

0	22/07/10	E	Emissão Inicial		
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES		
Tipo de Emissão	A. Preliminar B. Para Aprovação C. Para Conhecimento	D. Para Cotação E. Para Construção F. Conforme Comprado	G. Conforme Construído H. Cancelado I. De Trabalho		
					
PROJETO:	HN  LHFM  FB 	DATA:	22/07/10		
PROJETISTA:	-	DATA:	22/07/10		
VERIFICAÇÃO:	ACMM  PACL 	DATA:	22/07/10		
APROVAÇÃO:	MOG 	DATA:	22/07/10		
 <p align="center"><b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL</b>  <b>PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO</b>  <b>COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO</b>  <b>NORDESTE SETENTRIONAL</b></p>					
<b>ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DAS OBRAS (ATO) - LOTE A</b>					
<p align="center"><b>NOTA TÉCNICA – ATO OBRAS CIVIS</b>  <b>LOTE 4 – ANÁLISE DE SEÇÃO TÍPICA ALTERNATIVA PARA O CANAL 1220 (CN-15)</b></p>					
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO	DATA	RUBRICA
PROJETISTA			Logos-Concremat		
DESENHISTA			Logos-Concremat		
VERIFICADO					
			CLIENTE		
ESCALA	DOCUMENTO Nº PROJETISTA: 885-MIN-ISF-NT-A0093 CLIENTE: 1210-NTC-1201-00-40-035				REVISÃO  0

---

# **MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL**

---

*MI*

**Projeto de Integração do Rio São Francisco  
com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

---

**ATO – Acompanhamento Técnico das Obras**

## ***NOTA TÉCNICA – ATO OBRAS CIVIS***

### ***LOTE 4 – ANÁLISE DE SEÇÃO TÍPICA***

### ***ALTERNATIVA PARA O CANAL 1220 (CN-15)***

885-MIN-ISF-NT-A0093  
1210-NTC-1201-00-40-035  
Julho/2010  
Rev. 0

## ÍNDICE

	PÁG.
1. OBJETIVO .....	3
2. HISTÓRICO E SOLICITAÇÕES RECEBIDAS .....	3
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	3
4. ANÁLISES DE ESTABILIDADE .....	4
4.1 SEÇÃO TÍPICA ANALISADA .....	4
4.2 PROGRAMA UTILIZADO .....	5
4.3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS.....	6
5. ANÁLISES REALIZADAS E RESULTADOS OBTIDOS .....	6
6. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	9

## **1. OBJETIVO**

Esta nota técnica tem por objeto o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional – Projeto Executivo do Trecho I e por objetivo a apresentação das análises de estabilidade realizadas para uma seção típica alternativa, dentro do escopo dos serviços de ATO, para os taludes de escavação do segmento de canal CN-15 (1220), pertencente ao Lote 4 das obras do PISF.

## **2. HISTÓRICO E SOLICITAÇÕES RECEBIDAS**

As análises em questão foram solicitadas através das cartas 1320-CAR-1001-20-04-0314 da Supervisora (Engevix) e CL/407-CSF-L04/10/199 do Consórcio ECAR (construtor do Lote 4), que foram encaminhadas através da carta CTE5992 da Gerenciadora (Logos-Concremat).

Por ocasião das escavações dos taludes do segmento de canal CN-15, foram observadas diferenças nas espessuras das camadas de material de 1ª e 2ª categoria, em função do aprofundamento da camada de solo (material de 1ª categoria). Outro ponto de importante observação durante as escavações foi a surgência d'água junto aos taludes a uma profundidade média de 4,0 m, o que acarreta instabilidade nos taludes escavados.

Como a seção típica de escavação desse trecho de canal previa sua implantação quase integralmente em material de 3ª categoria, foi necessário o estudo de uma seção alternativa, com as correspondentes análises de estabilidade, de forma a se obter um nível de segurança satisfatório, com otimização dos volumes a serem escavados.

