTIDADE	ITEM	UNID.	UNID.
	<b>ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS</b>		
12	<b>BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA</b>	%	3
13	<b>CASA DE FORÇA (volumes incluídos da Área de Montagem)</b>		
13.00.12	Escavação	gl	
13.00.12.1	Comum	m³	230.400
13.00.12.1	Em Rocha à céu aberto	m³	205.200
13.00.13	Limpeza e tratamento de fundação	m²	11.125
13.00.14	Concreto Convencional	gl	
13.00.14.1	Cimento (fornecimento e manuseio) 330kg/m³	t	33.702
13.00.14.1	Concreto sem cimento	m³	112.340
13.00.14.1	Armadura 70kg/m²	t	7.864
13.00.15	Concreto Massa	gl	
13.00.15.1	Cimento 175kg/m³	t	6.903
13.00.15.1	Concreto sem cimento	m³	39.449
13.00.16	Concreto de Regularização	gl	
13.00.16.1	Cimento 100kg/m³	t	120
13.00.16.1	Concreto sem cimento	m³	1.200

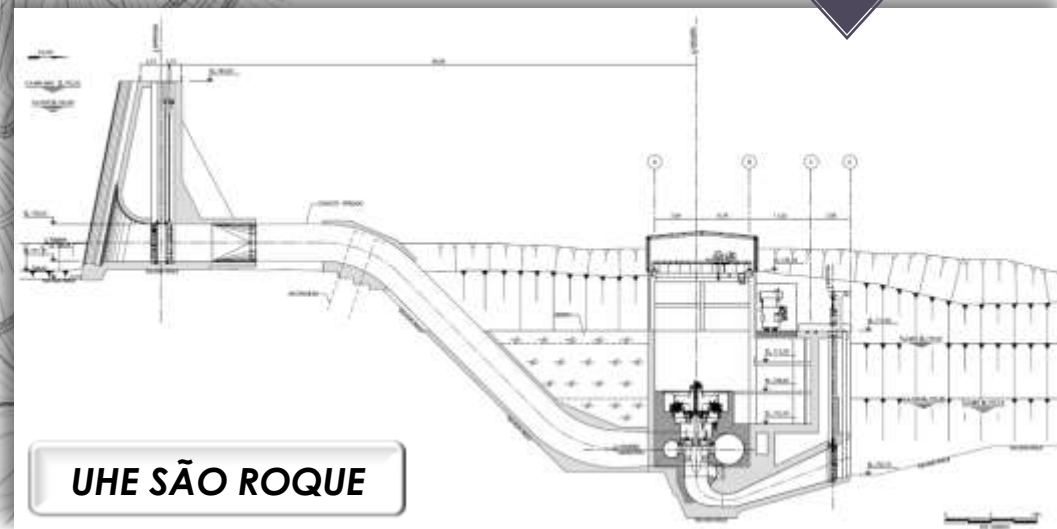
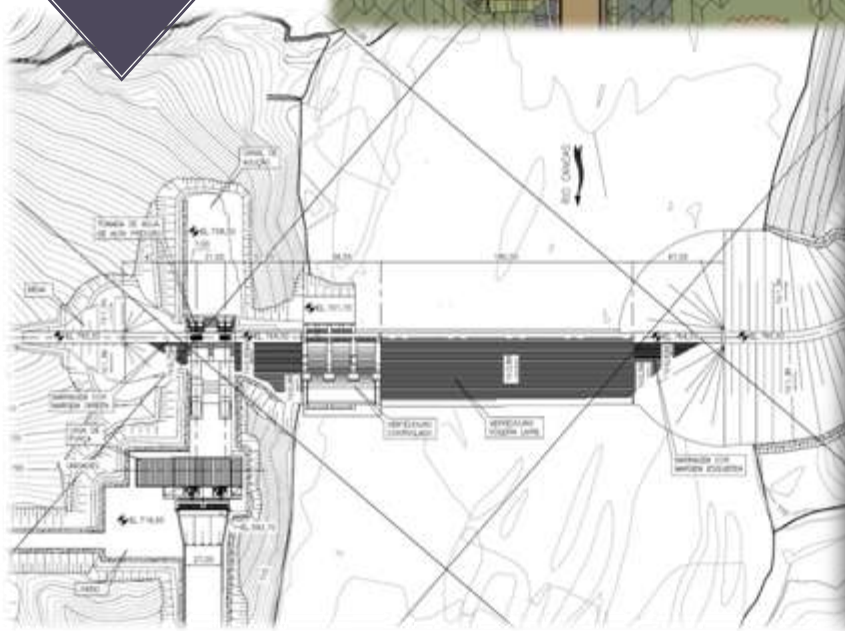
UHE COLÍDER – CASA DE FORÇA

- Elaboração de desenhos de Arranjo a partir do Modelo3D.



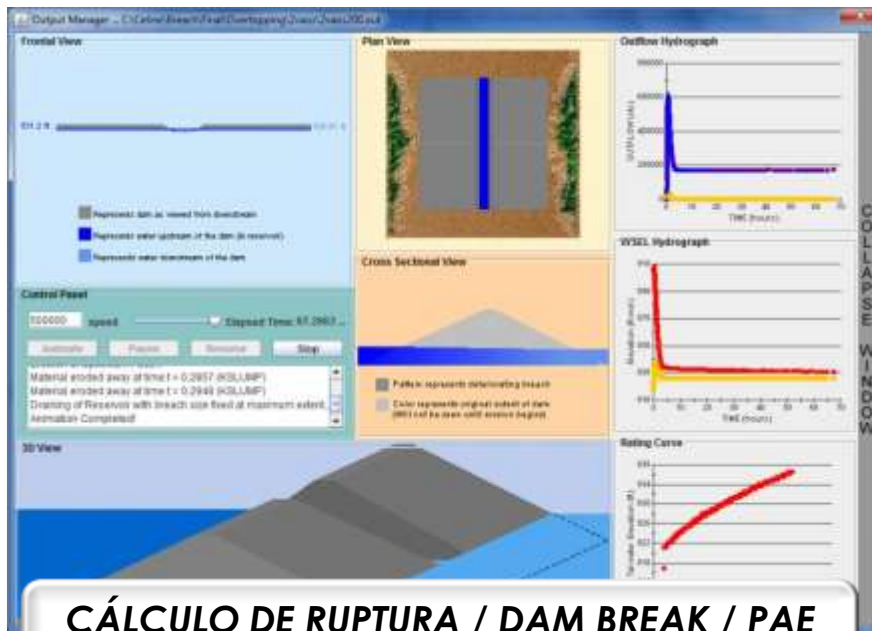
PLANTA 2D

SEÇÃO 2D

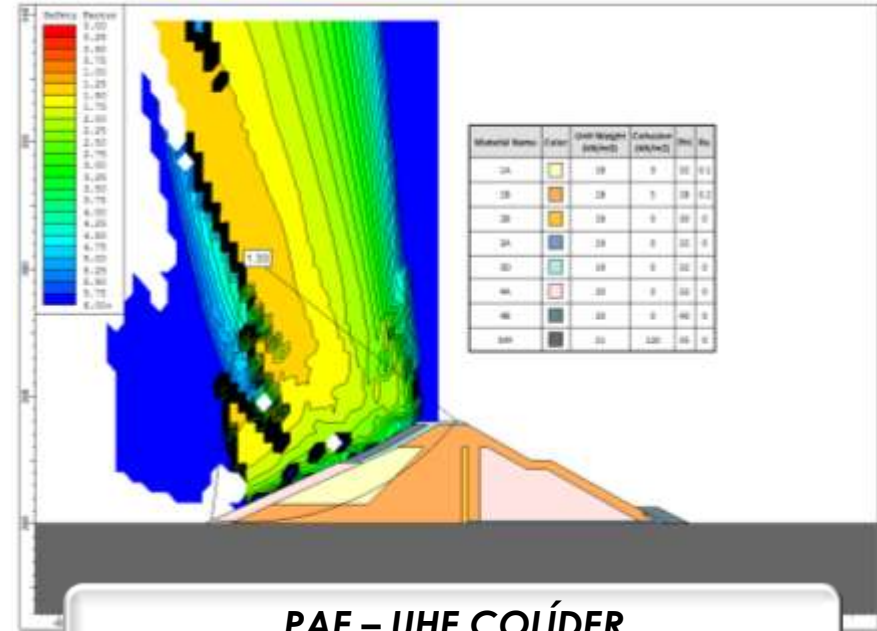


UHE SÃO ROQUE

- Dimensionamento de obras hidráulicas – Canais, Túneis, Conduitos, Vertedouros, Dissipadores de energia, Escadas de peixe, Eclusas;
- Desvio de rios - modelagem matemática;
- Estudo de Reservatório – das áreas inundadas a montante das barragens;
- Ruptura de barragem / Dam Break - elaboração de Planos de Ações Emergenciais (PAE), em caso de ruptura de barragens.
- Levou à criação da Lei nº 12.334 / 2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens.



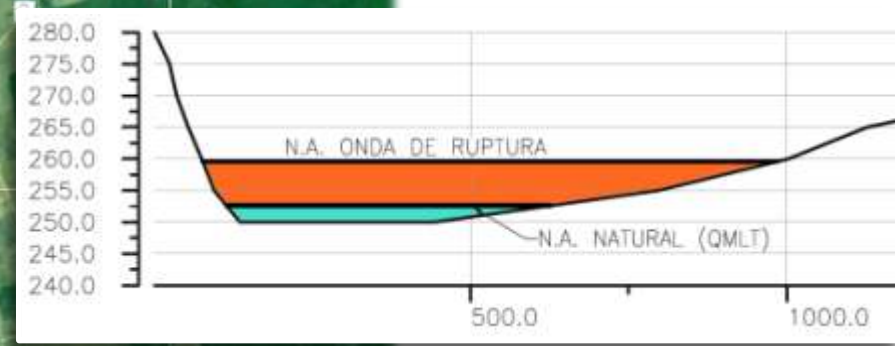
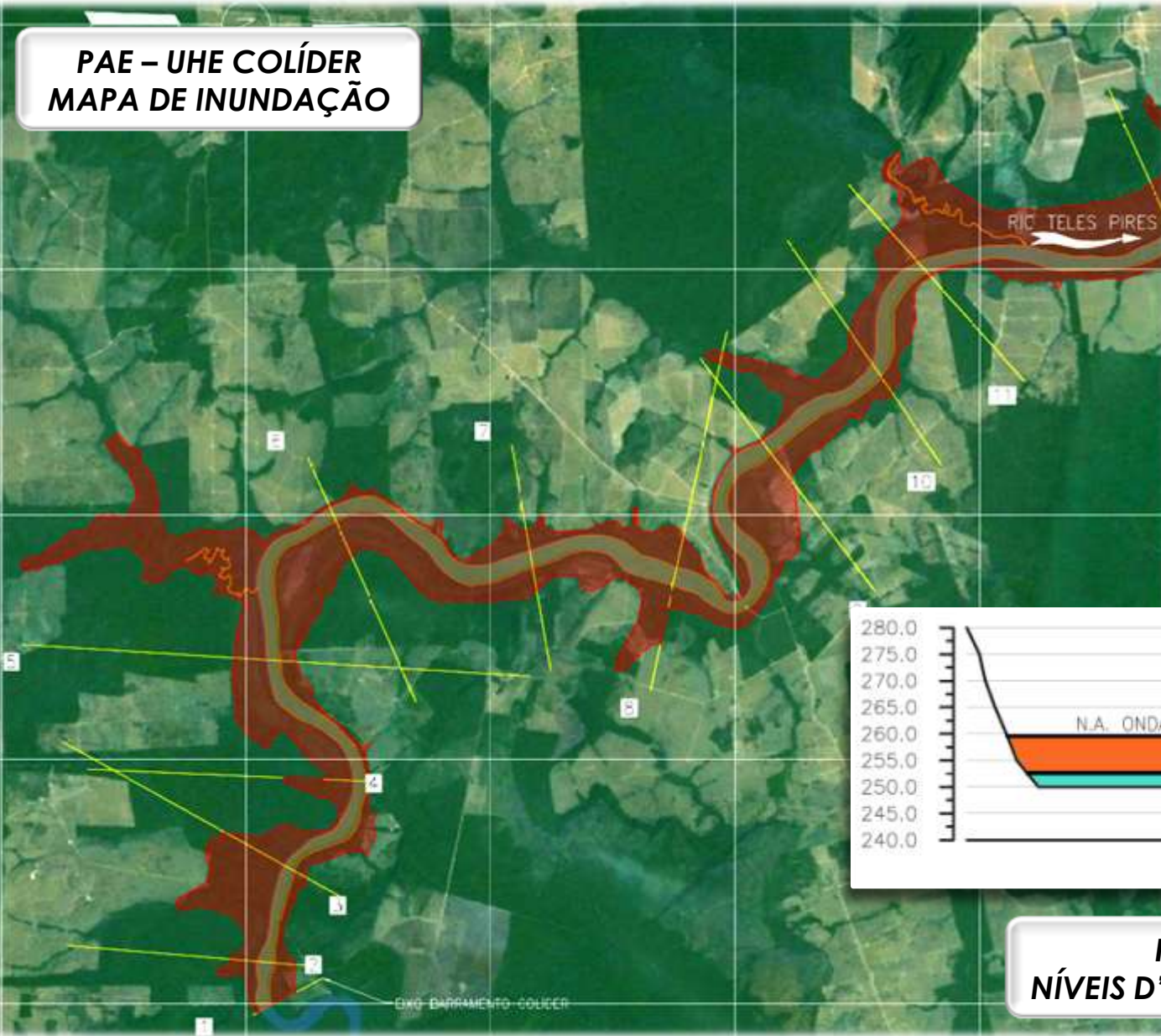
**CÁLCULO DE RUPTURA / DAM BREAK / PAE  
UHE COLÍDER – SOFTWARE: BREACH**



