SETOVI
MINERAÇÃO

PROJETO RETALUDAMENTO

FAZENDA DOS MACHADOS

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE

Junho de 2026

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta a Avaliação da Estabilidade das seções do retaludamento da FAZENDA DOS MACHADOS, no município de Catas Altas, no estado de Minas Gerais

O projeto segue as orientações nacionais e internacionais como, ABNT NBR 9061 de setembro de 1985 – Segurança de escavação a céu aberto, ABNT NBR 11682 – Estabilidade de encostas, Guidelines for Open Pit Slope Design (John Read e Peter Stacey, CSIRO) e demais normas e decretos relacionados.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes documentos foram utilizados na elaboração deste procedimento:

- Seções topográficas executado pela GE21;
- Relatório do Projeto de Retaludamento da FAZENDA DOS MACHADOS, do Grupo Atlântica Minas, de abril de 2015;
- Relatório de ensaios de laboratório executado pela Geocontrole, de 06/02/2026.

3. LOCALIZAÇÃO

O Projeto de Retaludamento da FAZENDA DOS MACHADOS, está localizado na borda leste do QF, ´porção central do estado de Minas Gerais, município de Catas Altas, Figura 3.1.

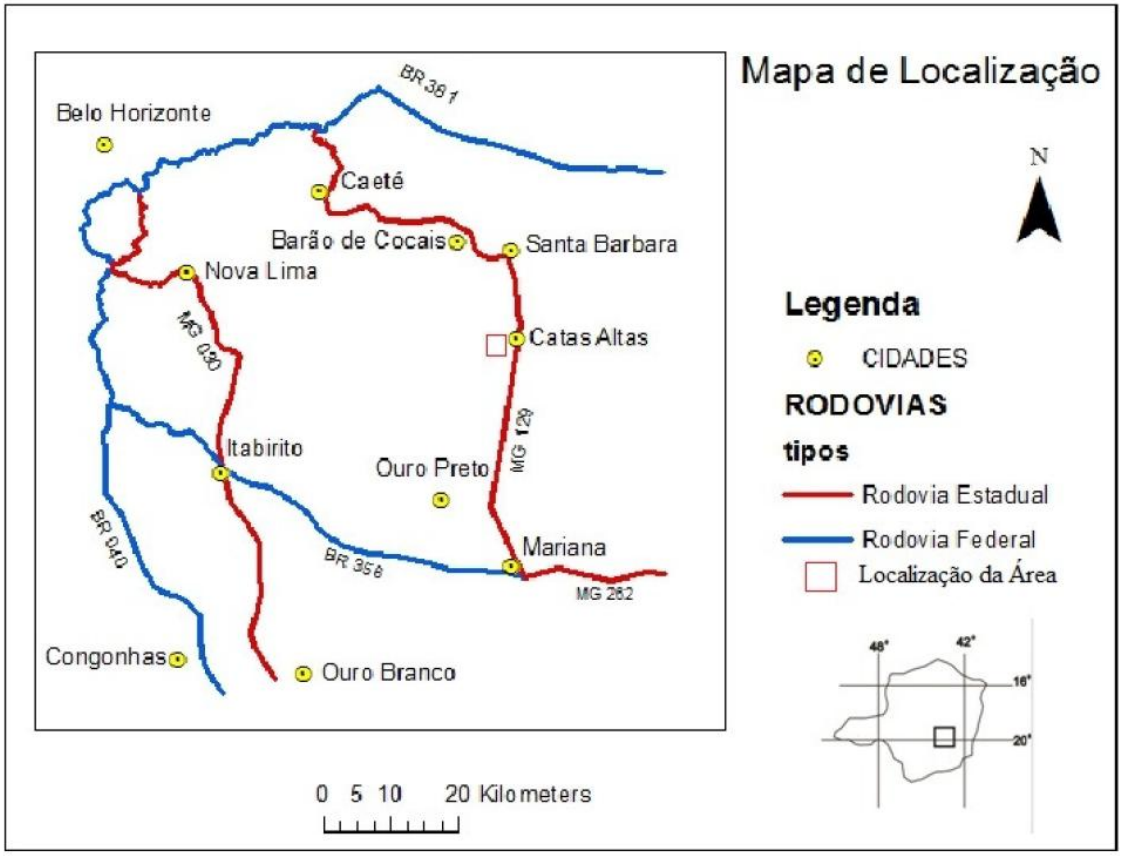


Figura 3.1: Localização e acessos para a área do Projeto Retaludamento da FAZENDA DOS MACHADOS.

4. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Foram confeccionadas seções para análises de estabilidade, passando pela maior elevação da geometria do projeto e admitindo-se a hipótese de ruptura do tipo qualquer. Utilizou-se o programa Slide, método de Sarma, Spencer/GLE, que satisfaz às condições de equilíbrio de forças e de momentos e admite que as forças entre lamelas possuem a mesma direção. Foram realizadas simulações para a condição drenada adotando-se nível de água estimado dos trabalhos de campo.

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical Kv seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipóteses de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou et al. (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Como os coeficientes sísmicos horizontais no Brasil se situam na faixa de Kh = 0,04,

De maneira mais conservadora, utilizou-se o Kh indicado pela Eletrobrás, de Kh = 0,05.

Foram feitas simulações para taludes operacionais no Ano 1, Ano 2 e Talude Final.

Foram adotados como parâmetros de resistência do aterro os obtidos em ensaios executados pela Geocontrole. Os parâmetros estão sumarizados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Parâmetros de resistência utilizados.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Aterro		20		Mohr-Coulomb	10	31				Water Table	Automatically Calculated	
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

As análises de estabilidade foram realizadas considerando dois cenários distintos:

- Condição Estática: Representa o comportamento do maciço sob condições normais de operação, sem a influência de ações sísmicas.

- Condição Pseudoestática: Considera a introdução de uma aceleração horizontal equivalente, simulando efeitos sísmicos ou vibrações induzidas, proporcionando uma avaliação mais conservadora da estabilidade.

Os fatores de segurança (FS) foram calculados utilizando métodos de equilíbrio limite, amplamente consagrados na prática da engenharia geotécnica, garantindo consistência técnica e confiabilidade nos resultados.

Para interpretação dos resultados, foram adotados critérios usuais de engenharia mineira:

- FS ≥ 1,30 para condições estáticas

- FS ≥ 1,10 para condições pseudoestática

Esses valores estão alinhados com práticas consolidadas para a geometria de estruturas a céu aberto, considerando níveis adequados de segurança operacional.