## **3. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Foi concebida uma seção típica para o segmento de canal CN-15 admitindo-se, a favor da segurança, que ocorra material de 1ª categoria (solo) em toda a profundidade de escavação do canal. Tal seção está apresentada na Figura 1, sendo composta por taludes de inclinação 1V : 2,0H e duas bermas intermediárias.

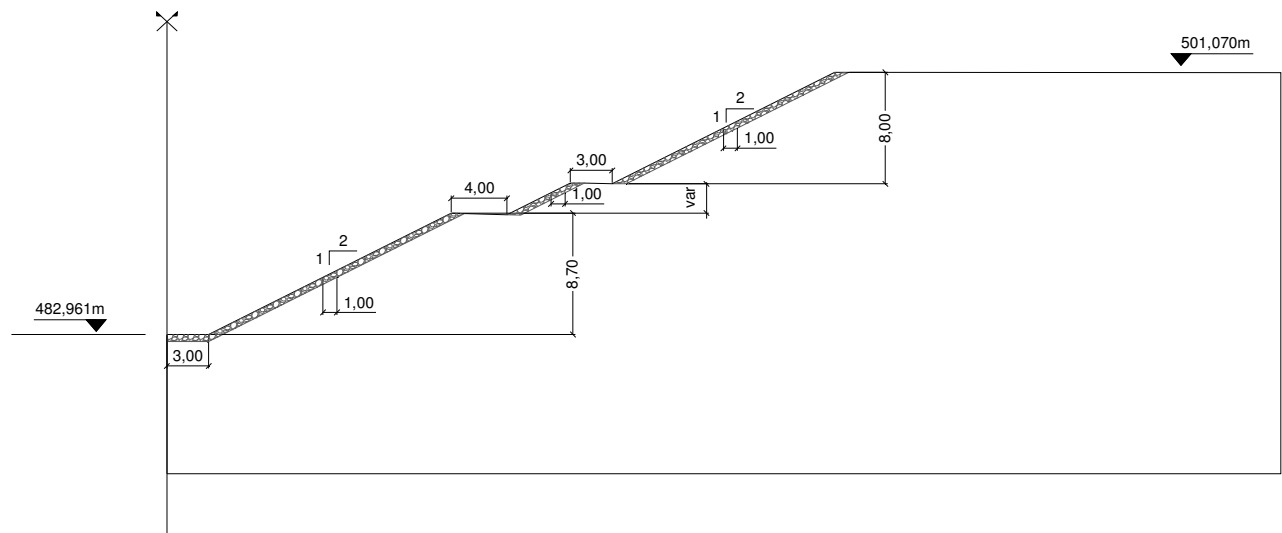


Figura 1 – Seção Típica Analisada

## 4. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

### 4.1 SEÇÃO TÍPICA ANALISADA

Inicialmente foi estudada uma seção hidraulicamente equivalente à seção proposta pelo Projeto Executivo, de forma a não alterar significativamente as características hidráulicas do escoamento. Tais características estão apresentadas no Quadro 4.1.

QUADRO 4.1  
CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

Características da Seção Típica	Projeto Executivo	Seção Equivalente
Base (m)	13,0	6,0
Talude	1V : 0,25H	1V : 2,0H
Coefficiente de Rugosidade	0,026	0,035
Declividade i (m/m)	0,001	0,001
Profundidade Normal (m)	6,71	6,75
Velocidade (m/s)	0,90	0,68

Com estas as novas características foi possível manter a mesma cota de fundo acabada prevista para o Projeto Executivo.

Para as análises de estabilidade foi adotada como seção típica a seção de máxima altura, admitindo-se, a favor da segurança, que a mesma seja constituída inteiramente por solo (material de 1ª categoria).