**PAE – UHE COLÍDER  
ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM**



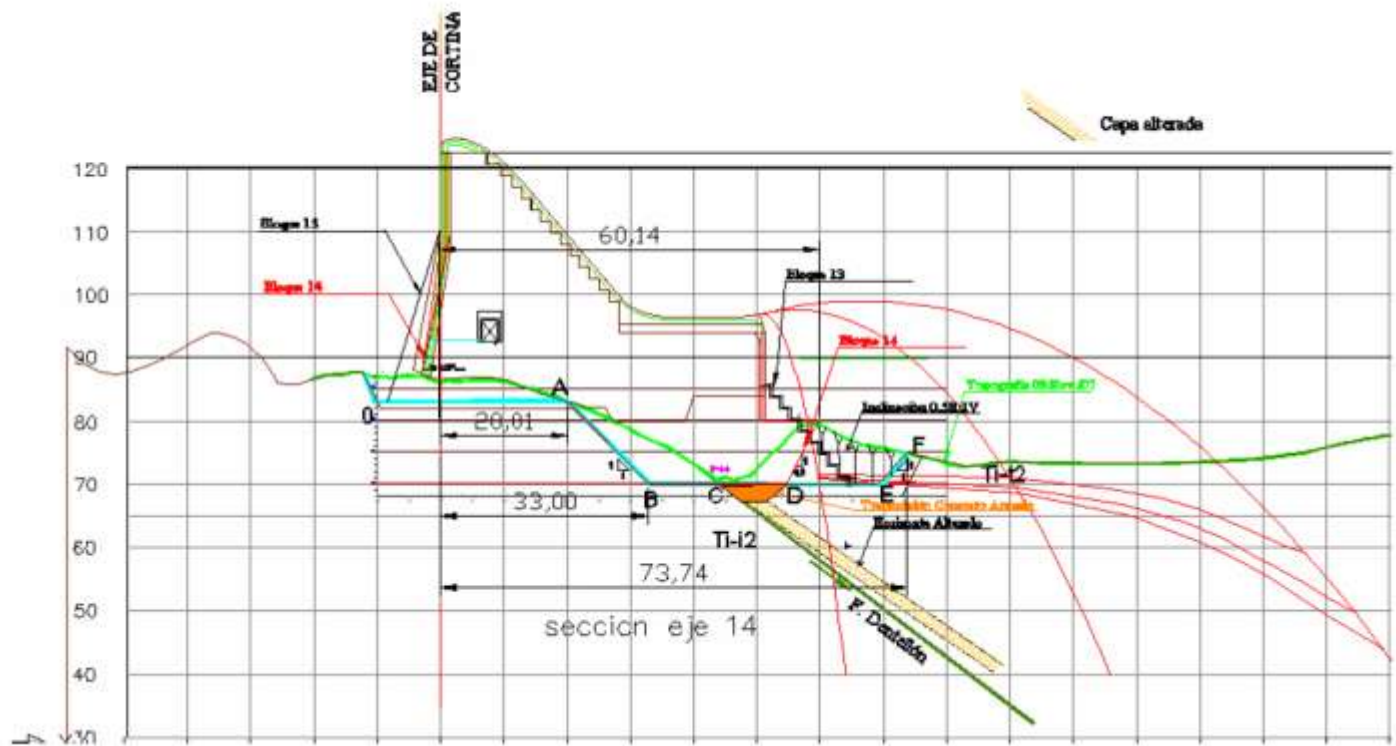
**PAE – UHE COLÍDER  
MAPA DE INUNDAÇÃO**



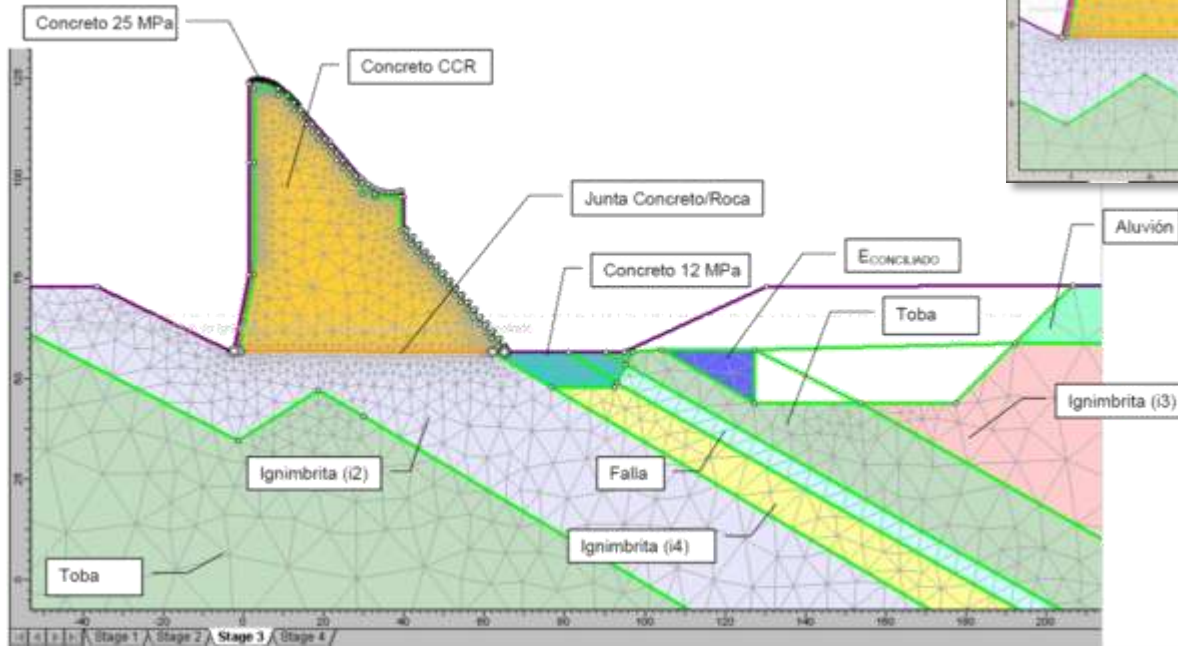
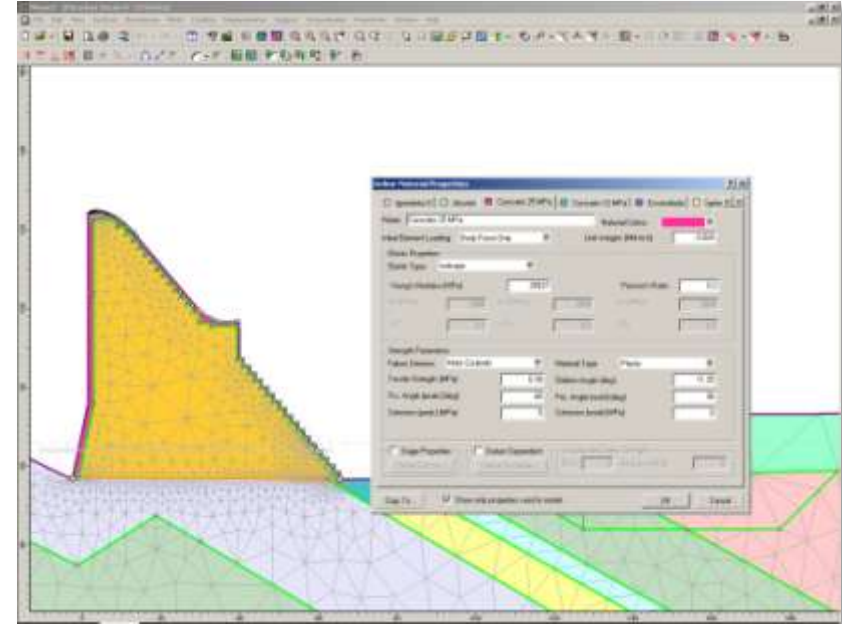
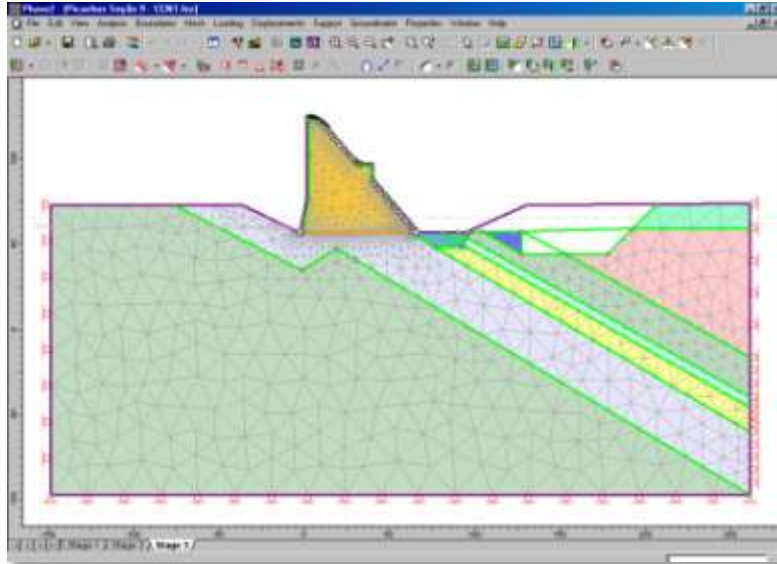
**PAE – UHE COLÍDER  
NÍVEIS D'ÁGUA APÓS ROMPIMENTO**

# ANÁLISES DE TENSÃO / DEFORMAÇÃO / ITERAÇÃO

- ... Preencher texto ...