O resultado das análises de estabilidade encontra-se na Tabela 4.2 e nas figuras 4.1 a 4.12.

Tabela 4.2: Resultados das análises de estabilidade.

Seção	FS Drenada	FS Pseudo-estática
SEC 01 Final	1,62	1,43
SEC 01_Ano 1	2,13	
SEC 01_Ano 2	1,75	
SEC 02	1,59	1,41
SEC 02_Ano 1	1,5	
SEC 02_Ano 2	1,71	
SEC 03	1,79	1,65
SEC 03_Ano 1	2,20	
SEC 03_Ano 2	1,93	

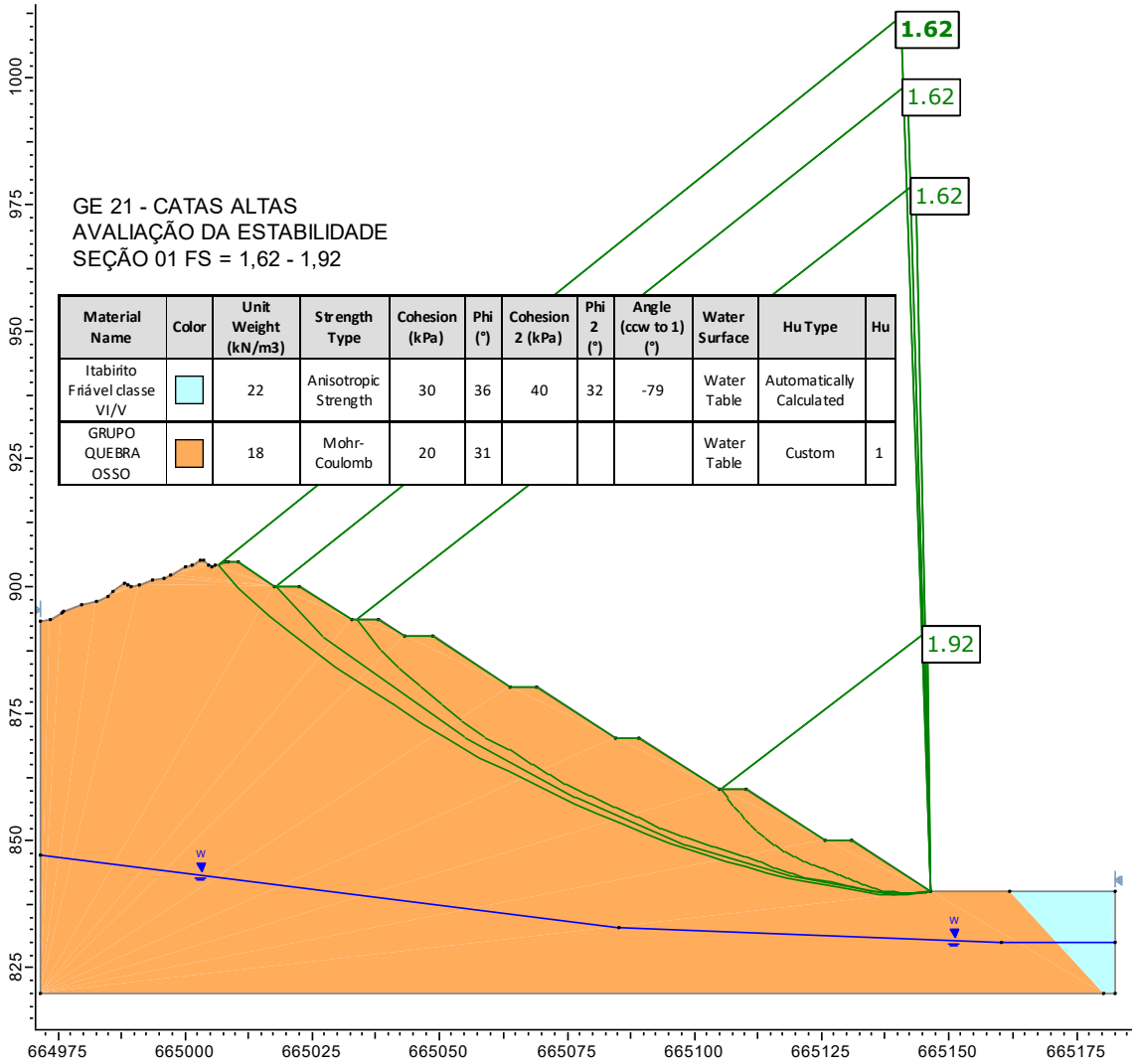


Figura 4.1: Análise de estabilidade da seção 01, para condição drenada, FS = 1,62.