Ao longo dos estudos, foi observado que há necessidade de instalação de um sistema de rebaixamento, para que os taludes escavados tenham um nível de segurança satisfatório. Optou-se pela implantação de duas linhas de DHP's (drenos horizontais profundos), sendo que a 1ª linha (superior) deverá ser instalada na cota correspondente a 1,0 m acima da 2ª berma (inferior). Por sua vez, a 2ª linha (inferior) deverá ser implantada na cota correspondente a 1,0 m acima da cota de fundo do canal.

As análises foram realizadas com a verificação da estabilidade dos taludes para as diversas fases construtivas do canal:

- ✓ Fase 1 – escavação até a cota da 2ª berma (inferior), com a linha freática sem rebaixamento
- ✓ Fase 2 – instalação e funcionamento da 1ª linha (superior) de DHP's, com escavação até o fundo do canal
- ✓ Fase 3 – instalação e funcionamento da 2ª linha (inferior) de DHP's, com o canal vazio
- ✓ Fase 4 – operação do canal, com lâmina máxima de água (6,70 m de altura)

Nas análises foi considerada também a camada de revestimento dos taludes e do fundo do canal (quando na fase final), conforme pode ser observado na Figura 1.

## **4.2 PROGRAMA UTILIZADO**

---

Para o estudo foi utilizado o software *SLIDE*, desenvolvido pela empresa *Rocscience* (Canadá). Trata-se de um programa de análise de estabilidade de taludes que determina o fator de segurança através do Método do Equilíbrio Limite, para análises bidimensionais. A modelação é feita com base na análise de elementos finitos.

Para o cálculo dos fatores de segurança (FS) para as inúmeras superfícies potenciais de ruptura, foram utilizados os Métodos de Bishop Simplificado e de Spencer.

As análises de estabilidade contemplaram superfícies potencialmente instáveis de geometria circular, definidas a partir da variação da malha de centros e raios, com pesquisa automática e generalizada para obtenção da superfície crítica, que é aquela correspondente ao fator de segurança mínimo ( $FS_{min}$ ). O programa apresenta de forma gráfica a superfície de ruptura crítica.

As condições de carregamento analisados correspondem à situação de final de construção, com o canal vazio, considerando o nível d'água 4,0 m abaixo da superfície do terreno, conforme indicado na sondagem SM-CN-15B.

Os sistemas de drenagem não foram considerados nas seções típicas por não influenciarem de maneira significativa nas análises de estabilidade.

### 4.3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS

No Quadro 4.2 são apresentados os valores efetivamente empregados nas análises. Foi considerada também a ocorrência de material de 2ª categoria (saprolito), a partir do fundo do canal, porém a influência nos resultados das análises mostrou-se desprezível.

**QUADRO 4.2**  
**PARÂMETROS EMPREGADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE DESENVOLVIDAS**

<i>Material</i>	<i>Coesão Efetiva c' (kPa)</i>	<i>Angulo de Atrito Efetivo <math>\phi'</math> (°)</i>	<i>Peso Específico Aparente Natural (kN/m³)</i>	<i>Peso Específico Aparente Saturado (kN/m³)</i>
Material de 1ª. Categoria	10	25	17	18
Material de 2ª. Categoria	20	35	19	20
Enrocamento	05	35	20	20

## 5. ANÁLISES REALIZADAS E RESULTADOS OBTIDOS

Foram realizadas diversas análises de estabilidade até a obtenção da seção típica para ao segmento do canal CN-15, que está apresentada na Figura 1, no item 3 desta nota técnica. A partir dessa seção foi realizada a verificação do nível de segurança das diversas fases construtivas.