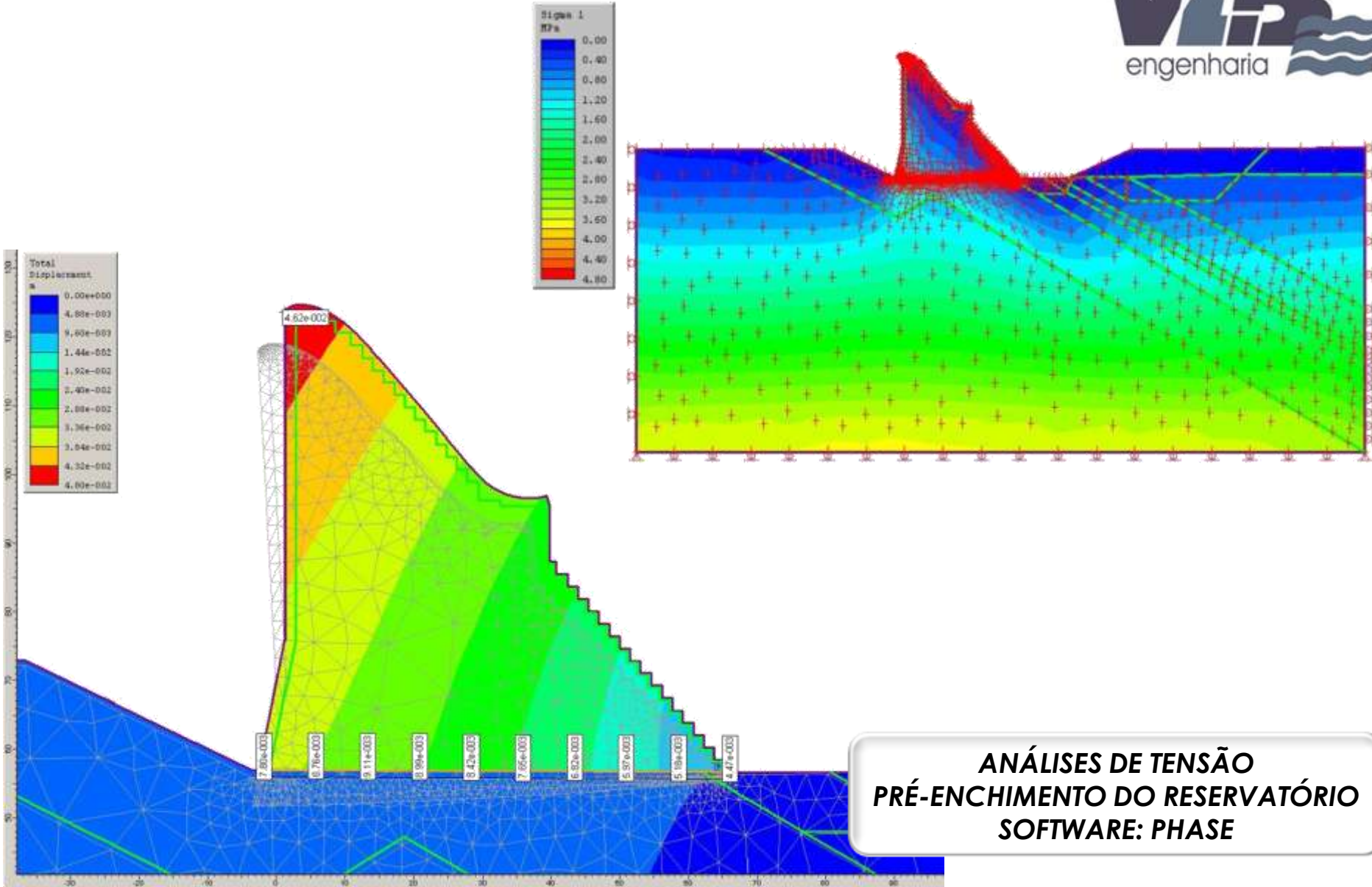


# ANÁLISES DE TENSÃO / DEFORMAÇÃO / ITERAÇÃO



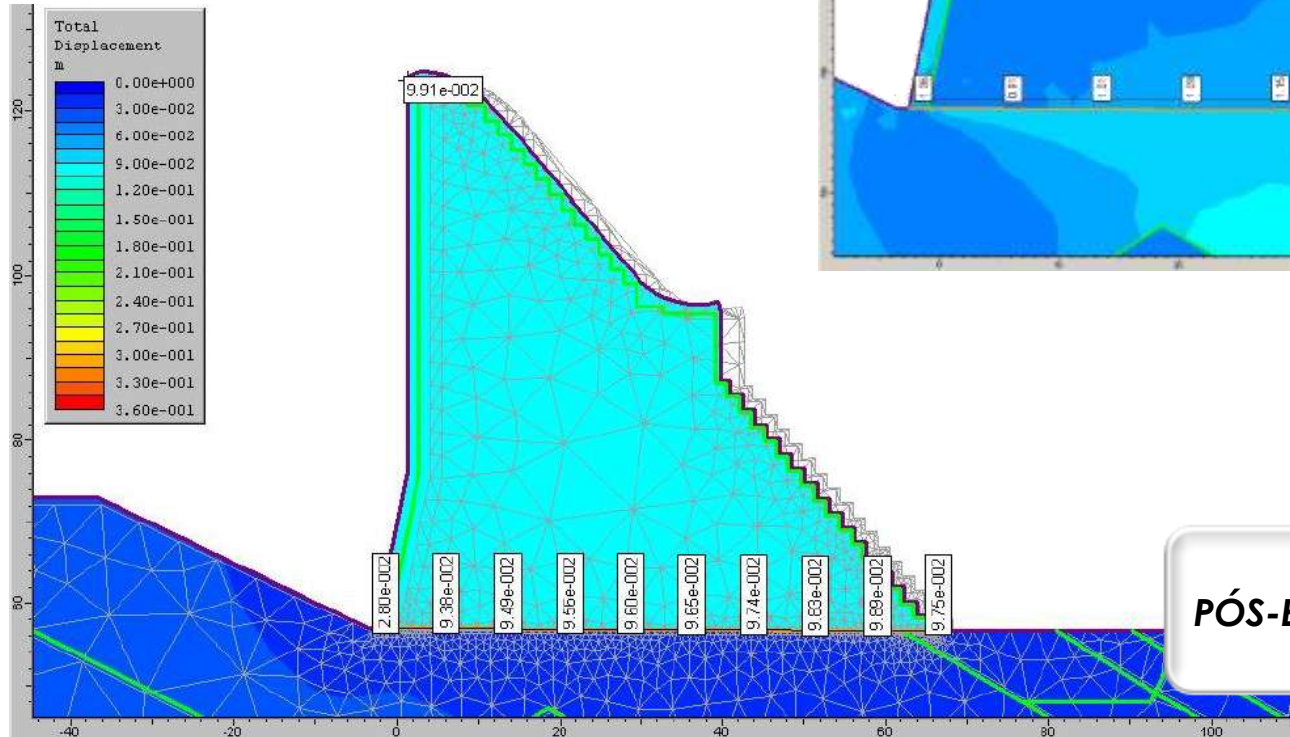
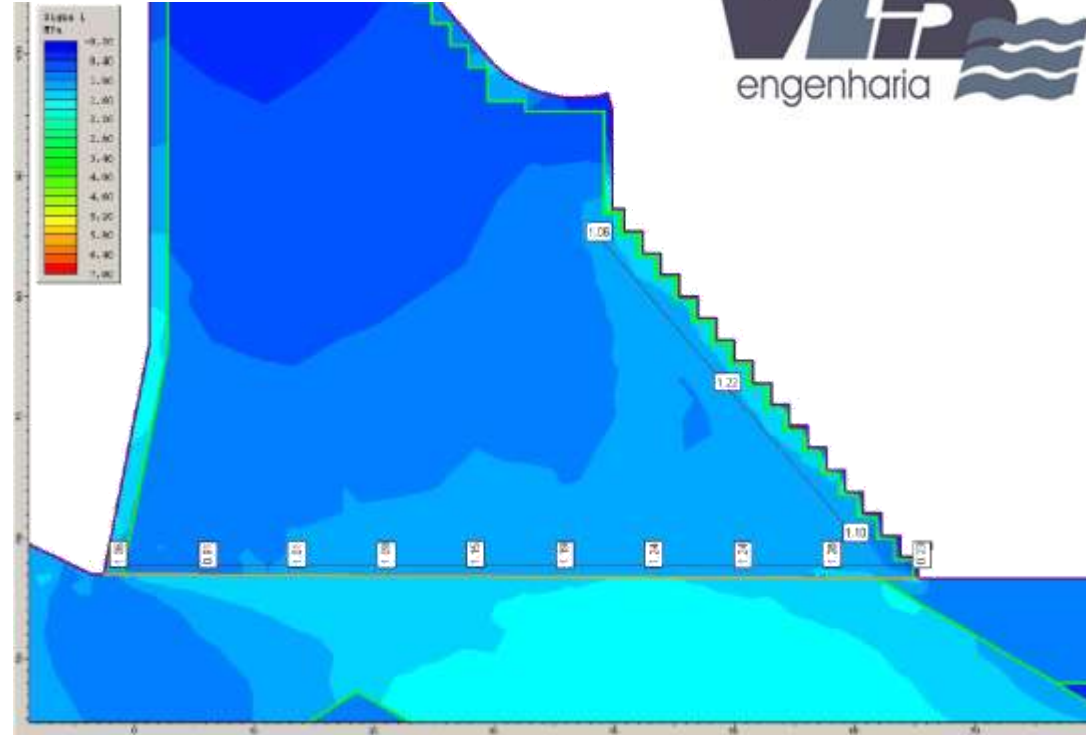
**ANÁLISES DE TENSÃO  
SOFTWARE: PHASE**

# ANÁLISES DE TENSÃO / DEFORMAÇÃO / ITERAÇÃO



**ANÁLISES DE TENSÃO  
PRÉ-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO  
SOFTWARE: PHASE**

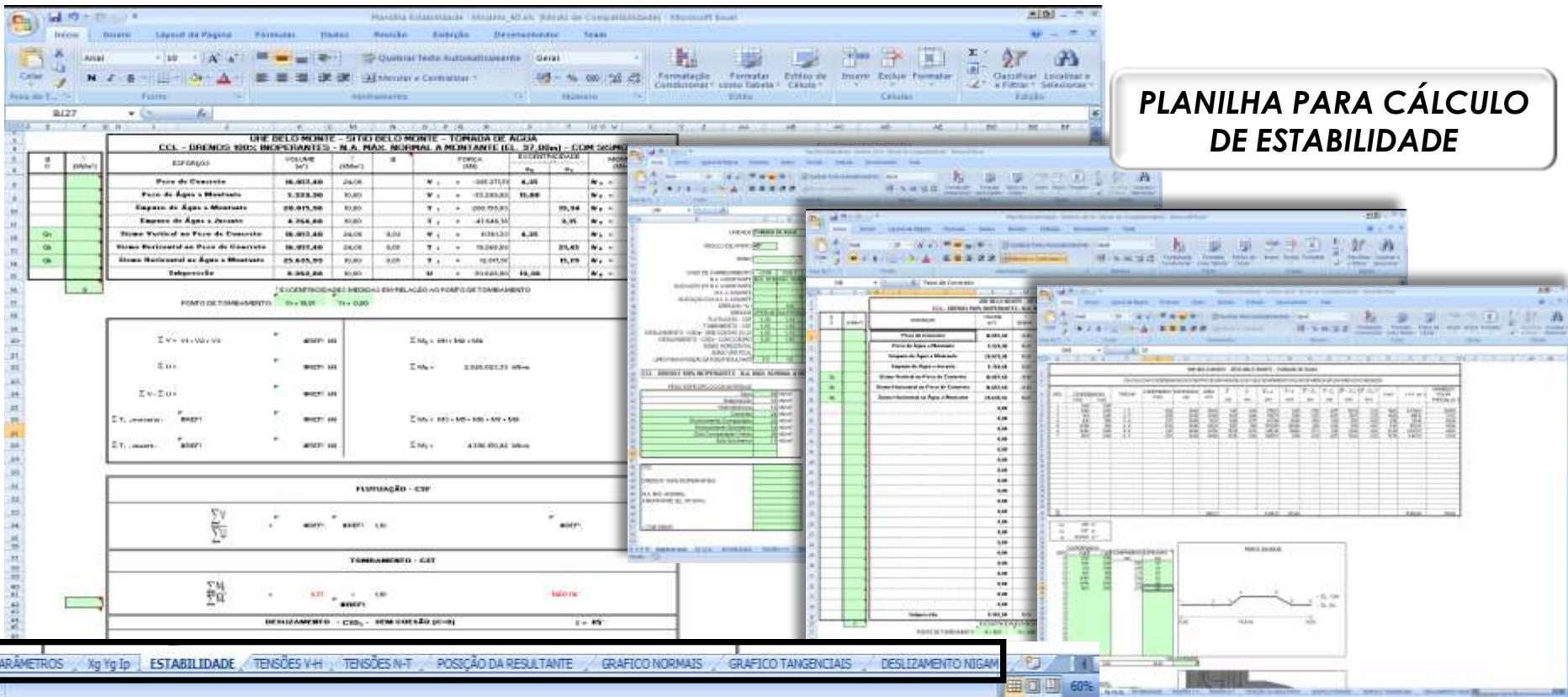
# ANÁLISES DE TENSÃO / DEFORMAÇÃO / ITERAÇÃO



**ANÁLISES DE TENSÃO  
PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO  
SOFTWARE: PHASE**

# PLANILHA PARA CÁLCULO DE ESTABILIDADE

- Cálculo automatizado utilizando planilhas Excel;
- Muitas 'pastas' e dados a serem inseridos;
- Necessidade de maior organização e confiabilidade na inserção dos dados;
- Solução: Desenvolvimento interno de um programa para AutoCAD;
- Programa para Cálculo de Estabilidade – CALCEST.



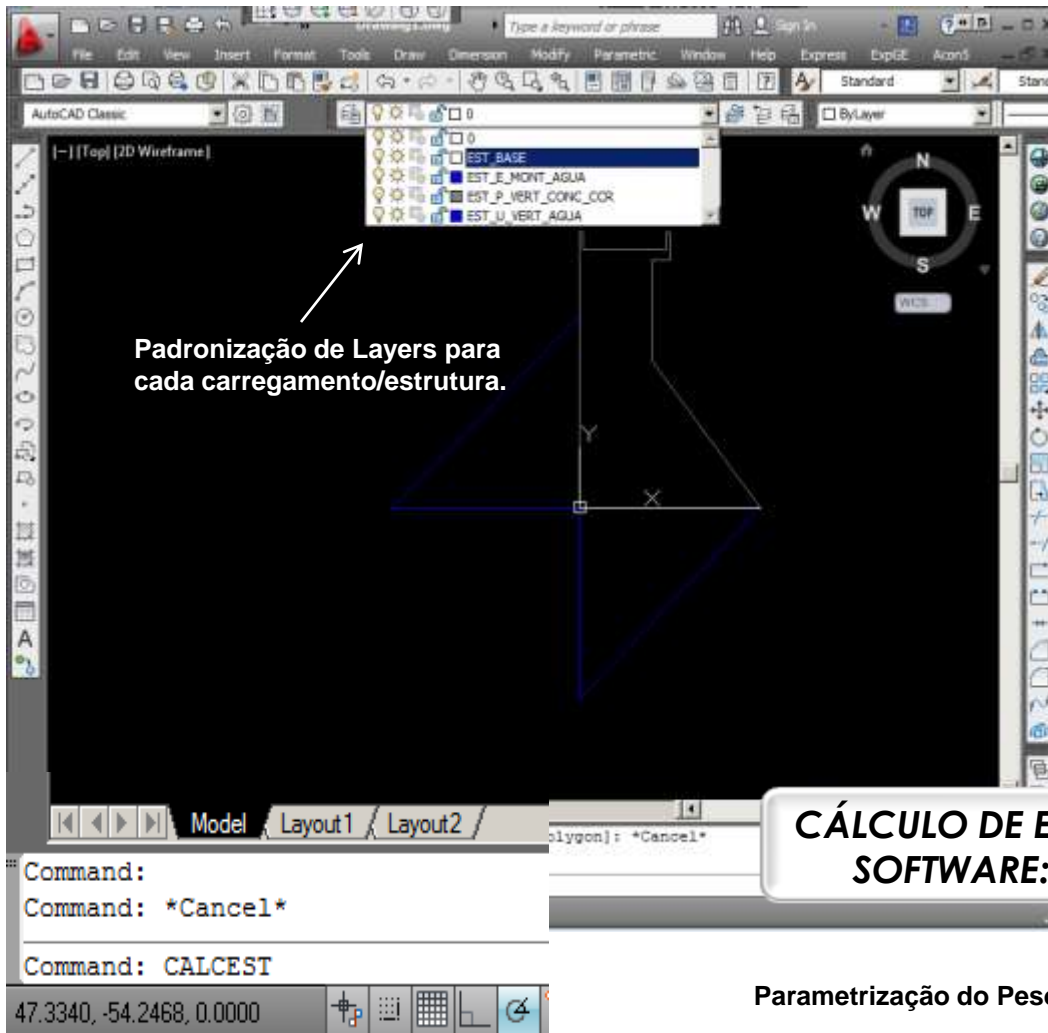
**PLANILHA PARA CÁLCULO DE ESTABILIDADE**

The screenshot displays the CALCEST software interface, which is a multi-sheet Excel spreadsheet. The main sheet, titled 'CCL - BRECHOS 800x100x120x120 - N.º A. PAV. INCLINADA A 10% (ANT. 1:1) - COM SCOP...', contains a detailed table of material layers and their properties. Below this table, there are sections for 'PUNTO DE TOMBAMENTO', 'FLUTUAÇÃO - CF', and 'TOMBAMENTO - CT'. The interface also shows several other sheets, including 'PARAMETROS', 'ESTABILIDADE', 'TENSÕES V-H', 'TENSÕES N-T', 'POSIÇÃO DA RESULTANTE', 'GRAFICO NORMAIS', 'GRAFICO TANGENCIAIS', and 'DESLIZAMENTO NIGAM'. The bottom of the screen features a navigation bar with these sheet names and a zoom level of 60%.

ESTRATÉGIA	VOLUME (m³)	ESPESSURA (cm)	FORÇA (kN)	ESLIZABILIDADE	MÓDULO DE ELASTICIDADE (kN/m²)
Piso de Concreto	16.933,40	24,00	Y = -38.271,00	4,30	N <sub>p</sub> =
Piso de Água e Muroto	3.338,30	30,00	Y = -43.230,00	10,00	N <sub>p</sub> =
Emprego de Água e Muroto	20.917,50	30,00	Y = -200.753,00	35,14	N <sub>p</sub> =
Emprego de Água e Jazida	4.764,60	30,00	Y = -41.648,30	3,91	N <sub>p</sub> =
Relevo Vertical no Piso de Concreto	16.933,40	24,00	Y = 436.133,00	4,30	N <sub>p</sub> =
Relevo Horizontal no Piso de Concreto	16.933,40	24,00	Y = 10.269,00	10,41	N <sub>p</sub> =
Relevo Horizontal no Água e Muroto	25.455,00	30,00	Y = 10.017,00	10,41	N <sub>p</sub> =
Substrato	8.268,00	30,00	Y = 80.680,00	10,00	N <sub>p</sub> =

# CÁLCULO DE ESTABILIDADE – CALCEST – 2D

- Cálculo de estabilidade a partir de desenhos em AutoCAD.



Parametrização dos dados de entrada.