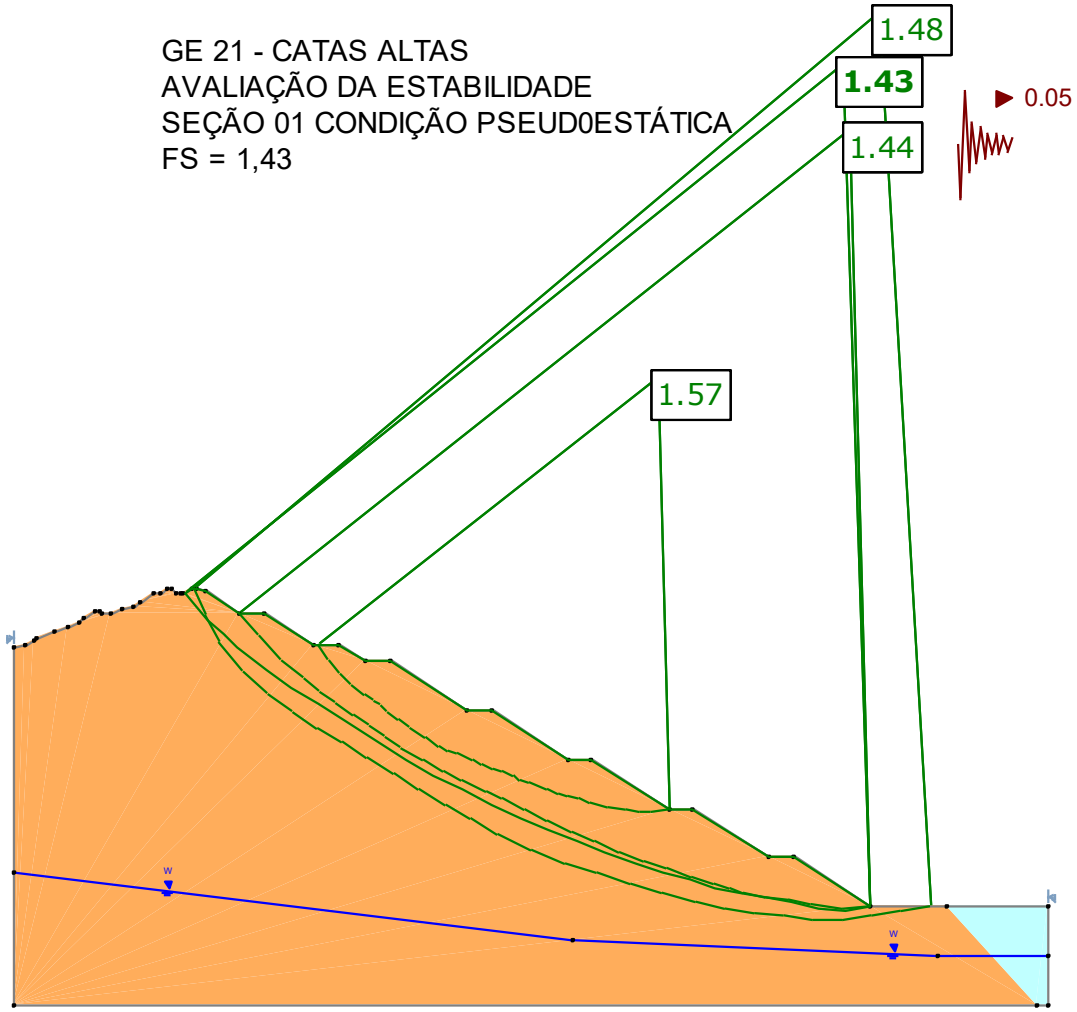
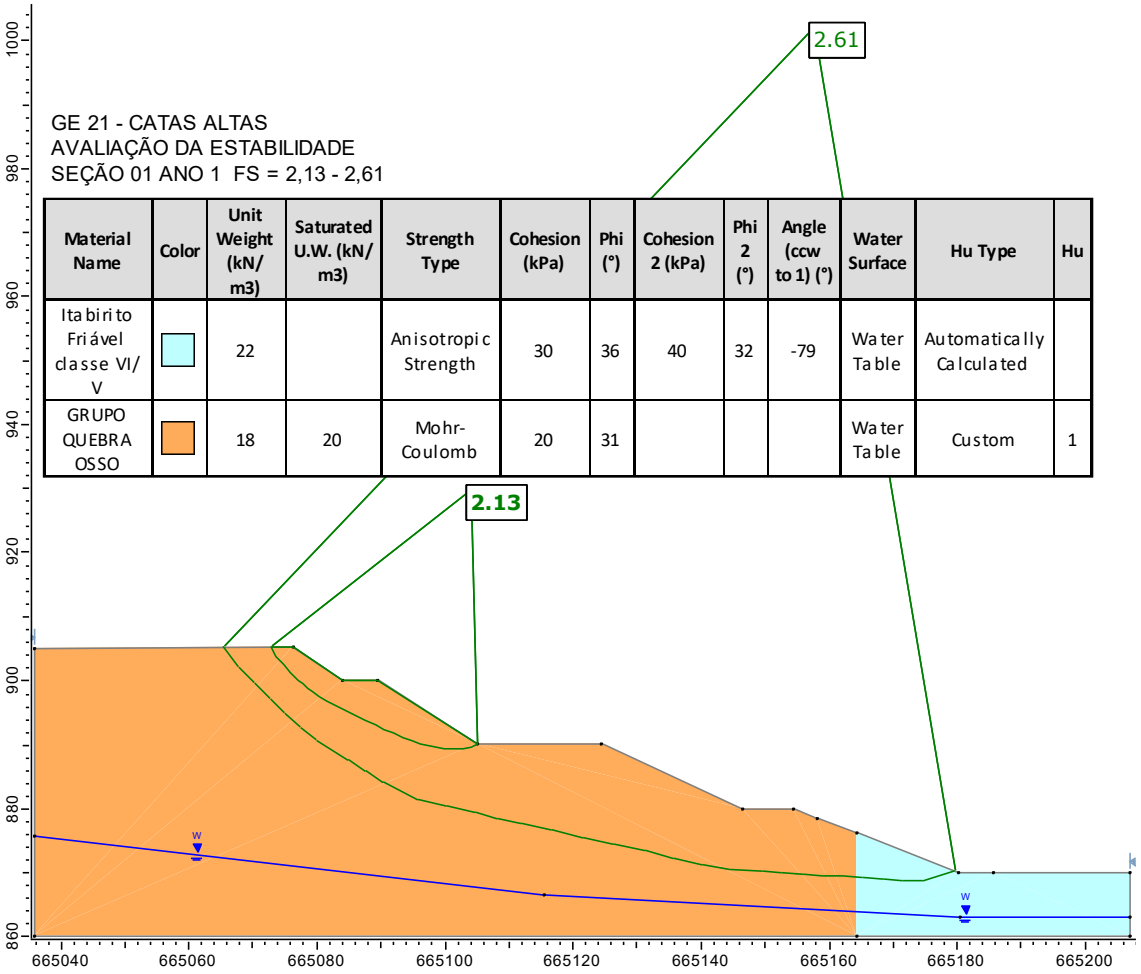
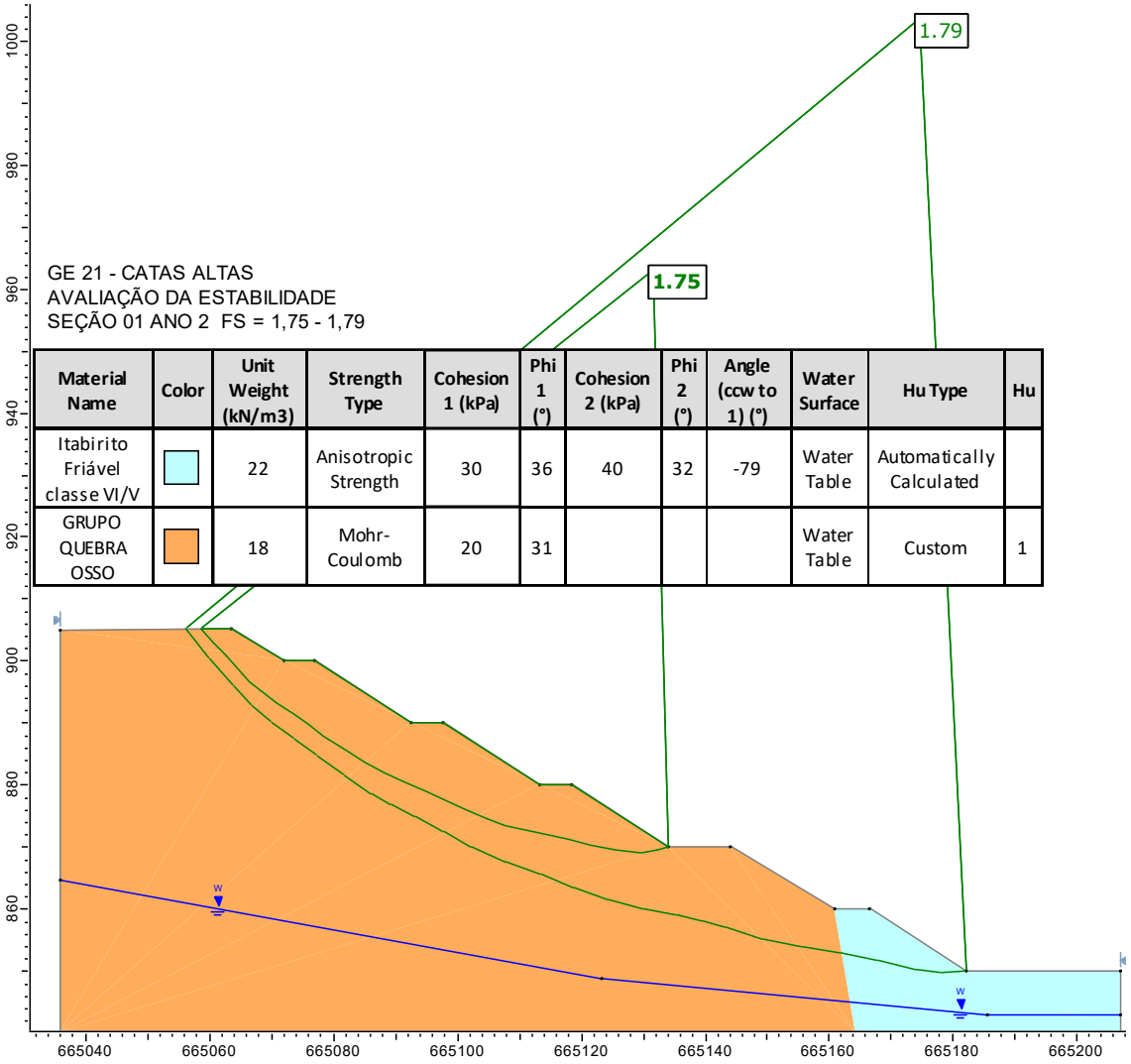