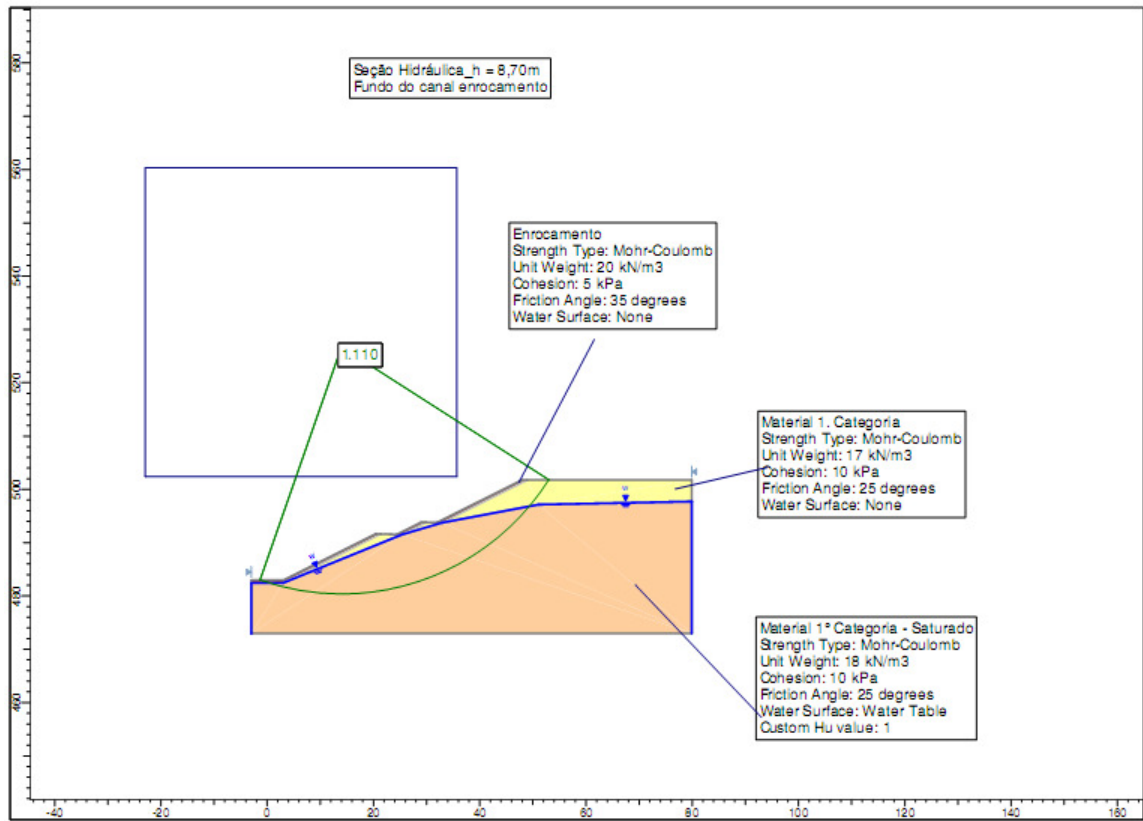


Figura 5.1 – Escavação Total sem Rebaixamento

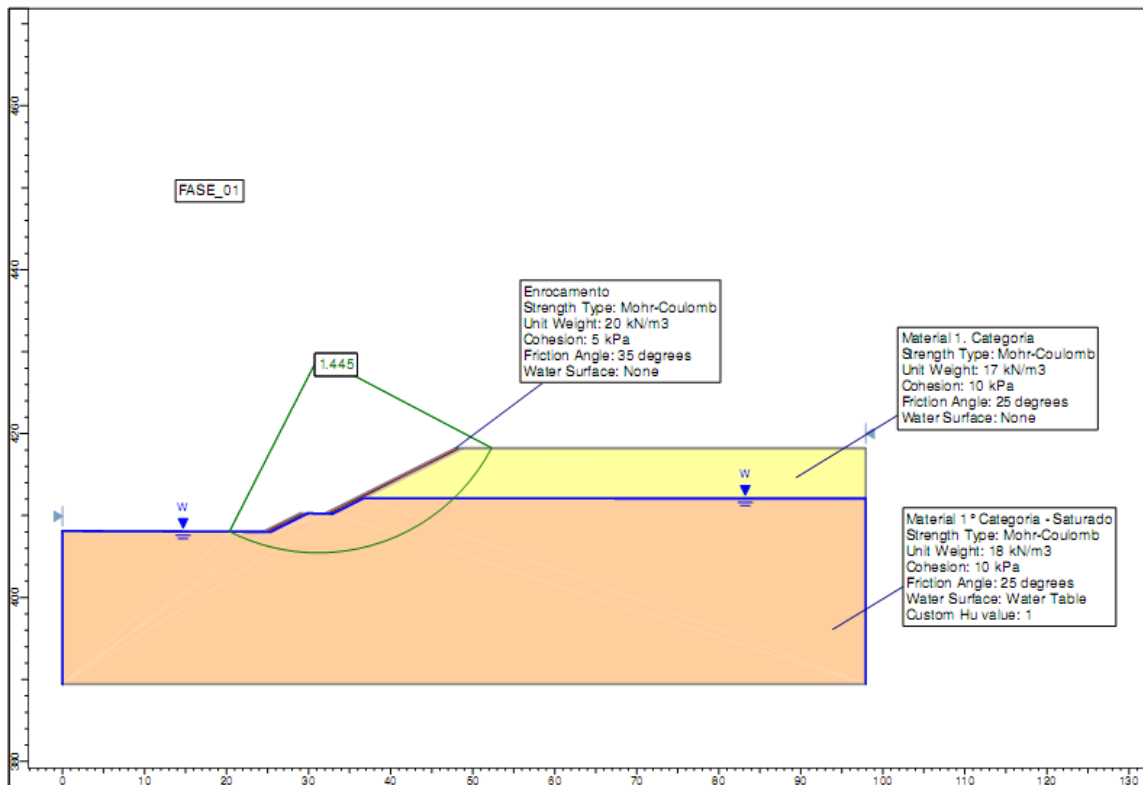


Figura 5.2 – Fase 01



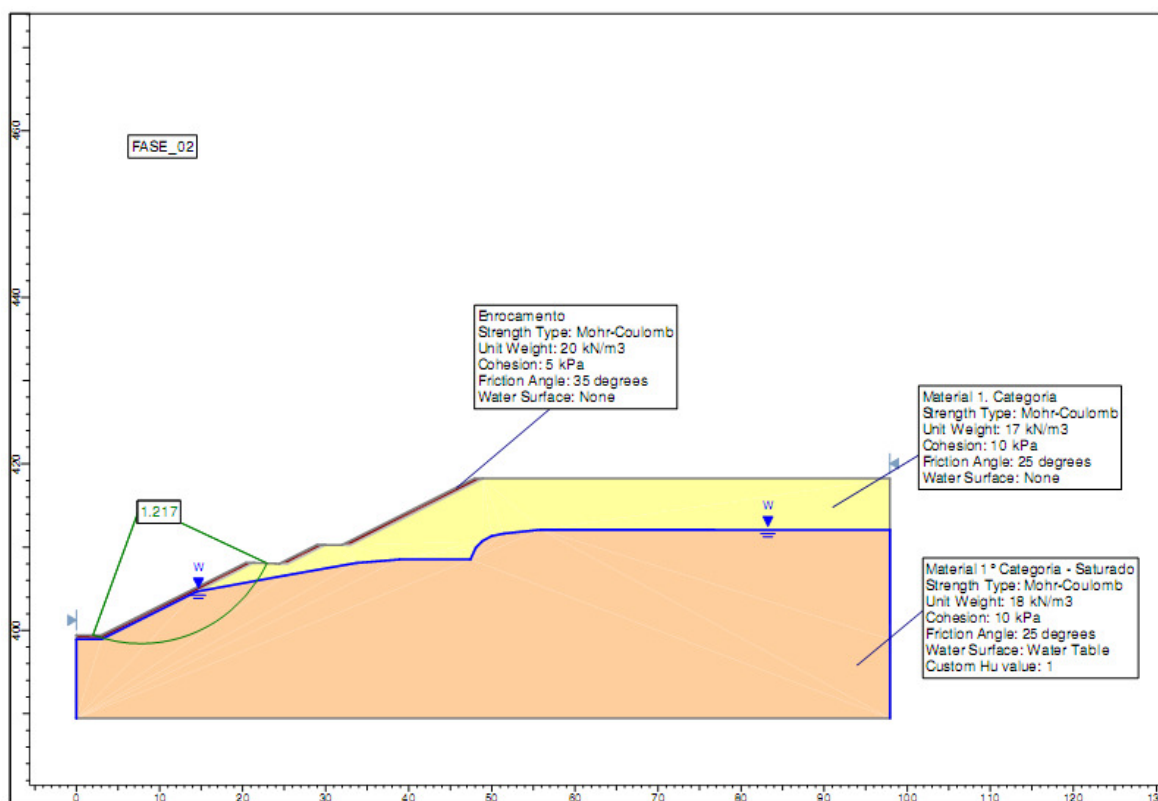


Figura 5.3 – Fase 02

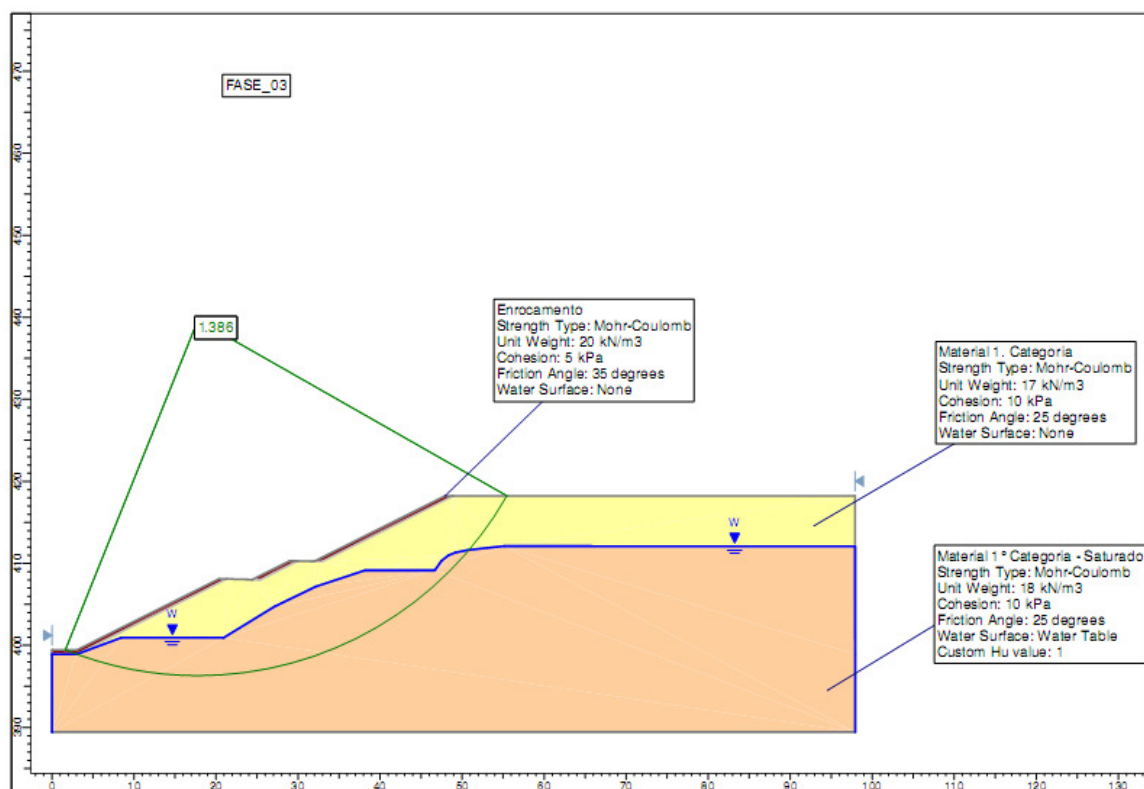


Figura 5.4 – Fase 03

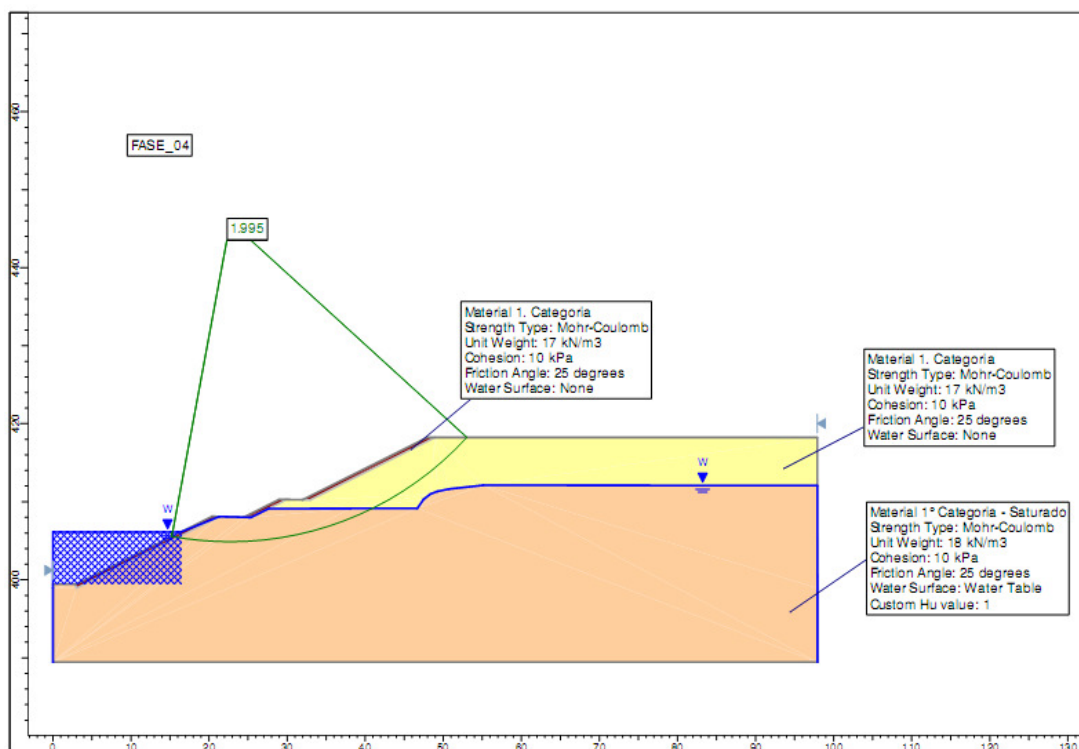


Figura 5.5 – Fase 04

Os resultados obtidos estão sintetizados no Quadro 5.1 a seguir.

QUADRO 5.1  
RESULTADOS OBTIDOS

Caso Analisado	Fator de Segurança Mínimo ( $FS_{min}$ )
Escavação total sem rebaixamento	1,110
Fase 1	1,445
Fase 2	1,217
Fase 3	1,386
Fase 4	1,995

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises de estabilidade dos taludes do canal CN-15, podem ser feitas as seguintes considerações:

- ✓ A instalação de um sistema de rebaixamento é imprescindível para garantia de um nível de segurança satisfatório, seja durante os trabalhos de escavação ou no final dos mesmos com o canal vazio ou em regime de operação do canal.

- ✓ Também é importante a elaboração de um planejamento construtivo cuidadoso, por parte do Consórcio Construtor, para que não ocorram riscos de instabilidade dos taludes escavados durante as obras.
- ✓ Será elaborada uma Nota de Serviço contemplando a nova geometria da seção típica do canal CN-15.