Cálculo Estabilidade VLB Engenharia - D

Pesos Específicos  
Concreto 0

Parâmetros Deslizamento  
Angulo de Atrito 0  
Coesão: 0

Coeficientes de Segurança  
Normas: ELETROBRAS-CCN Adicionar

Flutuação - CSF  
0.0 Seleção de Normas 1.30

Tombamento - CST  
0.0 1.50

Deslizamento - CSD - Sem Coesão  
0.0 1.50

Deslizamento - CSD - Com Coesão  
0.0 Coesão 3.0

Calcular

10 Jusante 1

**CÁLCULO DE ESTABILIDADE  
SOFTWARE: CALCEST**

Parametrização do Peso específico da Água, Ponto de Tombamento e Espessura (2D).

# CÁLCULO DE ESTABILIDADE – CALCEST – 2D

**Cálculo Estabilidade VLB Engenharia - Drawing1.dwg**

**Pesos Específicos**  
Concreto: 24

**Parametros Deslizamento**  
Angulo de Atrito: 40  
Coesão: 0

**Coefficientes de Segurança**  
Normas: ELETROBRAS-CCN

**Flutuação - CSF**  
3.73 > 1.30

**Tombamento - CST**  
2.47 > 1.50

**Deslizamento - CSD - Sem Coesão**  
2.21 > 1.50

**Dados de Leitura do Desenho**

	Esforços	Gama	Força	Excentricidade	Momento	Excentricidade Base	Momento Base
▶	Concreto CCR	24,00	-3033,75	8,49	25767,33	-2,24	6806,38
	Subpressao	10,00	812,50	8,33	-6770,83	-2,08	-1692,71
	Empuxo de Agua ...	10,00	845,00	4,33	-3661,67	-4,33	-3661,67

**Calculo Tensões na Base**

	Segmento	Area	xL	yL	xLA	yLA	xL-xG	yL-yG	(xL-xG) <sup>2</sup>	(yL-yG) <sup>2</sup>	r <sup>2</sup>	r <sup>2</sup> A	Iparcial
▶	AB	12,50	6,25	0,00	78,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,76


**Abertura de Fissura**  
TENSÃO VERTICAL  
Compressão: -233,46

	Ponto	Vertical	Horizontal	Normal
▶	A	-233,46	67,60	-233,46
	B	-121,94	67,60	-121,94

**Relatório**

**Resultados dos coeficientes em comparação à norma selecionada.**

**CÁLCULO DE ESTABILIDADE SOFTWARE: CALCEST**



Calculo de esforços, momentos, excentricidades de cada estrutura/carregamento do desenho.

Cálculo das coordenadas do centro de gravidade (XG e YG) e do Momento Polar de Inércia da Área de Flutuação.

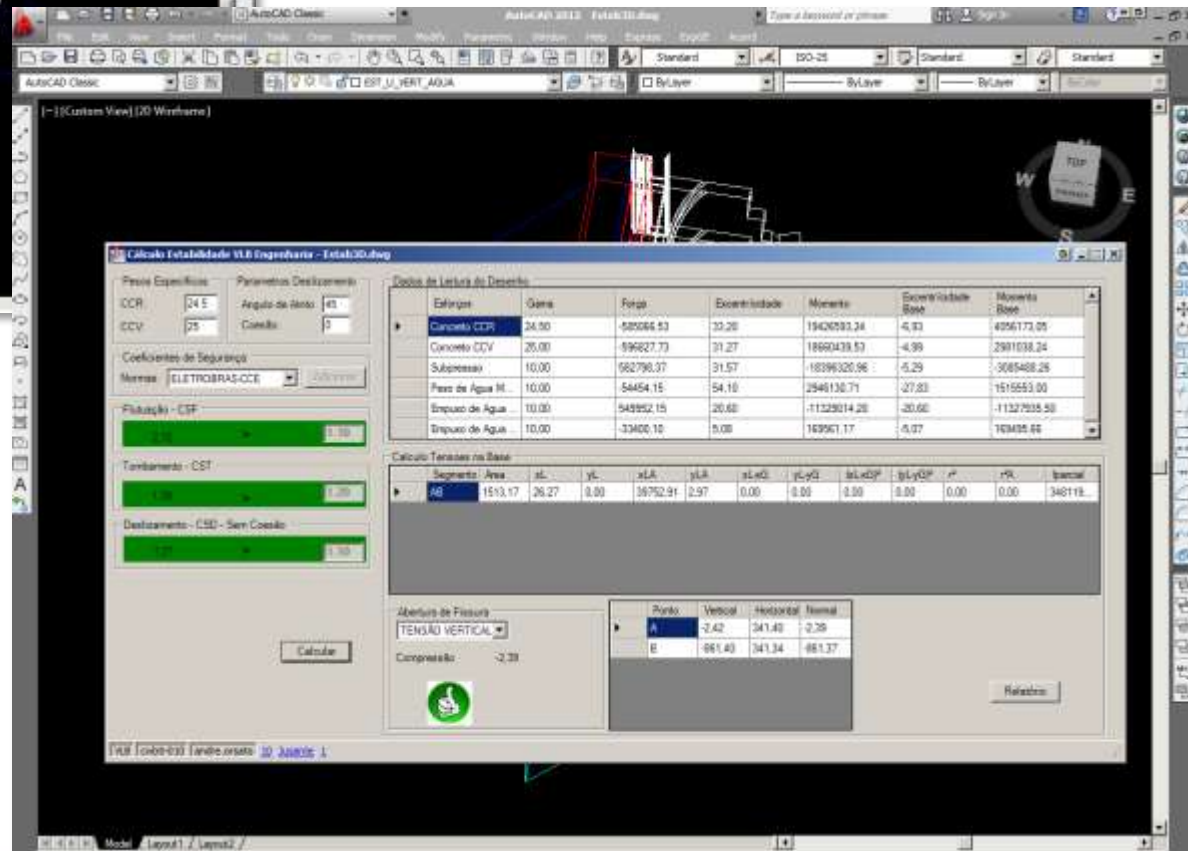
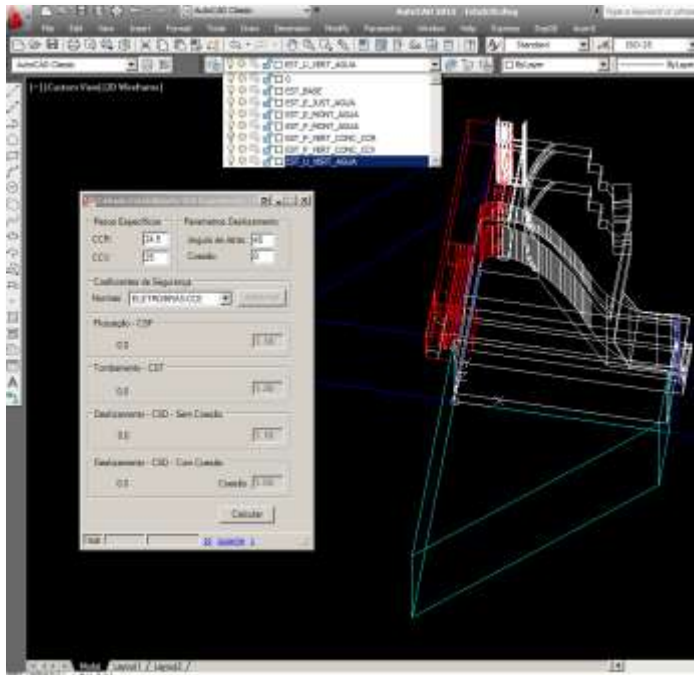
Tensões Verticais, Horizontais e Normais em cada ponto da base.

Verifica se existe abertura de fissura na base da estrutura.

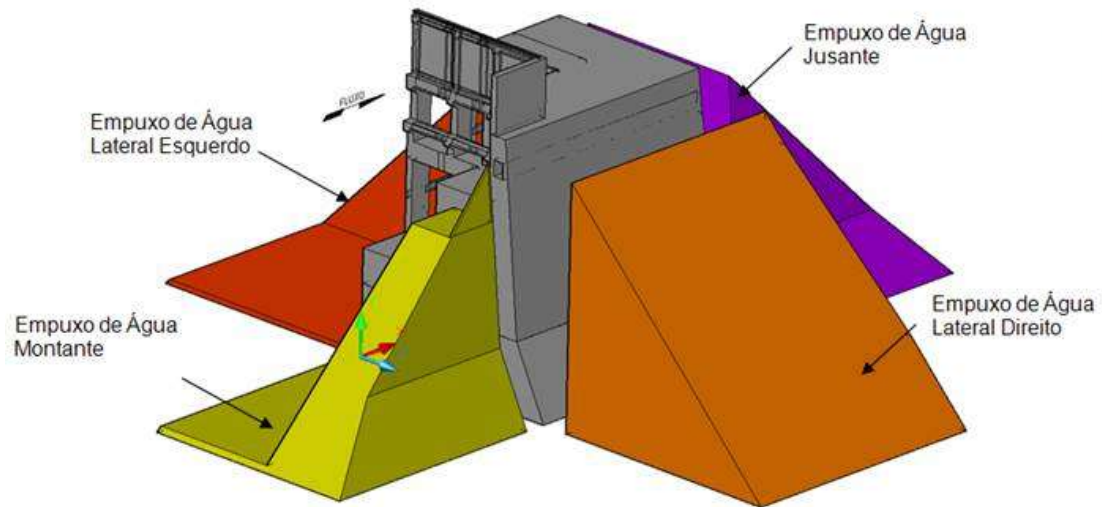
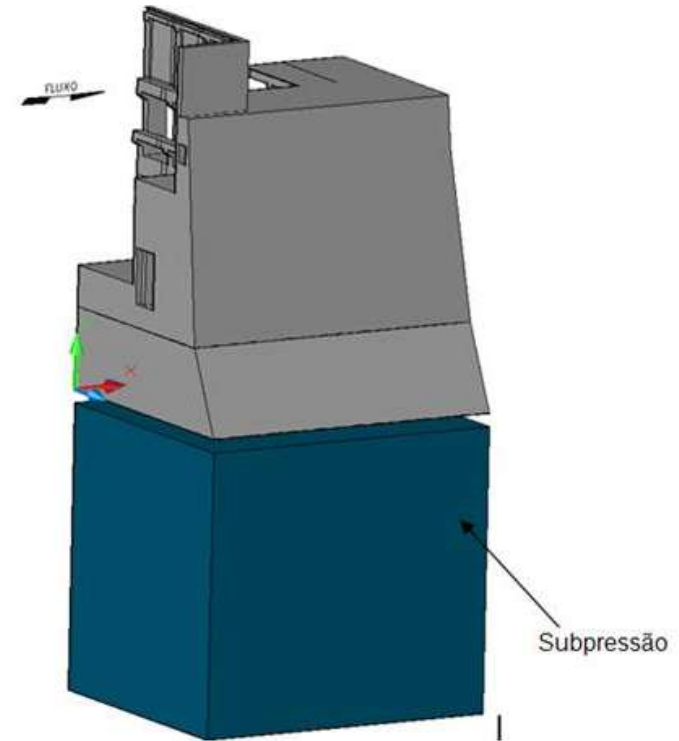
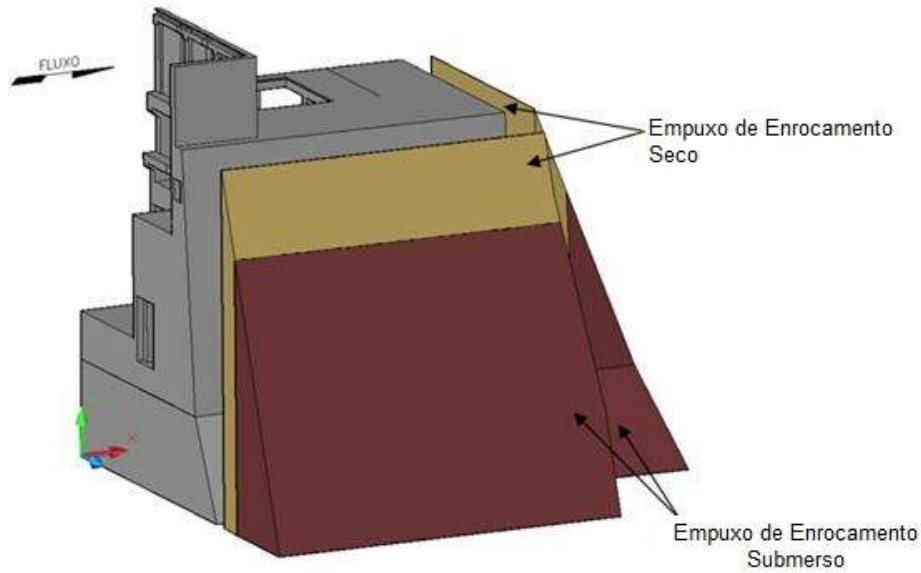
Exporta dados para Relatório/Memória de Cálculo.