Figura 4.2: Análise de estabilidade da seção 01, para condição pseudoestática, FS = 1,43.



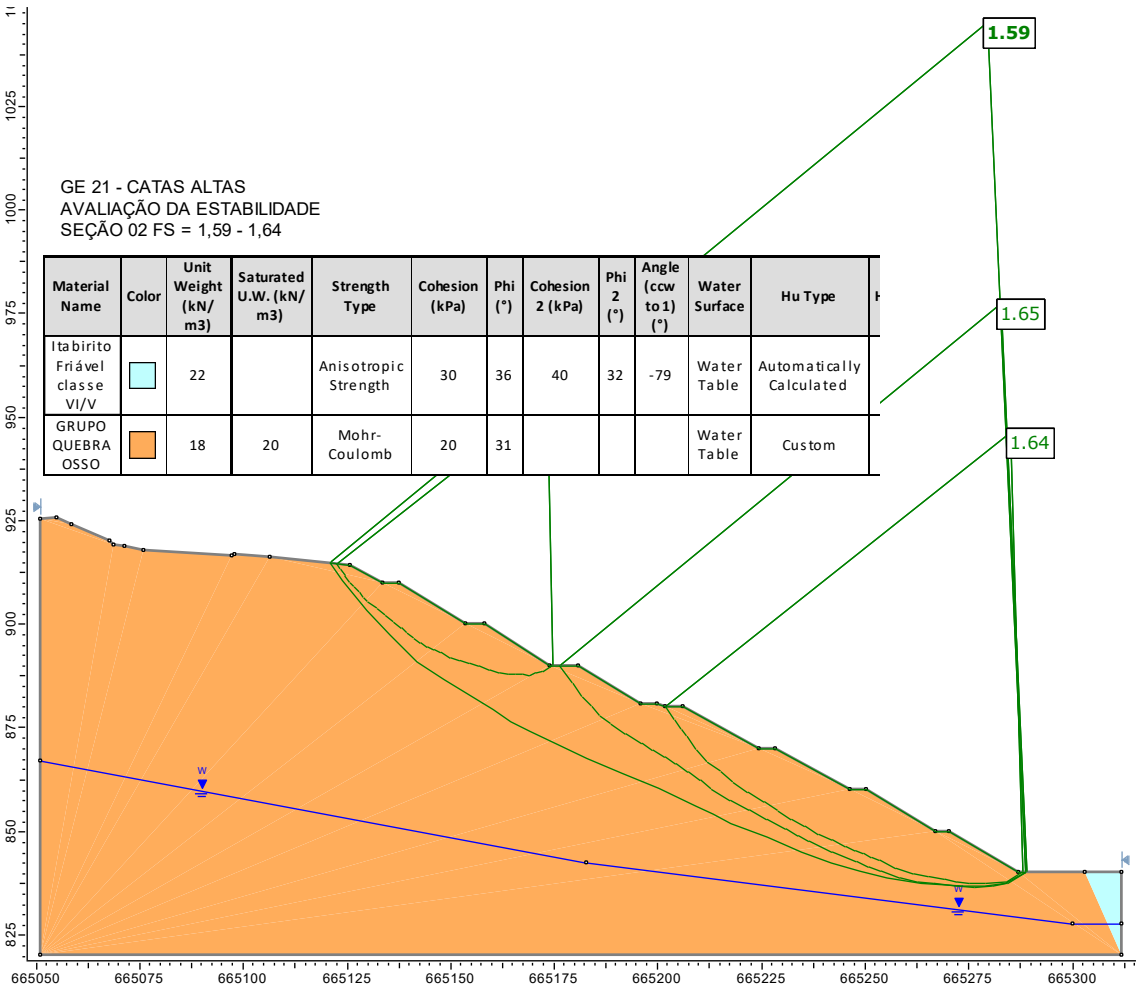
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.3: Análise de estabilidade da seção 01, Ano 1, para condição drenada, FS = 2,13.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion 1 (kPa)	Phi 1 (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22	Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.4: Análise de estabilidade da seção 01, Ano 2, para condição drenada, FS = 1,75.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom

Figura 4.5: Análise de estabilidade da seção 02, para condição drenada, FS = 1,59.