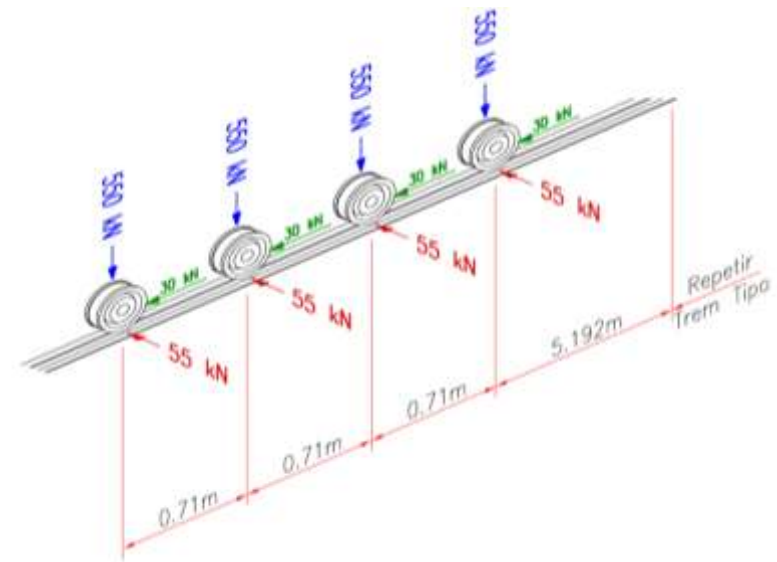
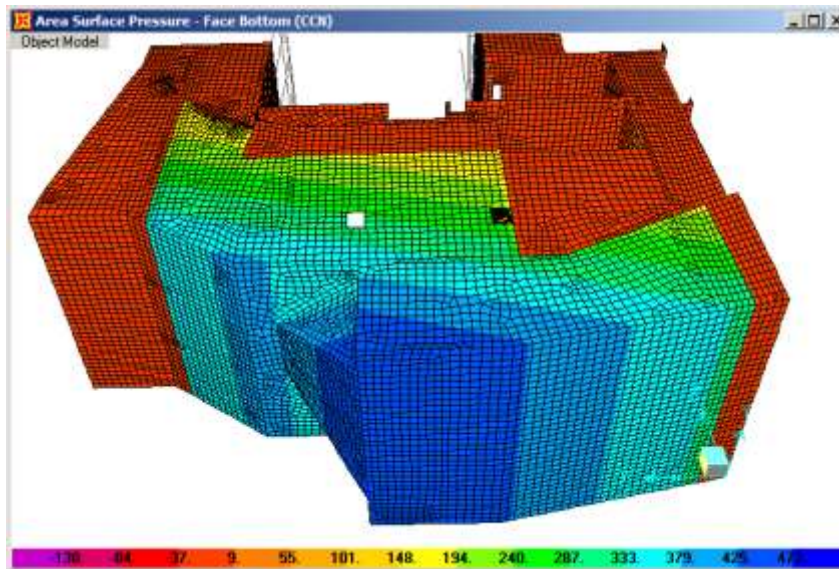
# CÁLCULO DE ESTABILIDADE – CALCEST – 3D

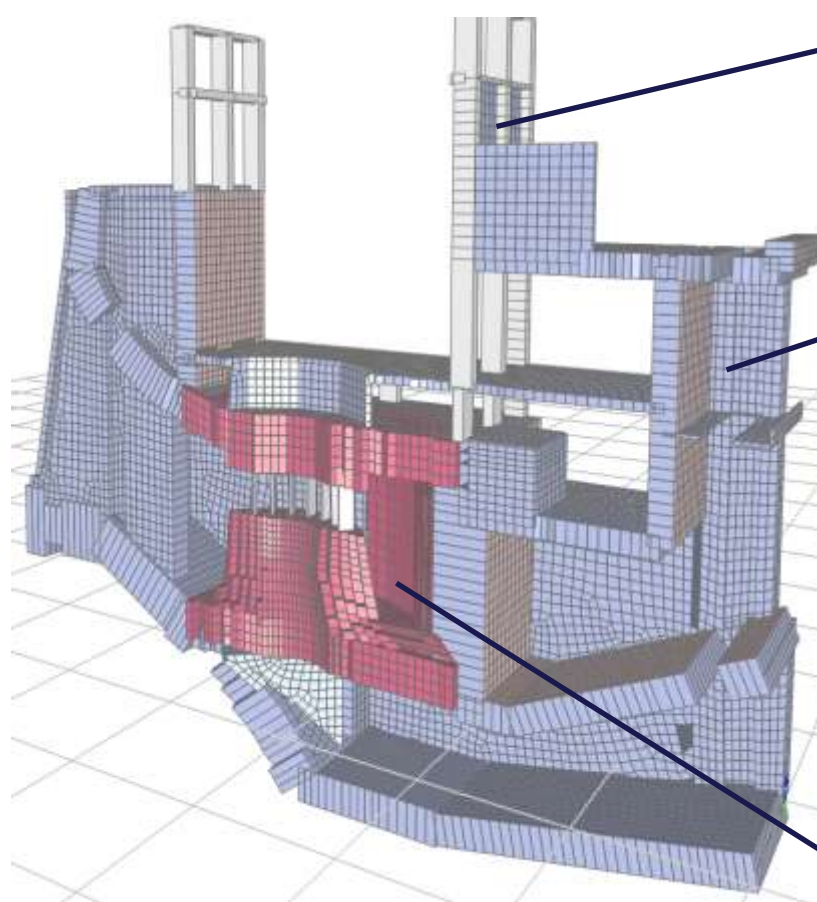
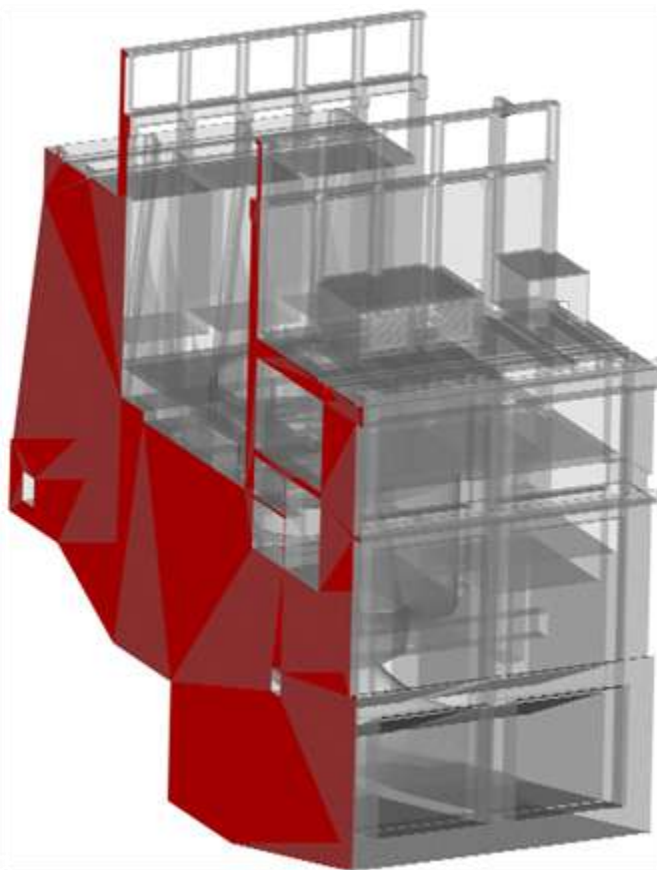


**CÁLCULO DE ESTABILIDADE  
SOFTWARE: CALCEST**



- Permite o cumprimento de prazos exíguos com economia de materiais, confiabilidade e segurança;
- A partir de um Modelo3D a Estrutura é transformada em Elementos Finitos, do tipo Shell, Solid ou Frame;
- Possibilita a introdução de carregamentos automáticos para todos os tipos de cargas;
- Determina a Armadura necessária em ambas as faces e direções de cada elemento, e devido à grande facilidade de cálculo, as mesmas podem ser adotadas somente nos pontos em que sejam realmente necessárias.



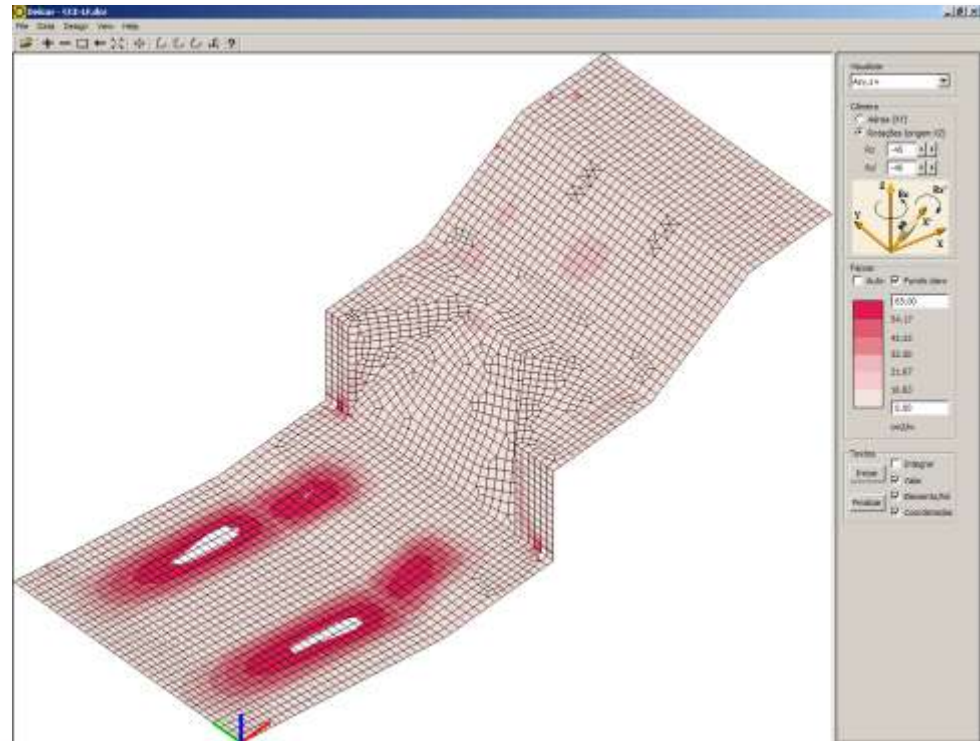
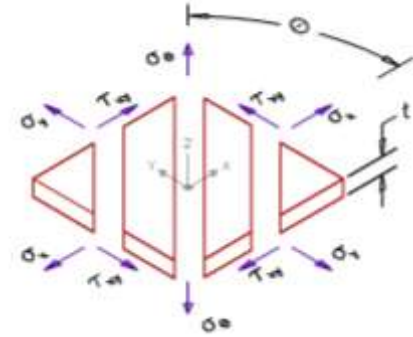
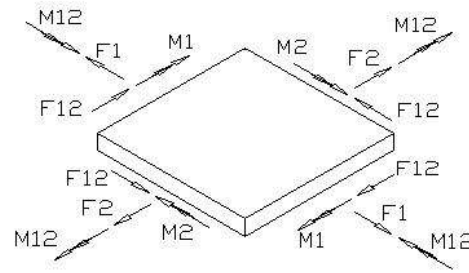
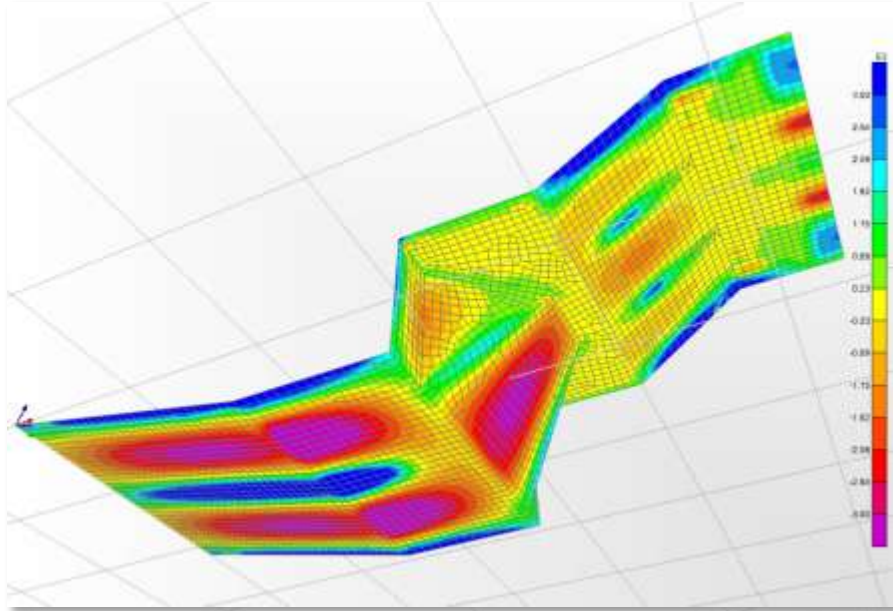


**Elemento de Barra**  
Frame – SAP 2000

**Elemento de Placa**  
Shell – SAP 2000

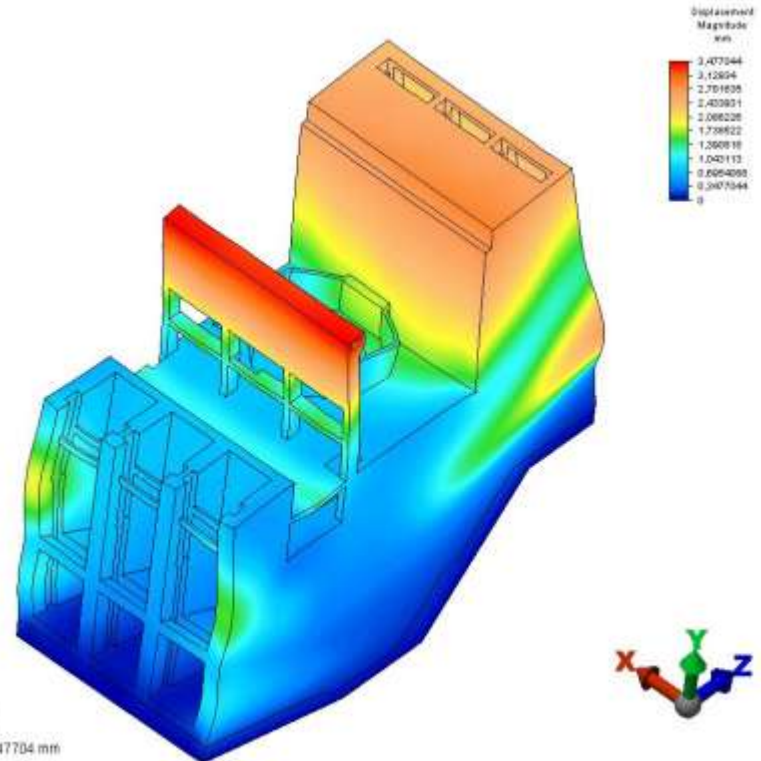
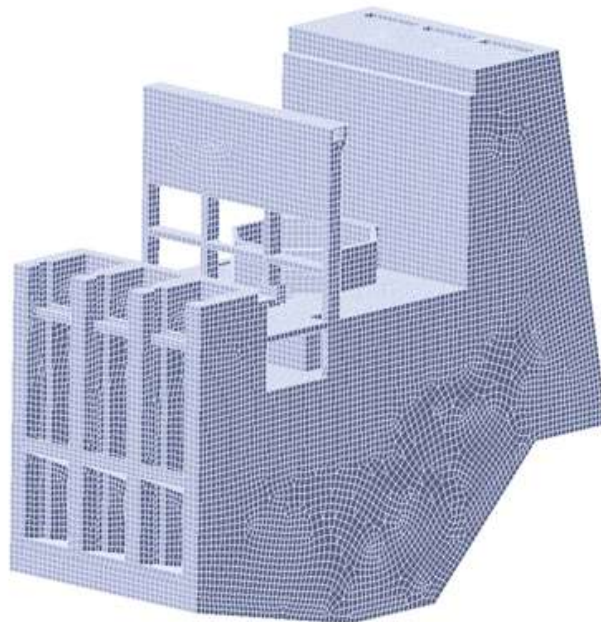
**Elemento de Sólido**  
Solid – SAP 2000

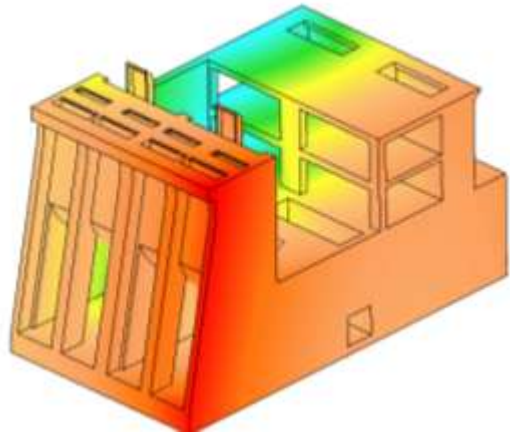
**CASA DE FORÇA E TOMADA D'ÁGUA  
MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS**



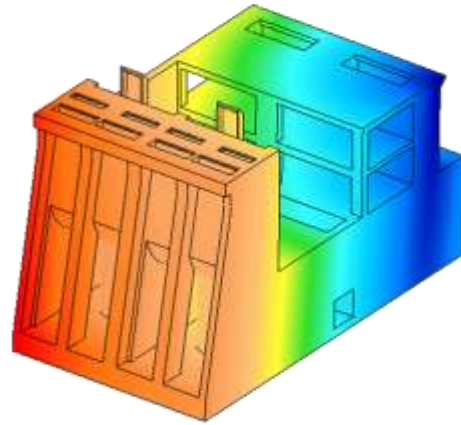
**DETERMINAÇÃO DA ARMADURA  
NECESSÁRIA – SOFTWARE: DELCAR**

- Análise de estruturas esbeltas submetidas à cargas dinâmicas, como Equipamentos, Sismo e Vento;
- Resultando em um aumento da segurança de Grandes Obras com eficiência;
- Análise Modal;
- Análise de Resposta (Sísmica).