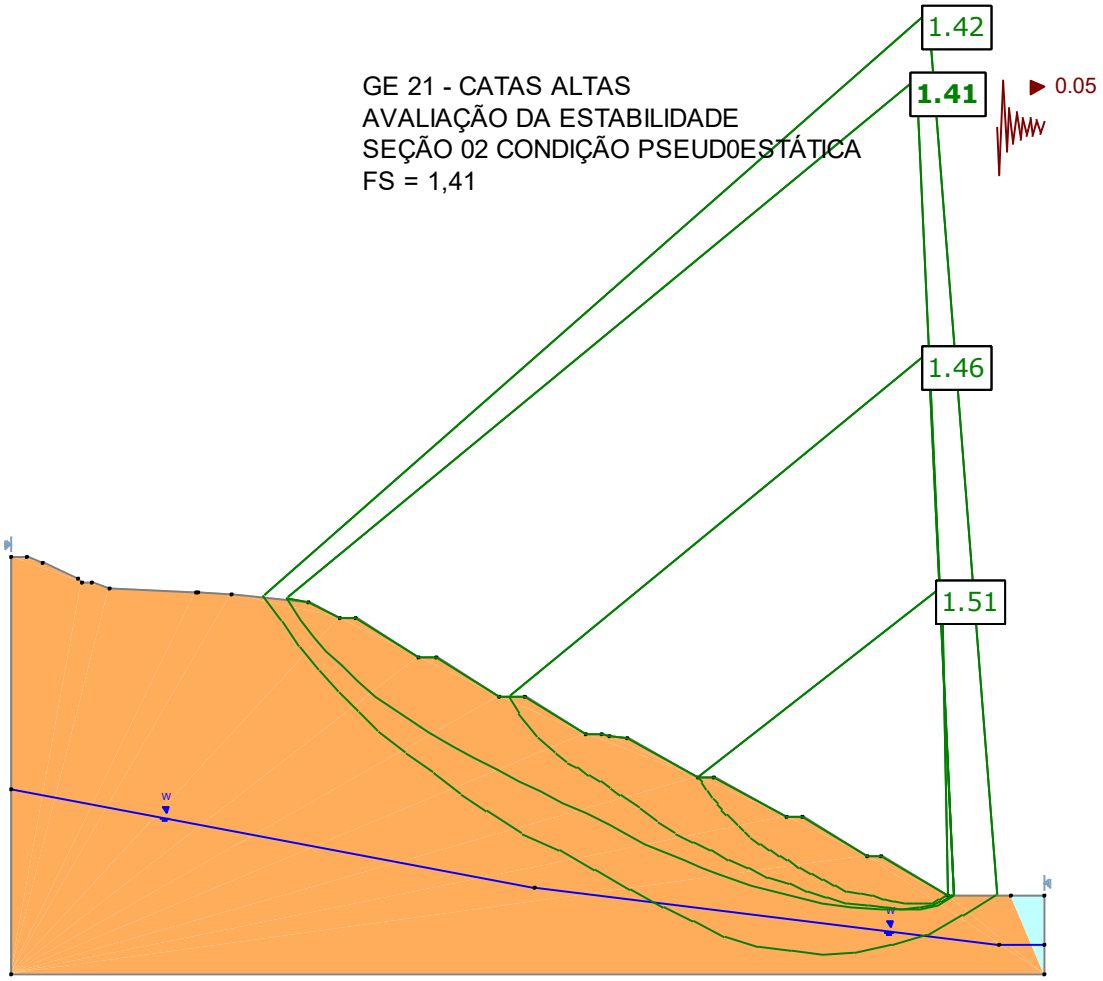
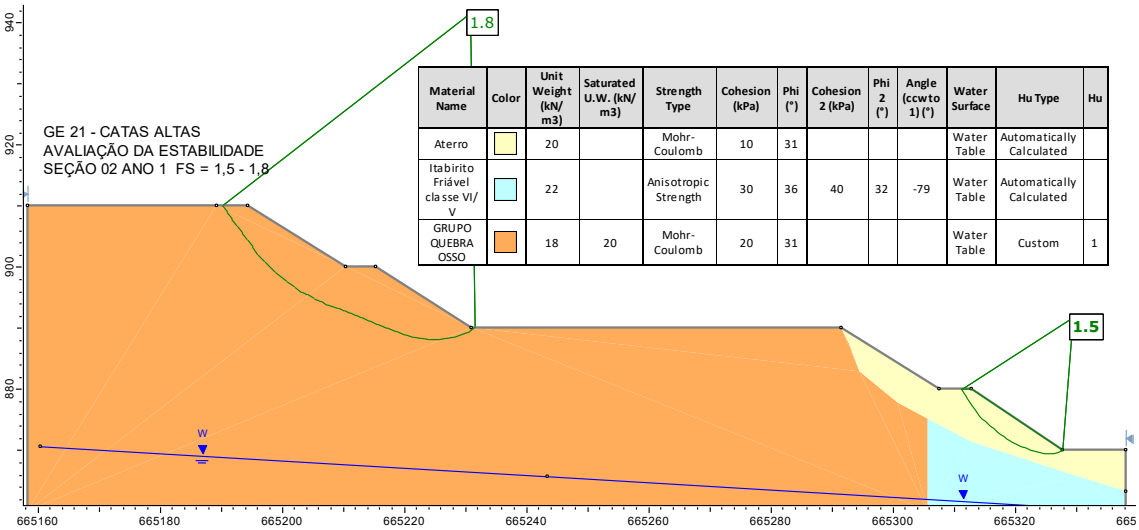
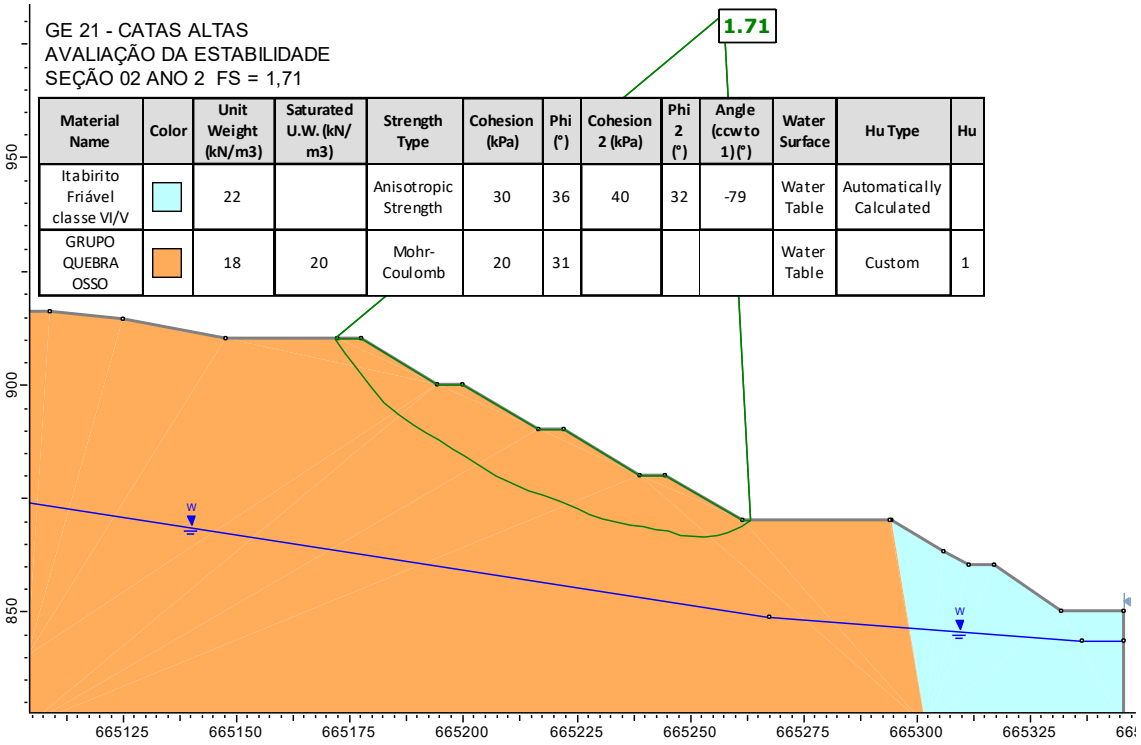