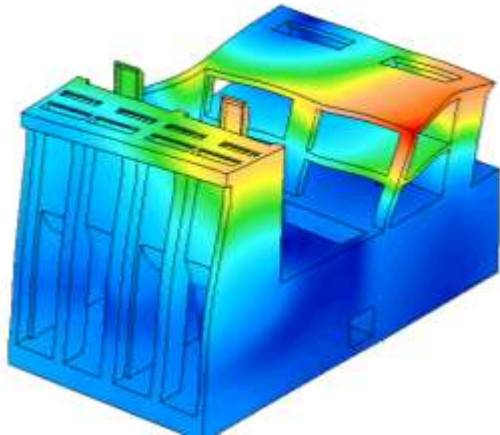




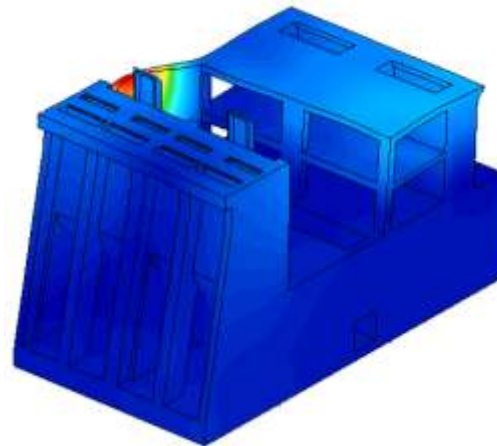
1° Modo



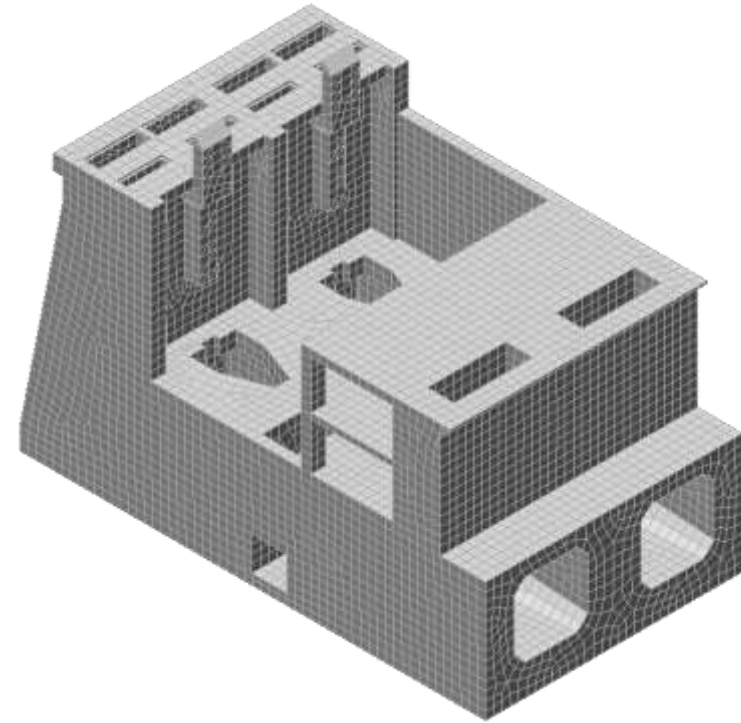
2° Modo



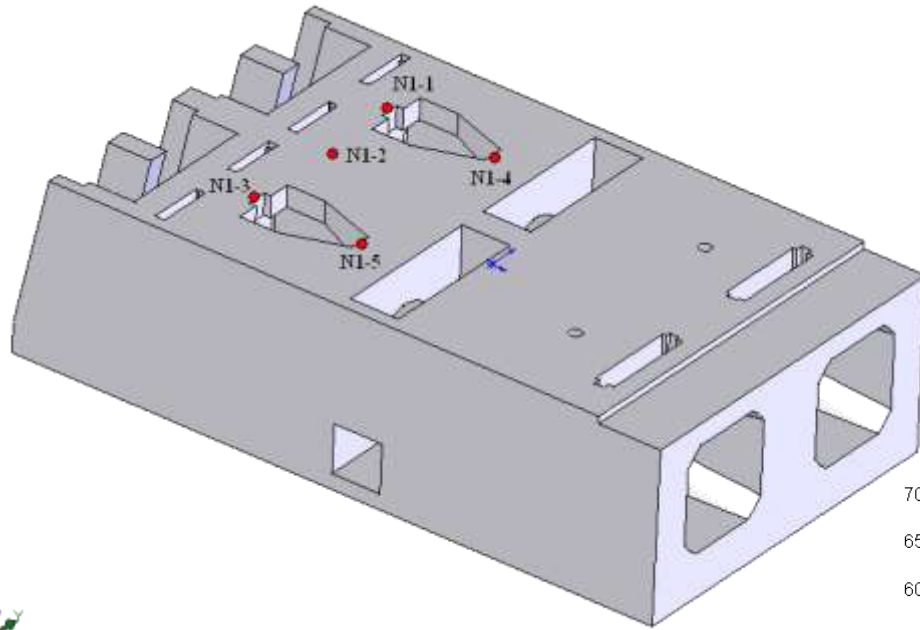
4° Modo



6° Modo



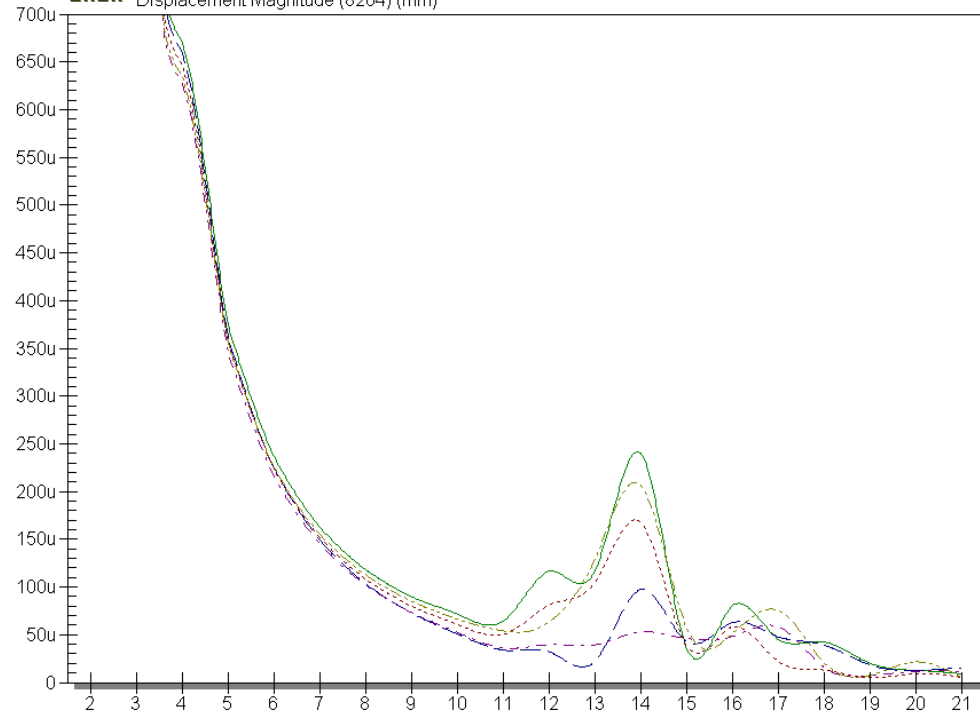
**ANÁLISE MODAL**  
**ESTRUTURA CASA DE FORÇA / TOMADA D'ÁGUA**



Deslocamento(mm) x Frequência (Hz)

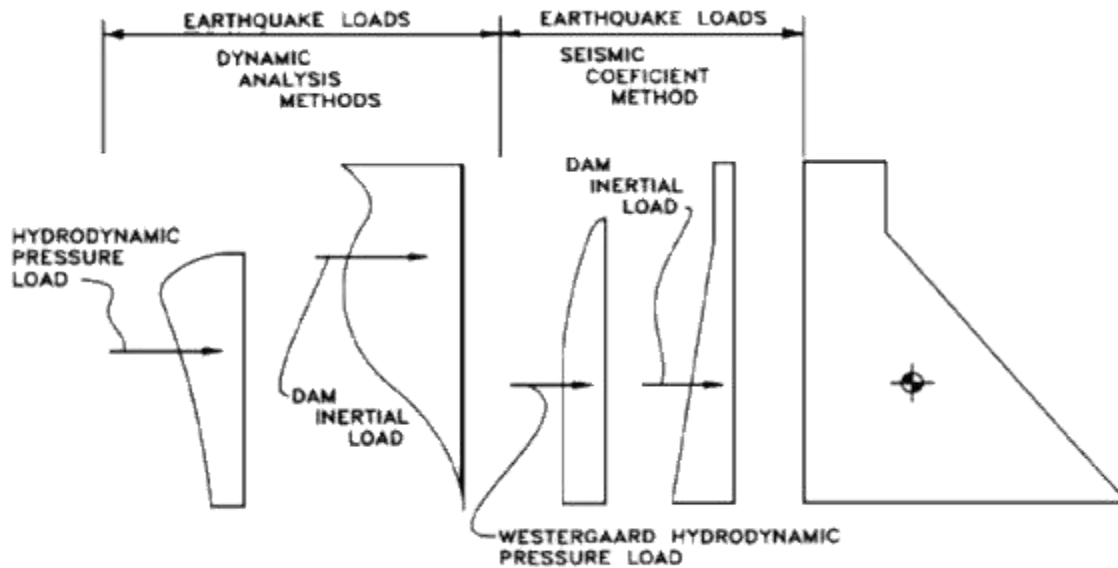
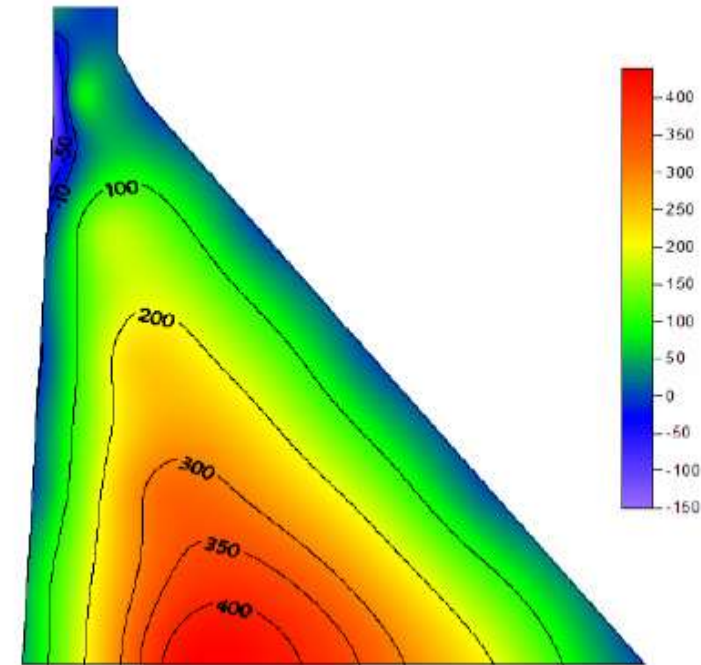
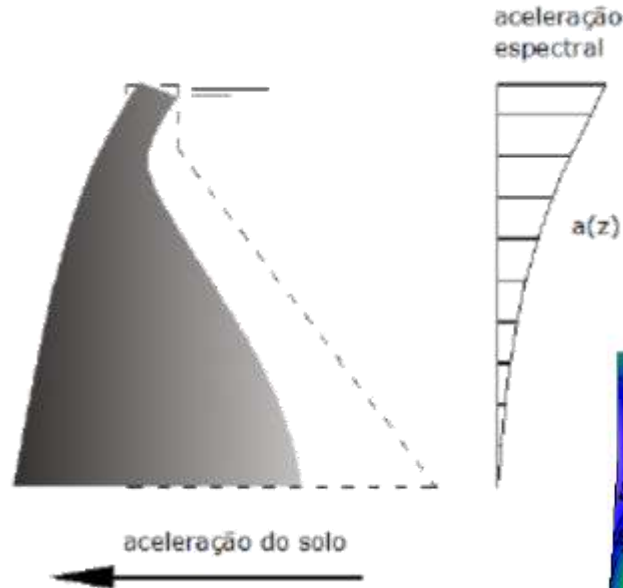
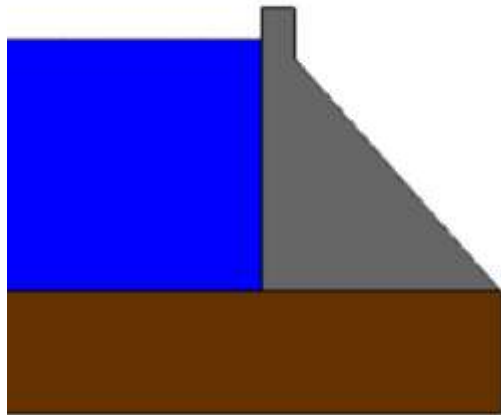
Máq. 1+ Máq. 2 (Nível 1)