Figura 4.6: Análise de estabilidade da seção 02, para condição pseudo-estática, FS = 1,41.



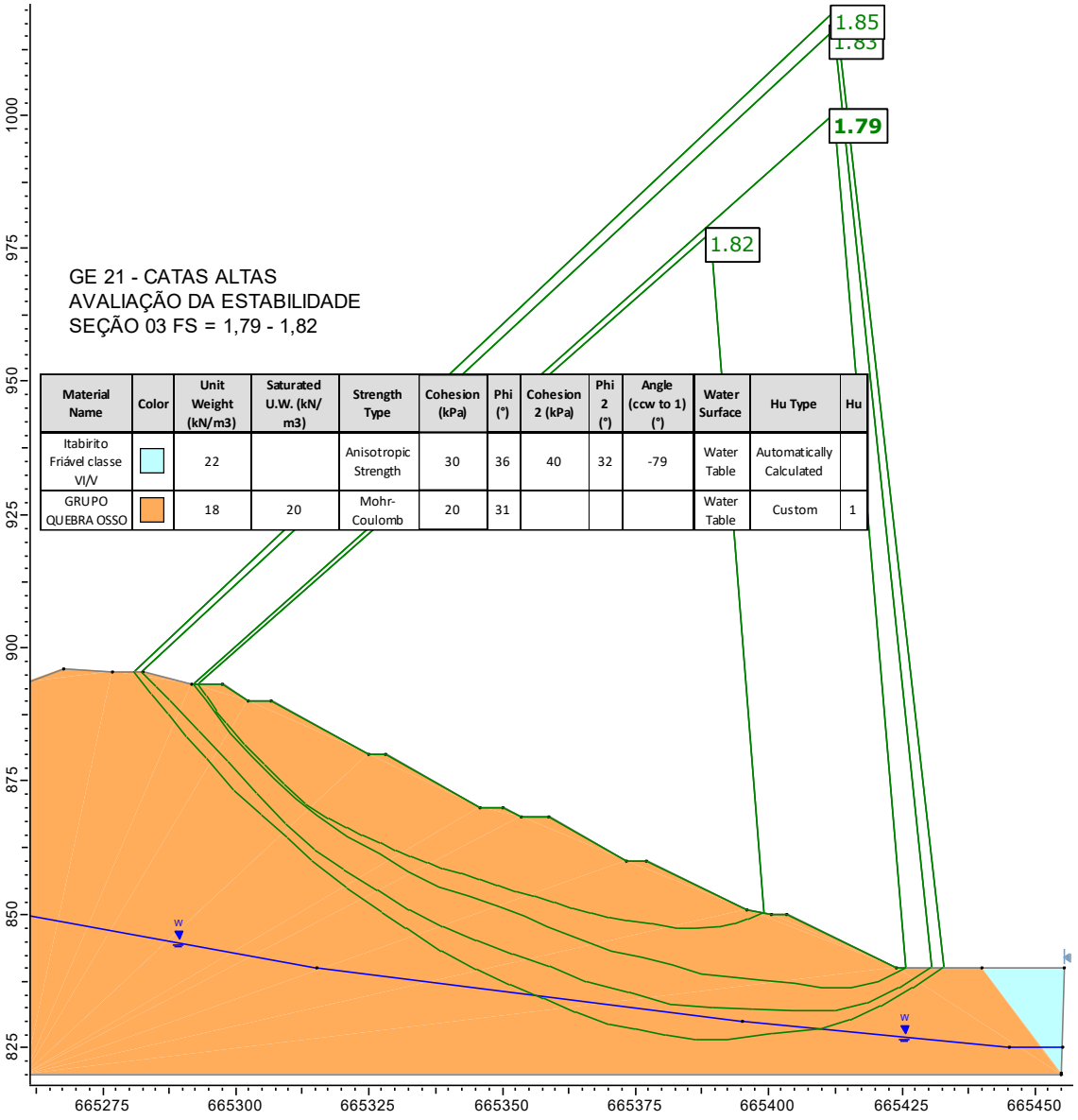
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Aterro		20		Mohr-Coulomb	10	31				Water Table	Automatically Calculated	
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.7: Análise de estabilidade da seção 02, Ano 1, para condição drenada, FS = 1,5.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.8: Análise de estabilidade da seção 02, Ano 2, para condição drenada, FS = 1,71.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.9: Análise de estabilidade da seção 03, para condição drenada, FS = 1,79.