- Displacement Magnitude (1954) (mm)
- Displacement Magnitude (2150) (mm)
- Displacement Magnitude (2206) (mm)
- Displacement Magnitude (2596) (mm)
- Displacement Magnitude (8264) (mm)



**ANÁLISE DE RESPOSTA  
PONTOS DE COLETA NO NÍVEL 1**

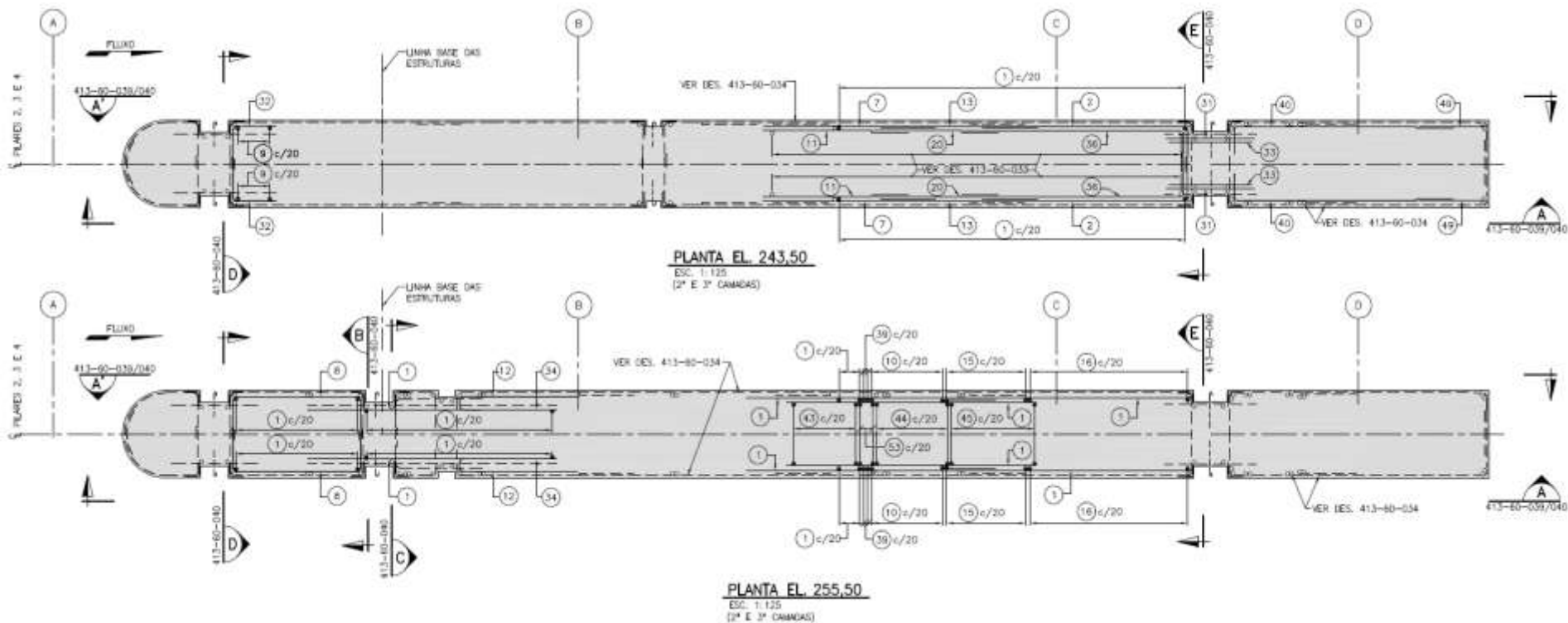




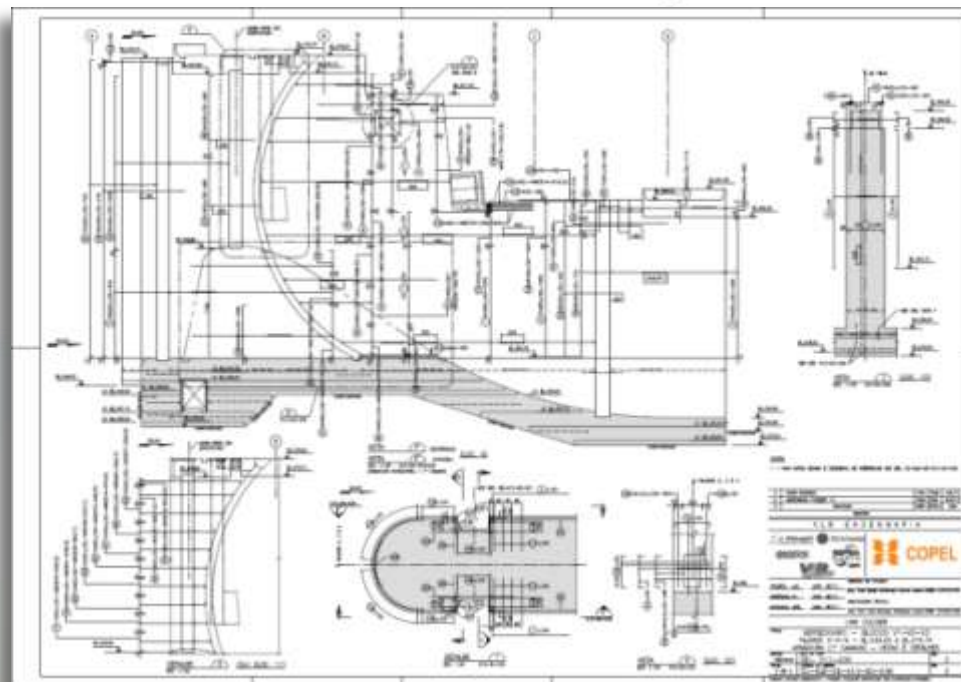
**ANÁLISE SÍSMICA  
EM UMA BARRAGEM DE CONCRETO**

# DETALHAMENTO DE ARMADURA

- A partir dos cálculos gerados pelo SAP, é determinada a Armadura necessária para cada estrutura da obra.
- Os desenhos enviados à obra são elaborados utilizando o software AutoCON, desenvolvido pela própria empresa para detalhamento de Armadura.



# DETALHAMENTO DE ARMADURA



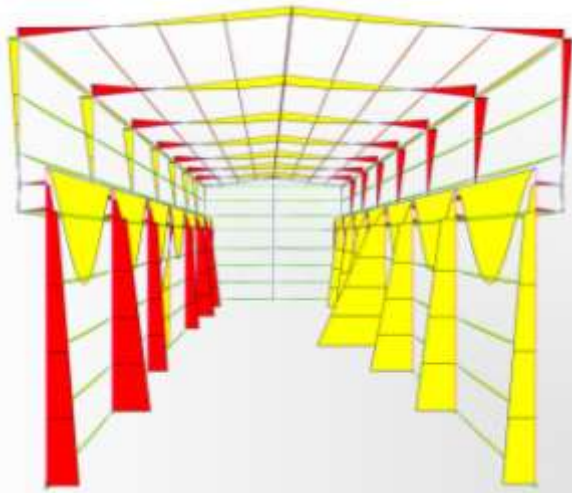
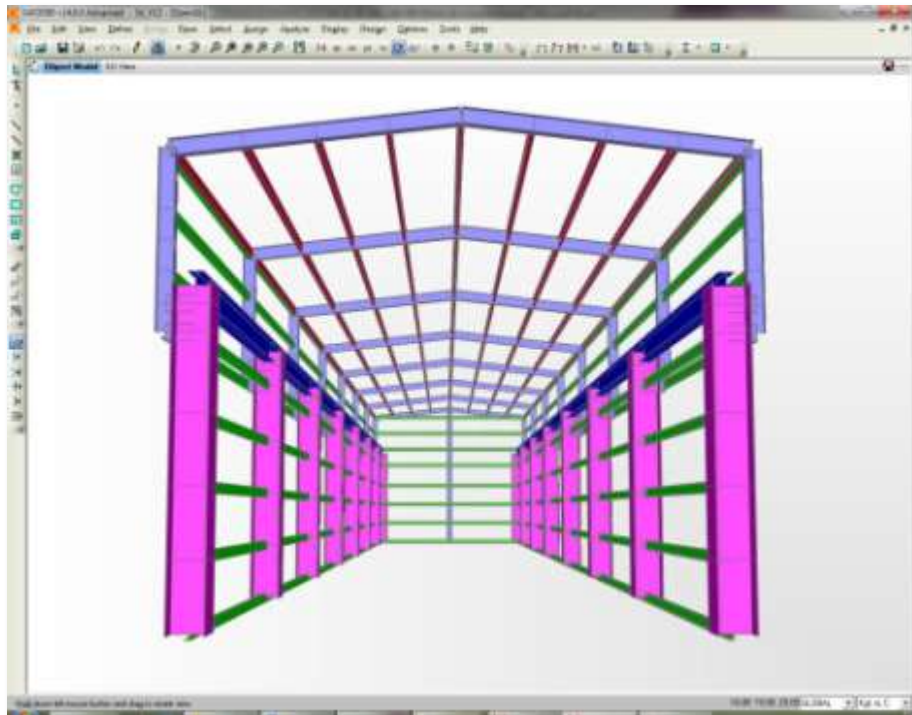
**UHE COLÍDER  
VERTEDOURO – ARMADURA**

# ESTRUTURAS E PEÇAS METÁLICAS

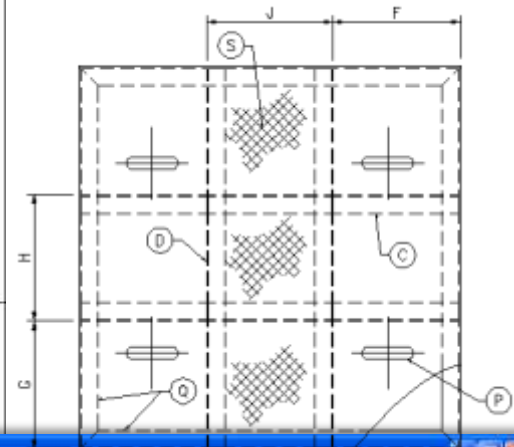
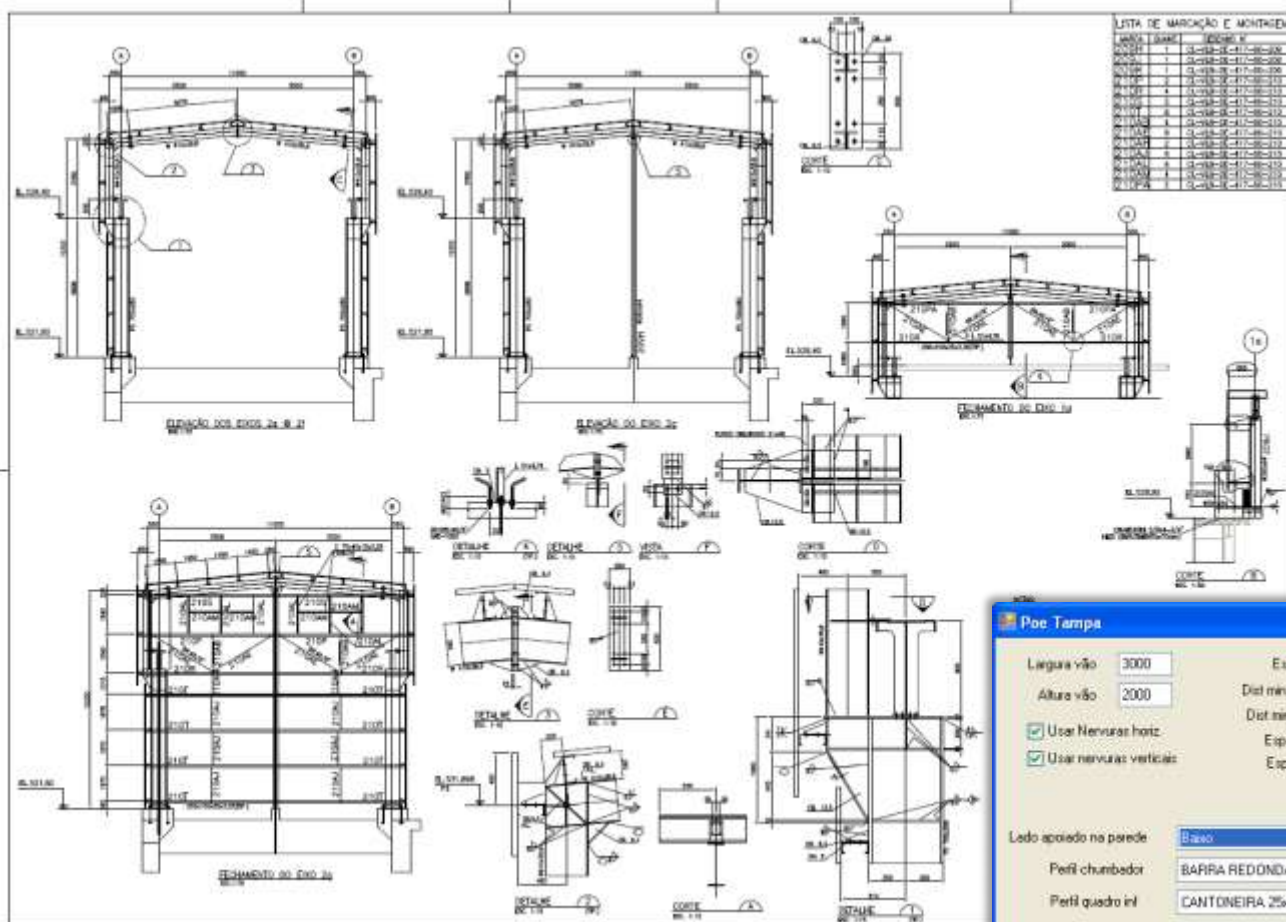


- As Estruturas Metálicas, de cobertura e fechamento, também são calculadas utilizando modernas ferramentas, tais como o SAP, resultando em perfis esbeltos que atendem às normas técnicas e de segurança.
- Outras peças metálicas, como tampas e guarda-corpos, são desenhados utilizando a ferramenta PTAMPA desenvolvida pela VLB.