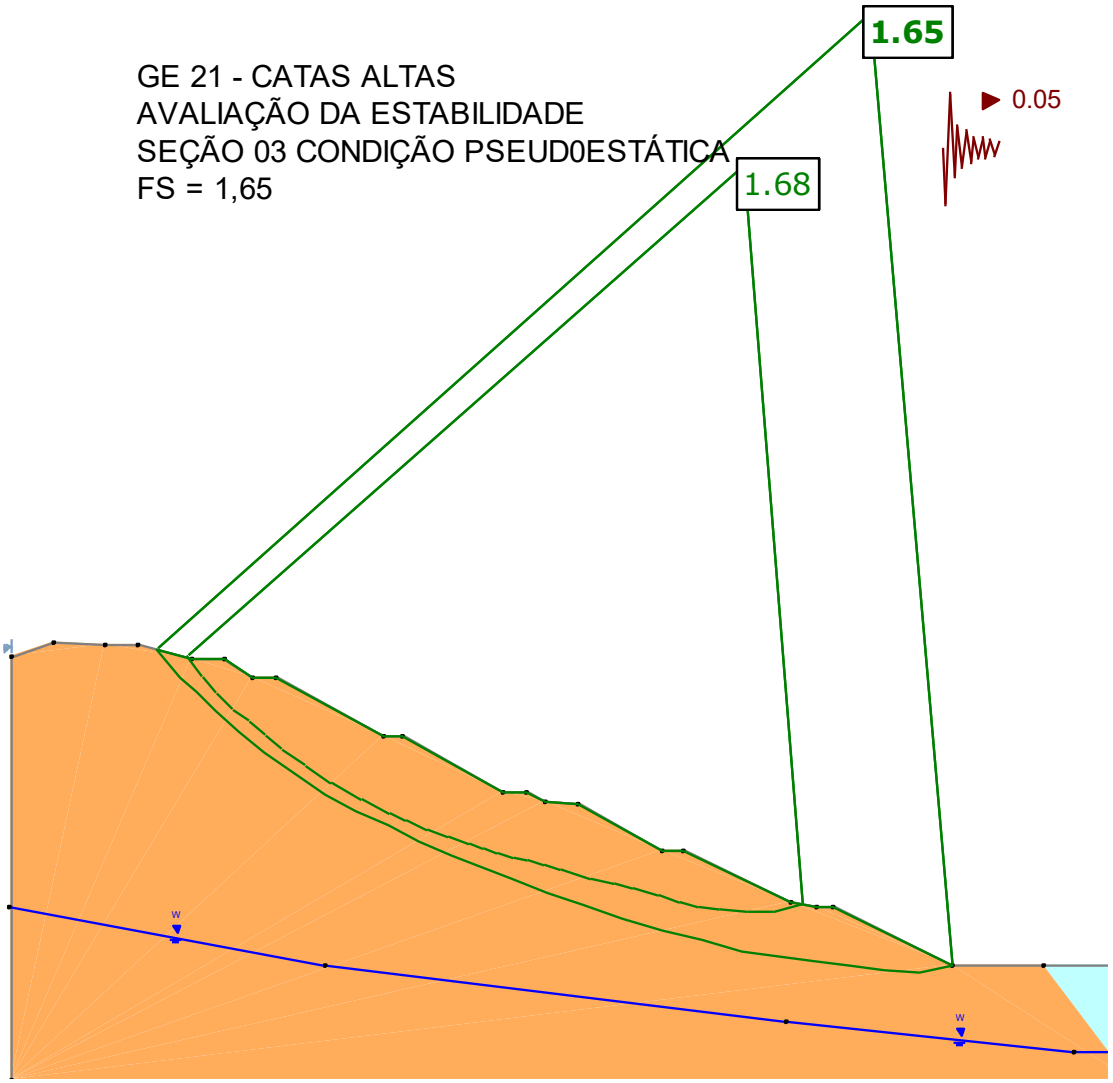
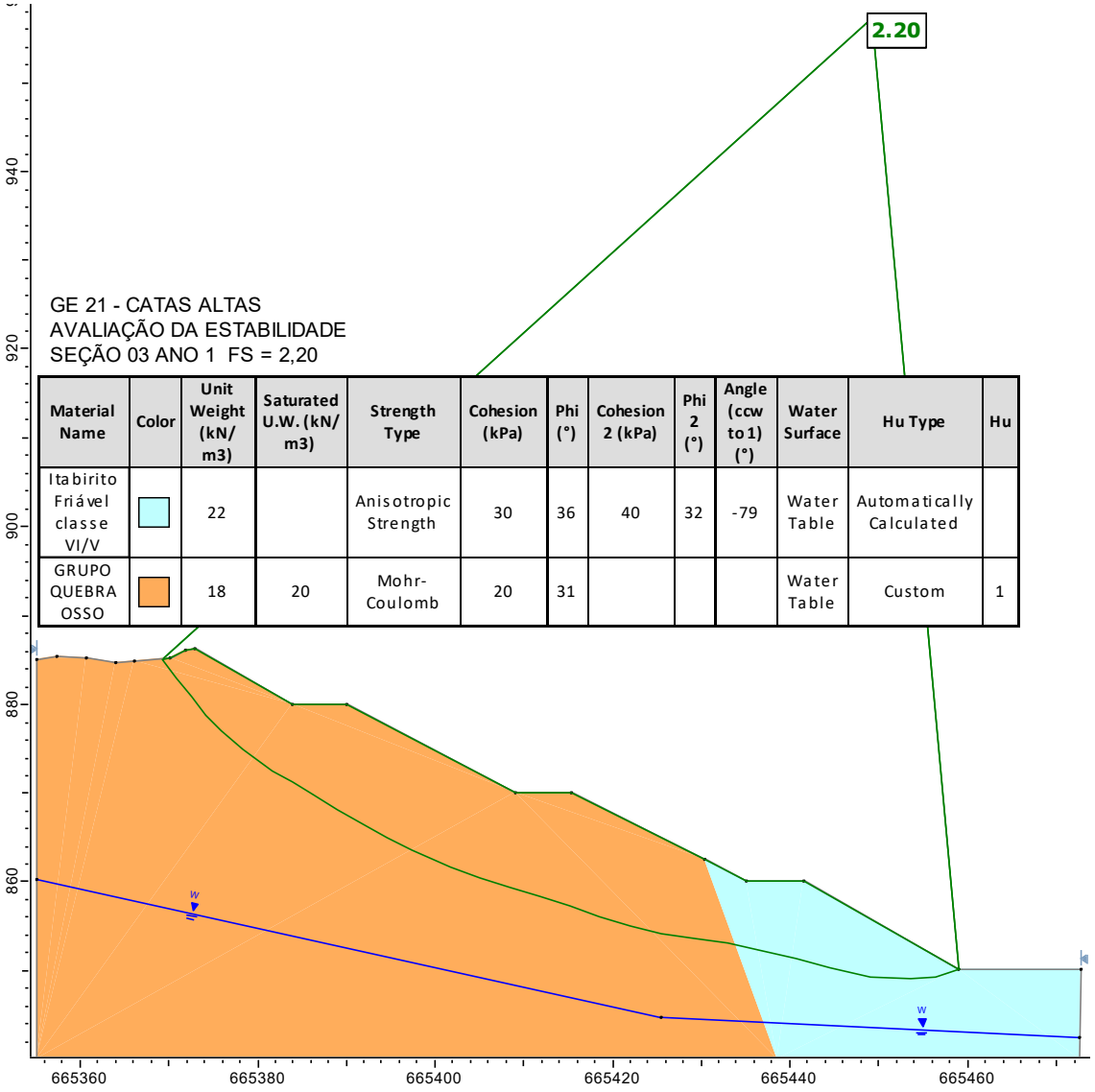
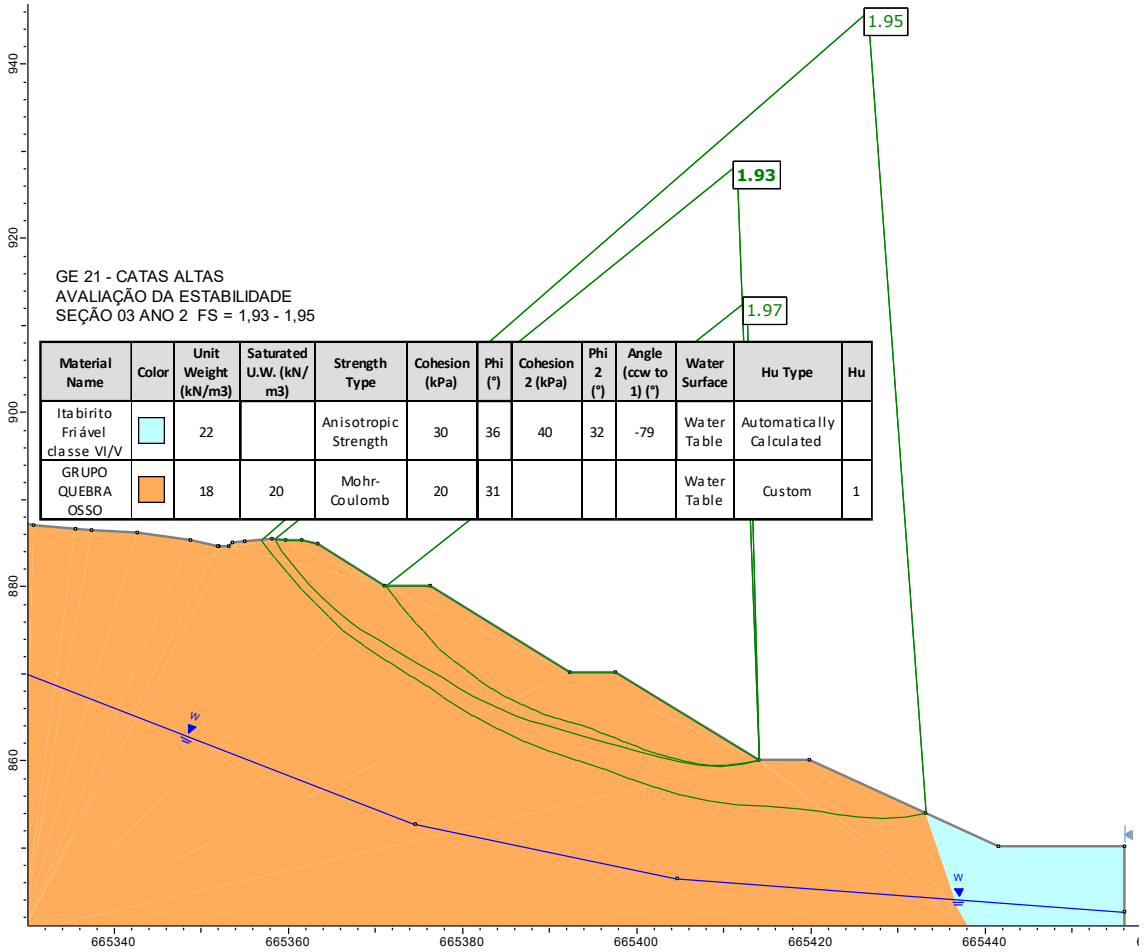


Figura 4.10: Análise de estabilidade da seção 03, para condição pseudoestática, FS = 1,65.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.11: Análise de estabilidade da seção 03, Ano 1, para condição drenada, FS = 2,20.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Saturated U.W. (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Cohesion 2 (kPa)	Phi 2 (°)	Angle (ccw to 1) (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Itabirito Friável classe VI/V		22		Anisotropic Strength	30	36	40	32	-79	Water Table	Automatically Calculated	
GRUPO QUEBRA OSSO		18	20	Mohr-Coulomb	20	31				Water Table	Custom	1

Figura 4.12: Análise de estabilidade da seção 03, Ano 2, para condição drenada, FS = 1,93.

Os resultados obtidos nas análises de estabilidade foram avaliados com base em critérios amplamente aceitos na literatura geotécnica aplicada à mineração e à estabilidade de taludes.

Referências clássicas como *Hoek & Bray* (1981) *Rock Slope Engineering*, *Stacey & Read* (2009) *Guidelines for Open Pit Slope Design*, além de diretrizes de instituições como o *US Army Corps of Engineers e a Canadian Dam Association*, estabelecem critérios de aceitação para fatores de segurança em análises de estabilidade.

De forma geral, os valores recomendados são:

- **Condição Estática:** FS ≥ 1,30
- **Condição Pseudoestática:** FS ≥ 1,10

Conforme discutido por Stacey & Read (2009), em projetos de mineração a céu aberto, esses limites podem variar em função do nível de risco aceitável, consequência de

falha e estágio da operação, porém os valores acima são amplamente adotados como referência para condições de projeto e avaliação de estabilidade global.

Belo Horizonte, 23 de junho de 2026

[redacted]

Geólogo - CREA [redacted] D

5. ANEXOS

ANEXO 1: Ensaios Blocos Indeformados

ANEXO 2: ART