**PCH CAVERNOSO  
ESTRUTURA METÁLICA – SOFTWARE: SAP**



**Poe Tampa**

Largura vão: 3000  
Espacimento chumb: 300  
Altura vão: 2000  
Dist. min. Nerv. à borda vert: 500  
Dist. min. Nerv. à borda hor: 500  
 Usar Nervuras horiz.  
Espac. Nervuras horiz: 536  
 Usar nervuras verticais.  
Espac. Nervuras vert: 536  
Folga tampa: 0

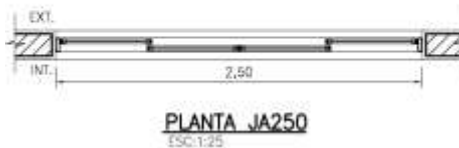
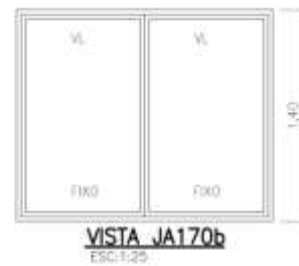
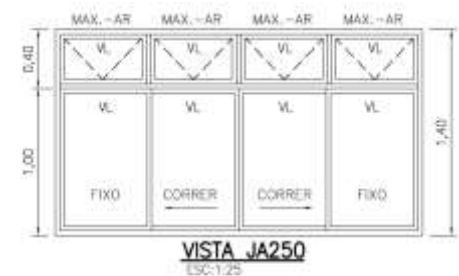
Leto apoiado na parede: Baixo  
Perfil chumbador: BARRA REDONDA Ø6,3mm  
Perfil quadro int: CANTONEIRA 25x25x3  
Perfil apoio parede: CANTONEIRA 25x25x3

Com borda Sem Borda Grelha:  
Perfil nervura vertical: CANTONEIRA 25x25x3  
Perfil nervura horizontal: CANTONEIRA 25x25x3  
Perfil quadro sup: BARRA CHATA 6,3x6,3  
Chapa: CHAPA VADREZ #3,0

Coord X: Coord Y: Angulo:  
Gera Bloco Importa Pm  
Desenha Abre Salva

**DETALHAMENTOS METÁLICOS  
E SOFTWARE: PTAMPAS**

- A etapa de Projeto de Arquitetura compreende Estudo Cromático, Desenhos de Acabamento e detalhamentos.
- O Estudo Cromático abrange o projeto de toda obra, criando uma identidade visual adequada à dimensão da mesma, de acordo com a implantação e padrões do Cliente.
- Nos Acabamentos é definido o tratamento das superfícies, materiais utilizados e formas de aplicação.
- Paralelamente também é estudada a interferência da insolação na obra e as formas de aproveitá-la ou bloqueá-la.



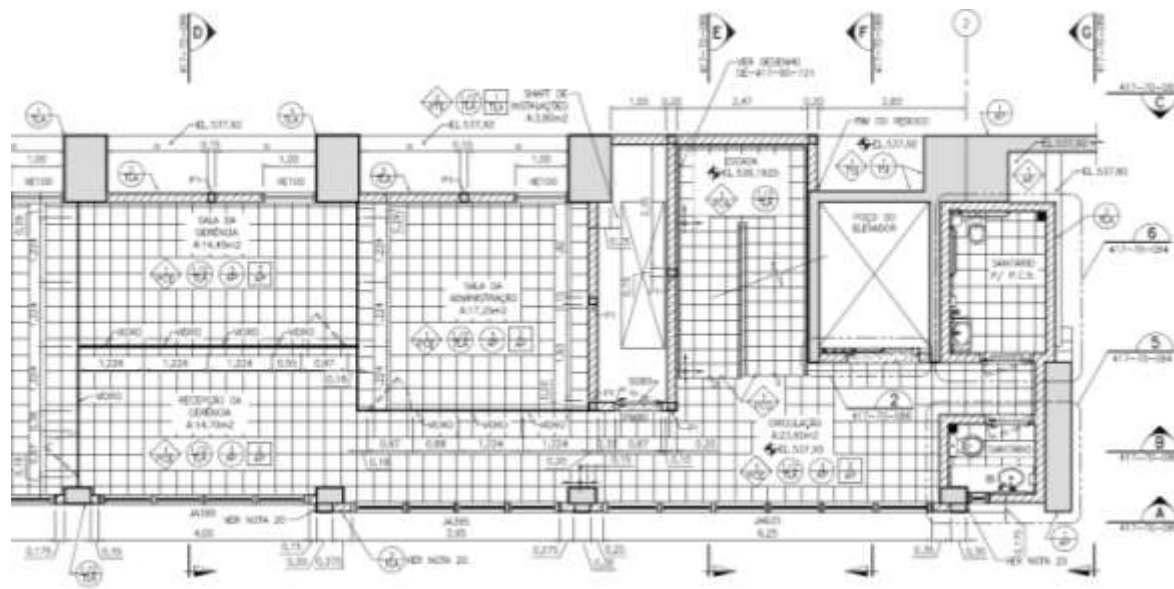
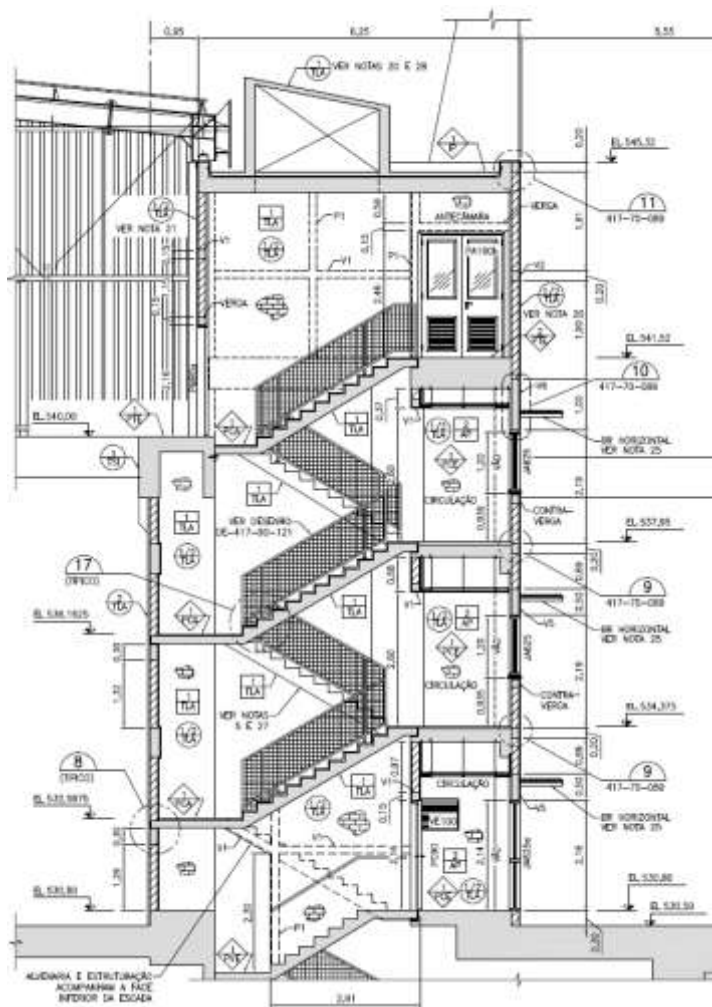


#### LEGENDA:

-  COR: PALHA RAL 1013 OU  
COR PALHA C06.15, ACABAMENTO FOSCO, DA CARTELA DE CORES DO SISTEMA  
TINTOMÉTRICO DA SHERWIN WILLIAMS
-  COR: AZUL PANTONE 300C
-  COR: LARANJA PANTONE 165
-  COR: BRANCO  
COR BRANCO BR-002 DO CATALOGO CORES DE TELHAS GALVANOFER
-  COR CINZA DA CARTELA DE TINTAS SUMARE
-  CONCRETO APARENTE

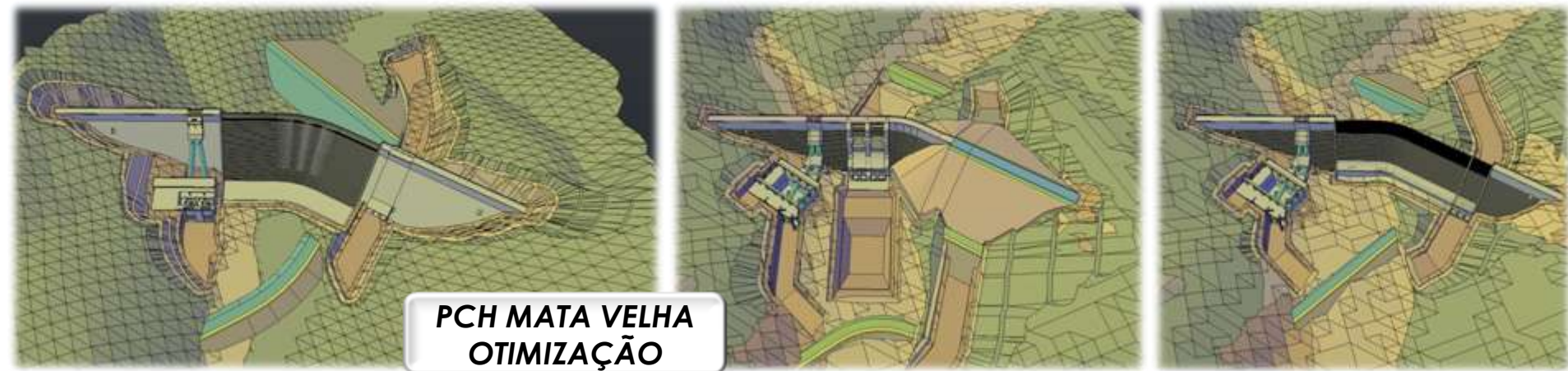
**UHE SÃO SALVADOR E UHE MAUÁ**



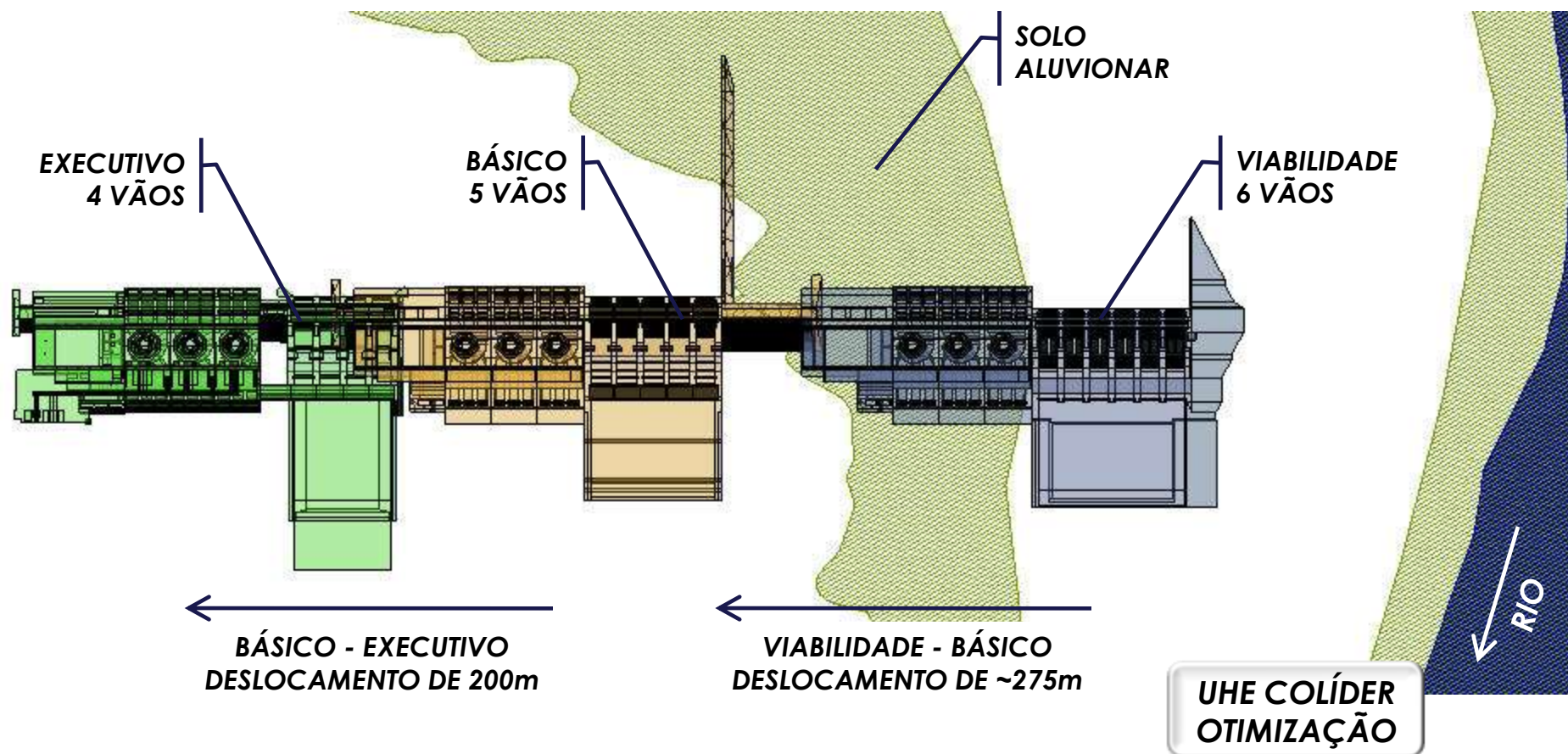


**DESENHOS DE ACABAMENTO**

- O desenvolvimento de projeto através de ferramentas computadorizadas permite cálculos dinâmicos em prazos menores.
- Desta maneira é possível avaliar diversas alternativas para um mesmo projeto, de forma a encontrar a solução ótima, aliando segurança, economia e prazos de construção menores.
- Diversos projetos já se beneficiaram deste processo que se mantém em constante evolução.



- Otimização da UHE Colíder – diminuição dos vãos do Vertedouro e escavações.



As práticas de Engenharia moderna, aliadas à experiência de profissionais qualificados tem resultado em ganhos na segurança, confiabilidade e economia para as estruturas.



**UHE COLÍDER**